

АКАДЕМИЯ НАУК МОЛДОВЫ

ИНСТИТУТ ЗООЛОГИИ

На правах рукописи

УДК.504.054:556.55(478)(043.2)

ТИХОНЕНКОВА ЛИЛИЯ

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

166.01 – Экология

Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук

Научный руководитель:	Лауренция Унгуряну доктор хабилитат биологических наук
Научный консультант:	Елена Зубкова доктор хабилитат биологических наук
Автор:	Тихоненкова Лилия

КИШИНЭУ, 2016

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

Cu titlu de manuscris

C.Z.U.: 504.054:556.55(478)(043.2)

TIHONENCOVA LILIA

**EVALUAREA IMPACTULUI TERMOCENTRALEI ELECTRICE
ASUPRA STĂRII ECOLOGICE A LACULUI DE ACUMULARE
CUCIURGAN**

166.01 – Ecologia

Teză de doctor în științe biologice

Conducător științific:
biologice, profesor cercetător

Ungureanu Laurencia doctor habilitat în științe

Consultant științific:
biologice, profesor cercetător

Zubcov Elena doctor habilitat în științe

Autorul:

Tihonencova Lilia

CHIȘINĂU, 2016

© Лилия Тихоненкова, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ (русский, румынский, английский).....	6
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	9
ВВЕДЕНИЕ.....	10
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ	17
1.1. Выбросы электростанций в зависимости от используемого топлива.....	17
1.2. Влияние выбросов электростанций на окружающую среду.....	22
1.3. Тепловое воздействие электростанций на экосистемы.....	33
1.4. Выводы к главе.....	36
2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	38
2.1. Характеристика региона исследований	38
2.2. Используемые методы лабораторных исследований.....	45
2.3. Выводы к главе 2.....	47
3. ДИНАМИКА СООТНОШЕНИЯ ГЛАВНЫХ ИОНОВ, МИНЕРАЛИЗАЦИИ, БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ КУЧУРГАНСКОГО ВОДОЕМА	48
3.1. Динамика содержания главных ионов, их соотношения и минерализация воды.....	49
3.2. Динамика содержания биогенных элементов и органического вещества.....	57
3.2.1. Динамика соединений азота.....	57
3.2.2. Динамика соединений минерального, органического и суммарного фосфора.....	63
3.3. Динамика перманганатной, бихроматной окисляемости и органического вещества.....	66
3.4. Выводы к главе 3.....	71
4. МИГРАЦИЯ МЕТАЛЛОВ В ЭКОСИСТЕМЕ КУЧУРГАНСКОГО ВОДОЕМА	73
4.1. Динамика содержания и распределение ванадия в экосистеме водоема	75
4.2. Динамика содержания и распределение молибдена в экосистеме водоема	85

4.3. Динамика содержания и распределение свинца в экосистеме водоема	91
4.4. Динамика содержания и распределение никеля в экосистеме водоема	98
4.5. Динамика содержания и распределение меди в экосистеме водоема	106
4.6. Динамика содержания и распределение цинка в экосистеме водоема.....	113
4.7. Динамика содержания и распределение кадмия в экосистеме водоема	120
4.8. Динамика содержания и распределение стронция, висмута и мышьяка в воде водоема	124
4.9. Выводы к главе 4.....	127
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	129
БИБЛИОГРАФИЯ.....	132
ПРИЛОЖЕНИЯ...Акты о внедрении.....	150
<i>Приложение 1.....</i>	<i>151</i>
<i>Приложение 2</i>	<i>152</i>
ДЕКЛАРАЦИЯ ОБ ОТВЕТСТВЕННОСТИ.....	153
CURRICULUM VITAE.....	154

АННОТАЦИЯ

Тихоненкова Лилия «Оценка воздействия Молдавской ГРЭС на экологическое состояние Кучурганского водохранилища», диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук, Кишинэу, 2016. Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов и рекомендаций, библиографии из 230 источников. Работа изложена на 131 страницах основного текста, содержит 17 таблиц, 55 рисунков и 2 приложения. По материалам работы опубликовано 12 научных работ. **Ключевые слова:** Водные экосистемы, теплоэлектростанция, водоем - охладитель, экологический мониторинг, термофикация, минерализация, биогенные элементы, металлы, гидробионты. **Область исследования:** экология и гидробиология. **Цель работы** заключалась в исследовании влияния 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. Для достижения поставленной цели были запланированы 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 влияния 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. **Научная новизна:** 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». Впервые изучена динамика As, Bi и Sr в воде водоема. **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, ученым, 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», естественно - географического факультета Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко.

ADNOTARE

Tihonencova Lilia. “Evaluarea impactului termocentralei moldovenești 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, 1 anexă. 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 asupra stării ecologice a lacului-refrigerent Cuciurgan în baza monitoringului complex al dinamicii componentei sărurilor, elementelor biogene, materiei organice, microelementelor-metale și a evaluării dinamicii lor multianuale în apă, depuneri subacvatice, hidrobionți, organe și țesuturi ale peștilor.

Obiective: efectuarea cercetărilor complexe privind starea actuală a lacului-refrigerent al CTE Moldovenești; evaluarea influenței funcționării stației asupra parametrilor hidrochimici de bază ai apei – componenta sărurilor, elementele biogene, materia organică, dinamica conținutului și migrației metalelor în apă, depuneri subacvatice și hidrobionți.

Noutatea și originalitatea științifică. A fost prezentată evaluarea complexă a stării ecologice actuale a lacului-refrigerent Cuciurgan; determinată influența CTE Moldovenești asupra dinamicii ionilor principali, elementelor biogene, materiei organice, regimului de gaze și a microelementelor-metale; stabilite legitățile migrației V, Mo, Ni, Pb, Cu, Zn și Cd în sistemul “apă-mîluri-hidrobionți”; pentru prima oară studiată dinamica As, Bi și Sr în apa lacului; determinată posibilitatea utilizării hidrobionților în calitate de organisme-monitoare în biomonitoringul metalelor în ecosistemele acvatice.

Problema științifică soluționată constă în *fundamentarea științifică* a unui monitoring complex adecvat asupra migrației macto- și microelementelor în ecosistemul acvatic supus modificării tehnogene de presingul întreprinderii termoenergetice, *care permite aprecierea* stării ecologice a ecosistemului tehnogen și stau la baza *argumentării științifice* a propunerilor de redresare a situației ecologice în lacului-refrigerent prin respectarea regulilor de utilizare a resurselor acvatice.

Semnificația teoretică. Legitățile identificate de migrație a macrocomponentelor și microelementelor-metale, în condițiile unui impact continuu al întreprinderii termoenergetice, 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 întrebuințării lor în calitate de organisme-monitoare în cadrul monitoringului biologic al ecosistemelor acvatice.

Valoarea aplicativă. Rezultatele, precum și metodologia cercetărilor efectuate, cu aplicarea echipamentului și a metodelor de analiză moderne, pot fi utilizate 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 instituțiilor de învățământ superior.

Implementarea rezultatelor științifice. Rezultatele studiului au fost implementate în predarea unor așa discipline ca hidrobiologia, hidroecologia, monitoringul ecologic, chimia mediului înconjurător la facultatea de științe naturale și geografie a Universității de Stat din Transnistria “Taras Șevcenko”.

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 TPP, 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.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ОЭСР – организация экономического сотрудничества и развития;

ТЭС – тепловая электростанция;

ГРЭС – государственная региональная электростанция;

ОЗВ – органические загрязняющие вещества;

БТЕ – Британская тепловая единица;

МЭА – Международное энергетическое агентство;

ЕС - Европейский союз

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Строительство и эксплуатация энергетических комплексов на водоемах и водотоках приводит к значительным изменениям в состоянии их биологического разнообразия и в целом в состоянии 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.

Установление списка организмов - индикаторов, 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 [1, 2, 3]. Соответственно неуклонно возрастает количество энергетических предприятий, используемых для своего функционирования различные виды топлива [4, 5]. 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, как в изменении температурного режима, так и в изменении гидрологических условий. Функционирование энергетического предприятия ведет к загрязнению и в целом влияет на миграцию химических веществ в экосистеме водоема. Не контролируемая техногенная нагрузка 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 постоянного, научно - обоснованного, мониторинга состояния окружающей среды в зоне воздействия теплоэлектроцентралей. Водоемы – охладители, подвержены постоянному воздействию функционирующей ТЭС, их экологическое состояние существенно отличается от естественных водоемов, поэтому проведение комплексного мониторинга таких техногенно-преобразованных водных экосистем – одна из важнейших научно - технических задач современности.

В результате сжигания топлива в окружающую среду поступают тяжелые металлы, фтористые, сернистые и азотистые соединения [6, 7, 8, 9, 10]. Вследствие этого для решения проблем рационального использования и охраны поверхностных вод, в условиях воздействия ТЭС, непосредственное значение имеет изучение 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. Методологической основой, 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.

Кучурганское водохранилище это трансграничный водоем комплексного назначения, кроме непосредственного использования в технологическом цикле теплоэлектростанции (охлаждение агрегатов станции), он также используется в рыбохозяйственных целях, для рекреации и орошения. Поэтому проведение системного мониторинга его экологического состояния имеет не только научное, но и важное практическое значение в плане рационального использования и сглаживания негативных последствий, оказываемых на него функционированием Молдавской ГРЭС.

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: Основные результаты диссертационной работы могут быть использованы природоохранными организациями, администрацией ГРЭС, а также специалистами экологами, гидробиологами, ихтиологами, гидрохимиками при оценке экологического состояния водоемов. Результаты исследований включены в

курсы лекций таких дисциплин, как «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.

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.
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» - Bendery, 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 зарубежом, 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 приложения. Диссертация изложена на 131 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.

Краткое содержание основных глав диссертации:

Во введении сформулированы актуальность проблемы, теоретическая и практическая значимость проводимых исследований, представлены основные положения, выносимые на защиту, приведено краткое содержание основных глав.

В главе 1 представлен систематизированный анализ научных источников, описывающих влияние различных типов гидроэнергетических предприятий на окружающую среду. Подчеркивается необходимость постоянного наблюдения за состоянием окружающей среды в зоне их воздействия, с учетом количества и качества используемого топлива, приводятся данные о составе различных его видов. Отмечено, что металлы, наряду с сернистыми, азотистыми и углеродными выбросами являются приоритетными показателями при оценке влияния ТЭС на окружающую среду. Акцентирован фактор термического воздействия на экосистемы. Все эти материалы подтверждают актуальность, научную и практическую значимость нашей работы и способствовали интерпретации наших исследований по воздействию функционирования теплоэлектроцентрали на Кучурганский водоем - охладитель Молдавской ГРЭС. В главе определены и сформулированы цели и задачи работы.

В главе 2 дан анализ физико географических характеристик региона, так как влияние любого источника загрязнения на экосистему зависит во многом от их особенностей. Здесь же представлен материал о водном балансе Кучурганского водоема - охладителя и степени его изученности. Дано описание, использованных материалов и

методов. Нами были проведены исследования на протяжении 2011 – 2015 гг. В течение данного периода с разных участков Кучурганского водоема-охладителя Молдавской ТЭС, а также с водоподающих и водоотводящих каналов станции посезонно отбирались пробы воды, (193 пробы), донных отложений (22 пробы) и более 230 образцов биологического материала (водные растения, зообентос, рыба). Собраны также пробы из протока Турунчук и речки Кучурган (24 проб). Для того чтобы оценить уязвимость окружающей среды на дымовые выбросы теплоэлектростанции, нами были собраны образцы (26 проб) атмосферных осадков (дождь, снег) на территории станции и вблизи расположенном населенном пункте. Используются современные физико-химические (гравиметрические, титриметрические, спектрографические) методы исследования водных экосистем, в соответствии с европейскими стандартами, адаптированными и внедренными в Молдове, с применением современного аналитического оборудования.

В главе 3 показана многолетняя динамика соотношения главных ионов, минерализации, биогенных элементов и органических веществ в воде Кучурганского водоема-охладителя Молдавской ГРЭС. Установлено, что антропогенное воздействие теплоэлектростанции привело к коренным изменениям гидрохимического режима водоема и качества воды в нем. Значительно увеличились величины жесткости и минерализации воды. На современном этапе вода из гидрокарбонатно-кальциевой метаморфизировалась в сульфатно-натриевую. Изменилось и соотношение форм миграции азота и фосфора. Существенно увеличилась доля органического азота и фосфора, и они преобладают над минеральными формами этих биогенных элементов. Атмосферные осадки в зоне станции свидетельствуют о загрязнении акватории водоема-охладителя и через дымовые выбросы, как макрокомпонентами, так и микроэлементами. О наличии в водоеме постоянного источника свежего загрязнения органическими веществами свидетельствует соотношение между перманганатной и бихроматной окисляемостью воды. Многолетняя динамика изменений показателей качества воды коррелирует с количеством сожженного на станции топлива. Вода Кучурганского водоема относится к третьему - четвертому и пятому классу качества; «загрязненная» - «грязная» - «очень грязная».

В главе 4 отражены результаты исследования динамики содержания и миграции металлов в экосистеме Кучурганского водоема-охладителя Молдавской ГРЭС. Показана динамика накопления и миграции ванадия, молибдена, свинца, никеля, меди, цинка и кадмия в системе «вода – иловые отложения - макрофиты – донные беспозвоночные-рыбы» в зависимости от антропогенной нагрузки энергетического предприятия.

Многолетняя динамика ванадия, молибдена, никеля, кадмия в воде водоема коррелирует с количеством сжигаемого топлива на ГРЭС, корреляция цинка, меди и свинца в водных слоях выражена слабее. Начиная с 2010 года, наблюдается повышение в водоеме концентрации меди и цинка, но они не достигают значений, полученных в 80-е годы прошлого столетия. Впервые исследована динамика стронция, мышьяка и висмута в воде водоема-охладителя. Соотношение Ca/Sr важный показатель загрязнения природных вод стронцием, так в водоеме охладителе соотношение $Ca/Sr < 50$, при оптимуме > 100 . Концентрации стронция в воде достигают - 2320 мкг/л, мышьяка – 11,8 мкг/л, висмута - 2,1 мкг/л, что в 2-3 раза выше, чем в протоке Турунчук и речке Кучурган. Содержание металлов в илах существенно выше, чем в почвах региона, а распределение металлов в иловых фракциях зависит от количества мелкодисперсных пелитовых фракций и содержания органических веществ. Содержание исследованных металлов в иловых отложениях – отражение выбросов ГРЭС, динамика которых четко коррелирует с количеством сожженного на станции топлива. О прямом загрязнении металлами через дымовые выбросы свидетельствует их уровень в атмосферных осадках в зоне станции. Концентрации всех исследованных металлов в гидробионтах и рыбе выше, чем у особей из Днестра, Прута, Дубоссарского и Костештского водохранилищ.

В общих выводах и рекомендациях представлены в сжатой форме основные результаты, полученные в процессе проведенных исследований, даны практические предложения по восстановлению и поддержанию оптимального экологического состояния водоема-охладителя. Предложен список гидробионтов, которые могут быть использованы в качестве организмов – мониторов, при комплексном биомониторинге водных экосистем и оценки их загрязненности металлами.

ГЛАВА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

1.1. Выбросы электростанций в зависимости от используемого топлива.

Значение электроэнергии для развития современного общества трудно переоценить. Практически любая сфера человеческой деятельности в той или иной степени связана с ее потреблением. Относительная простота передачи на большие расстояния и значительная широта использования сделали получение электроэнергии неотъемлемой частью развития цивилизации. Рост численности населения земного шара, естественно, ведет к еще большему ее потреблению. Глобальный спрос на нее будет расти быстрее, чем спрос на другие конечные виды энергии. В период 2008 – 2035 гг. планируется увеличение спроса на электроэнергию на 2,2% в год, при этом более 80% увеличения придется на страны не входящие в ОЭСР [1]. На современном этапе это важнейший, универсальный и самый эффективный технический и экономический вид энергии. Во всех отраслях производства электричество способствует развитию природо-сберегающих технологий.

Рост использования электрической энергии во всем мире основан, прежде всего, ее новыми сферами применения, а также экономической экспансией. В связи с неуклонным ростом объемов производства по сравнению с предыдущими десятилетиями, в геометрической прогрессии увеличивается и необходимость общества в ее потреблении.

Так, как электричество относительно безопасно для применения, легко транспортируется и может быть разносторонне использовано, значительно увеличилось разнообразие сфер его участия в различных отраслях. По мере роста численности населения, увеличивается и скорость спроса на электрическую энергию. Поэтому, так как, потребность в ней неуклонно возрастает, возникает необходимость в реконструкции уже действующих электростанций и сооружении новых.

По данным [2], мировой спрос на энергоресурсы возрастет более чем на треть за период до 2035 года, причем 60% этого роста придется на Китай, Индию, Ближний Восток. В результате, для удовлетворения мировой потребности нужно в следующие 20 лет еженедельно вводить в эксплуатацию электростанцию мощностью 1ГВт. Если рассмотреть мировое потребление то можно увидеть, что:

75% мировой электроэнергии используется промышленными странами и только 25 % - развивающимися странами [3] (Таблица 1.1). В странах Центральной и Восточной

Европы высокая степень потребления энергии связана с очень низкими ценами на нее в прошлом.

Таблица 1.1. Общемировое потребление товарной энергии по регионам и видам топлива 1990 -2030 года (Квадрильон БТЕ).

Регион			Год			Рост
Регион	1990	2004	2010	2020	2030	Годовой рост 2004- 2030, %
ОЭСР Северная Америка	100,8	120,9	130,3	145,1	161,6	1,1
ОЭСР Европа	69,9	81,1	84,1	86,1	89,2	0,4
ОЭСР Азия	26,6	37,8	39,9	43,9	47,2	0,9
Страны не входящие в ОЭСР Европа и Евразия	67,2	49,7	54,7	64,4	71,5	1,4
Страны не входящие в ОЭСР Азия	47,5	99,9	131	178,8	227,6	3,2
Ближний Восток	11,3	21,1	26,3	32,6	38,2	2,3
Африка	9,5	13,7	16,9	21,2	24,9	2,3
Центральная и Южная Америка	14,5	22,5	27,7	34,8	41,4	2,4
Всего ОЭСР	197,4	239,8	254,4	275,1	298	0,8
Всего не ОЭСР	150	206,9	256,6	331,9	403,5	2,6
Источник						
Нефть	136,2	168,2	183,9	210,6	238,9	1,4
Природный газ	75,2	103,4	120,6	147	170,4	1,9
Уголь	69,4	114,5	136,4	167,2	199,1	2,2
Ядерные	20,4	27,5	29,8	35,7	39,7	1,4
Другие	26,2	33,2	40,4	46,5	53,5	1,9
В Мире в целом	347,3	440,7	511,1	607	701,6	1,8

Уголь, нефть и природный газ являются основным ископаемым топливом, а также ядерная энергия и обновляющиеся источники, такие, как гидроэлектроэнергия, геотермальная, солнечная энергия и биомасса [4]. С явным преимуществом в течение

первой половины прошедшего столетия, уголь держал первенство среди источников коммерческой энергии. Так по данным [5] для выработки электроэнергии в это время, доля угля составляла 71% (3087,8 млн. тонн), нефти 8% (261,4 млн. тонн) и природного газа - 30% (734,4 млн.м³) (Рисунок 1.1.).

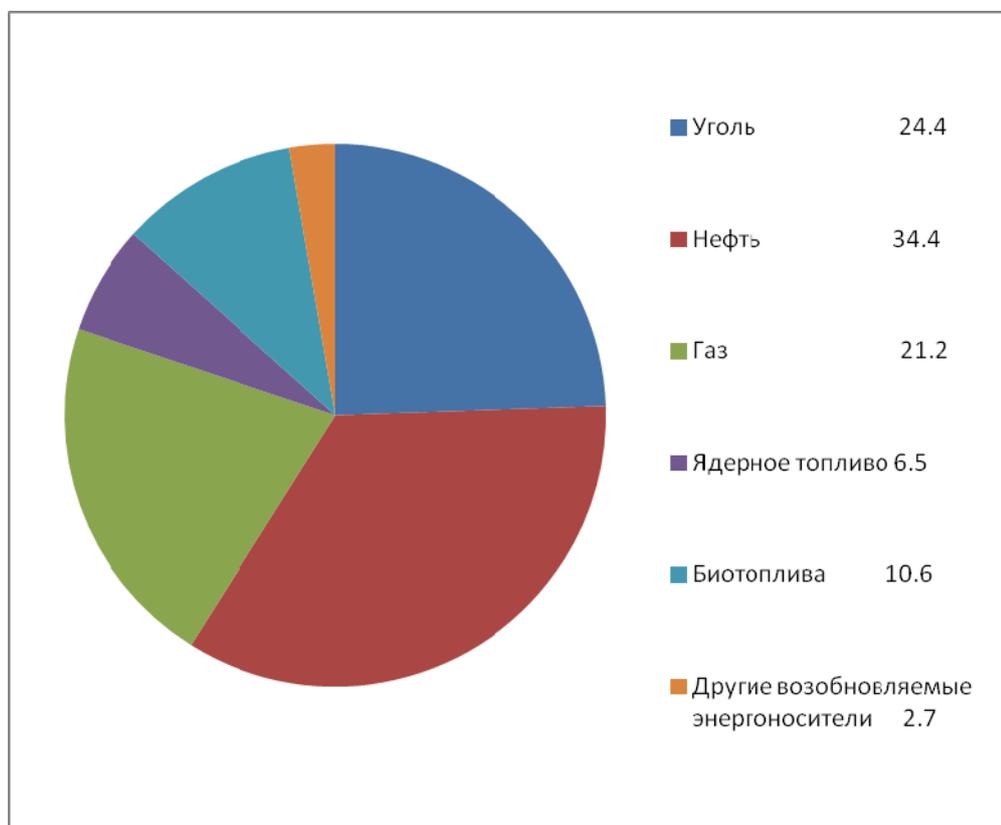


Рис. 1.1. Доли топлива в мировых поставках первичной энергии в 2004 году (Источник: IEA 2007).

Но в связи с открытием новых месторождений резко увеличивается добыча нефти, в результате этот вид ископаемого топлива приобретает колоссальные потребительские достоинства. Если основываться на прогнозах Агентства по энергетической информации (IEA) при Департаменте США, то ожидается, что потребление нефти увеличится на 42 процента. Так прогнозы общего глобального потребления энергии показывают, что в период между 2004 и 2030 годами основное увеличение произойдет за счет ископаемых видов топлива, а ядерные и другие источники энергии внесут относительно меньший вклад в абсолютных показателях. Вероятно, газ и уголь покажут наибольшие изменения в процентном соотношении. (Рисунок 1.2).

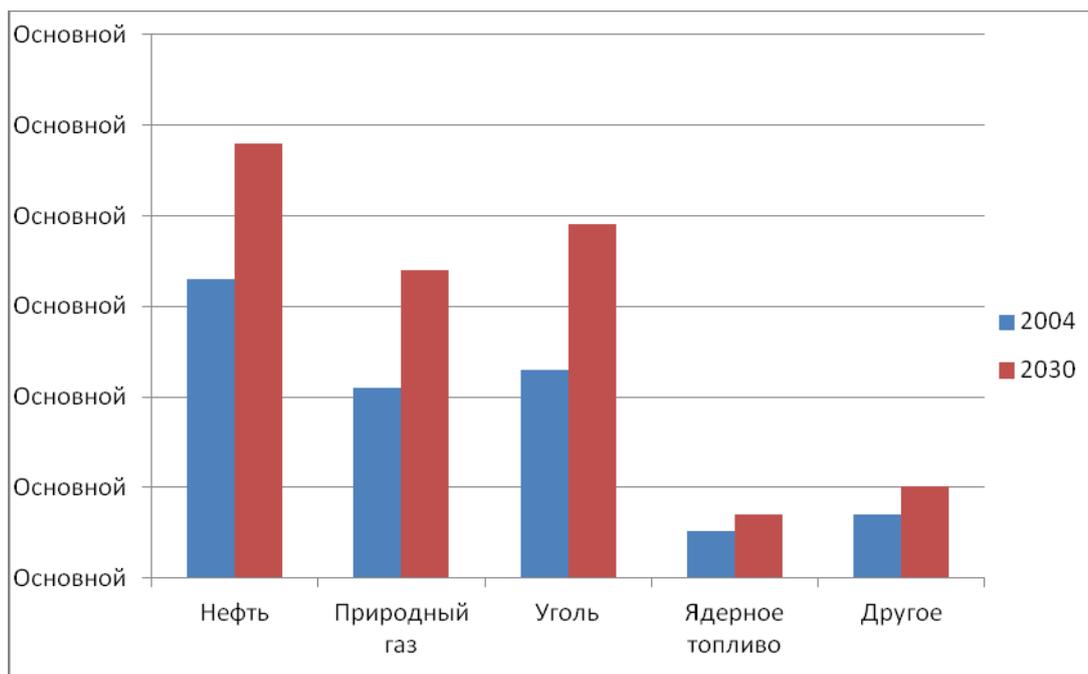


Рис. 1.2. Общее глобальное потребление товарной энергии по источникам в 2004 году и на перспективу до 2030 года (Квадрильон БТЕ).

Приблизительно 62 % мирового спроса на электроэнергию покрывается за счет использования ископаемых топлив, 17 % - за счет ядерной энергии, 19 % - за счет гидроэлектроэнергетики, и незначительная часть - за счет обновляющихся источников (Таблица 1.2).

Такой природный источник, как уголь, главным образом состоит из углерода (от 40 до 98 %, в зависимости от сорта) и водорода, количество которого в угле существенно меньше, чем в других видах топлива (нефть и природный газ). Поэтому объем произведенной электроэнергии на единицу выделяемого CO_2 , при использовании этого вида топлива выше, чем при сжигании нефти или природного газа.

При сжигании одного килограмма угля, в среднем выделяется более чем 2 кг углекислого газа. Установлено, что ТЭС, работающая на угле и вырабатывающая электроэнергию мощностью 1 ГВт, потребляя ежегодно 3 млн. угля, выбрасывает в окружающую среду 7 млн. т. CO_2 , 120 тыс. т. двуокиси серы, 20 тыс. т. оксидов азота, и 750 тыс. т. золы. При этом 7% от веса топлива практически во всех сортах угля и нефти составляет содержание серы [6].

Ископаемые виды топлива такие, как уголь и природный газ в сценарии новых стратегий, сохраняют доминирующие позиции, но их доля в общей выработки электроэнергии снижается с 68% в 2008 году до 55% в 2035 году, что связано с наиболее интенсивным использованием ядерных и возобновляемых источников [7].

Таблица 1.2. Доля тепловой энергетики от общей энергии, получаемой в 2005 г в странах мира [6].

Страна и регион	Тепловая	Гидро-энергетика	Ядерная	Геотермальная и др.	Всего	Доля тепловой от общей (%)
1	2	3	4	5	6	7
Северная Америка						
Канада	146,8	441,6	87,9	4,6	680,9	21,6
США	2487,0	428,0	734,8	86,9	3736,7	72,3
Другие	201,4	32,2	10,4	6,3	250,3	80,4
Всего	2835,2	901,8	833,1	97,8	4667,9	174,3
Центральная и Южная Америка						
Аргентина	41,5	39,7	8,9	0,9	91	45,6
Бразилия	19,8	322	4,1	10,5	356,4	5,5
Другие	231,4	300,3	0,4	4,8	536,9	43
Всего	292,7	662	13,4	16,2	984,3	29,7
Западная Европа						
Германия	401,8	18,2	179,9	12,9	612,8	65,4
Италия	201,2	48,3	0,7	8,2	258,4	77,8
Великобритания	287,5	5,1	98,6	8,0	399,2	71,9
Другие	598,7	487,6	598,9	31	1716,2	34,8
Всего	1489,2	559,2	878,1	60,1	2986,6	49,8
Восточная Европа и республики бывшего Союза						
Польша	170,1	4,8	0,4	0	175,3	97,1
Румыния	38,7	17,7	6,1	0,0	62,5	62,4
Молдова	4,9	0,8	0,0	0,0	5,7	86
Россия	604,0	198,5	141,1	0,2	943,8	64,2
Украина	86,2	9,9	78,3	0,0	174,4	49,5
Другие	284,3	70,2	68,4	0,9	423,8	67,1
Всего	1188,2	301,9	294,3	1,1	1785,5	66,5
Средний Восток						
Саудовская Аравия	109,7	0,0	0,0	0,0	109,7	100

<i>Продолжение табл.1</i>						
1	2	3	4	5	6	7
Иран	88,7	8,1	0,0	0,0	96,8	92,3
Другие	149,8	13,2	0,0	0,0	163	91,9
Всего	348,2	21,3	0,0	0,0	369,5	94,3
<i>Африка</i>						
Египет	48,9	12,1	0,0	0,0	61	80,1
Южная Африка	189,1	2,8	13,2	0,0	204,1	94,5
Другие	88,0	49,8	0,0	0,4	137,8	64,2
Всего	326	64,7	13,2	0,4	402,9	81,5
<i>Дальний Восток и Океания</i>						
Китай	897	200,1	11,8	0,0	1108,9	81,54
Япония	598,9	89,6	363,8	26,4	1078,7	55,88
Индия	387,7	79,8	11,5	0,9	479,9	80,6
Другие	751,4	149,4	110	15,1	1025,9	73,6
Всего	2635	518,9	497,1	42,4	3693,4	71,35
Всего в мире	9114,5	3029,8	2429,2	218	14890,1	61,16

1.2. Влияние выбросов электростанций на окружающую среду

Продукты сгорания, выбрасываемые в окружающую среду, определяются видом и качеством топлива, а также методом его сжигания [8]. При сгорании уголь выделяет пары, которые содержат угарный газ, углекислый газ, двуокись серы, оксид азота, различные макро частицы и твердые остатки в виде шлака, золы и пепла. Ежегодно вся тепловая энергетика мира выбрасывает в атмосферу более 200 млн. т оксида углерода, более 50 млн. т оксида азота, около 150 млн. т диоксида серы, свыше 50 млн. т различных углеводородов и 250 млн. т мелкодисперсных аэрозолей.

Оксиды серы и азота способствуют возникновению кислотных дождей, а угарный и углекислый газы – глобальному потеплению [9, 10]. Так как для основной части солнечного излучения атмосфера Земли прозрачна в оптическом диапазоне, оно поглощается молекулами CO₂, H₂O и некоторыми другими, в результате увеличение углекислоты соответственно приводит и к увеличению температуры в атмосфере. По существующим прогнозам энергетический сектор мировой экономики к 2035 году

произведет на 20% больше выбросов CO₂, что приведет к сохранению долгосрочной тенденции повышения температуры атмосферы на 3,6⁰C [11].

В выбросах работающих электростанций содержатся также и тяжелые металлы, оказывающие на здоровье человека большое негативное влияние. Такие вещества, как мышьяк, хром и никель при долговременном влиянии на организмы даже в малых дозах, проявляют свои канцерогенные свойства в течение длительного периода. Так, например никель, поступая через дыхательные пути, может вызывать раковые заболевания носа, горла и легких [12]. Крупными антропогенными источниками выделений металлов в атмосферу, являются электростанции, работающие на угле [13].

К числу 189 самых опасных загрязняющих веществ относят 16 микроэлементов, содержащихся в этом топливе (As, Be, Cd, Cl, Co, Cr, F, Hg, Mn, Ni, P, Pb, Sb, Se, Th, и U) [12, 14]. Окислы алюминия и кремния, присутствующие в выбросах электростанций, работающих на угольном топливе способны разрушать ткань легких, вызывая силикоз. Средние величины концентраций микроэлементов в угле и золе приведены в таблице 1.3 [15, 16].

Вместе с золой и пылью в атмосферу выделяется большинство микроэлементов. Но хлор, фтор и ртуть чаще всего поступают в окружающую среду в газообразном виде.

Макро- и микроэлементы, выделяемые при сгорании угля, в основном связаны с частицами зольной пыли [17]. В результате попадая в атмосферу, они наносят существенный вред различным компонентам биосферы, здоровью населения, предприятиям, транспорту, городским объектам.

При работе угольных электростанций, используемое топливо сначала распыляется и превращается в тонкодисперсную пыль, а затем сжигается при очень высокой температуре. В результате выделяется теплота, которая преобразовывает очищенную воду, непрерывно циркулирующую по трубам, в пар высокого давления, вращающий ось турбины и таким образом вырабатывается электроэнергия. Значительно возрастает себестоимость вырабатываемой электроэнергии при переходе с твердого топлива а газовое. Известно, что по экологическим критериям природный газ является наиболее оптимальным топливом. Так почти две третьих мировых выбросов углекислого газа приходится на долю угля, 22% на нефть и лишь 15% на газ [2]. Так же в продуктах его сгорания нет золы, копоти и такого канцерогена, как бензопирен.

В состав природного газа входят такие углеводороды, как метан, этан, пропан, бутан и пентаны, а также углекислый газ, гелий, водород и азот. Состав природного газа в процентном соотношении по отношению к объему следующий: метан (CH₄): 98.90 %, этан

(C₂H₆): 00.16 %, пропан (C₃H₈): 0.02 %, азот (N₂): 0.87 %, углекислый газ (CO₂): 00.02 %, кислород (O₂): 00.02 %.

Таблица 1.3. Среднее содержание микроэлементов (ppm) в угле и зольной пыли

Элемент	Уголь	Зола
Сурьма	0.05-8.9	1-15
Мышьяк	0.5-93	2-500
Барий	20.0-1600	500-700
Бериллий	0.2-4.0	1-10
Бор	1.0-216	-
Кадмий	0.01-300	0.1-50
Хром	2.0-400	50-300
Кобальт	1.0-34	5-100
Медь	3.0-180	50-650
Свинец	1.0-218	5-1000
Марганец	5.0-240	50-500
Ртуть	0.02-1.91	0.02-0.4
Молибден	1.0-30	5-40
Никель	3.0-90	5-100
Селен	0.04-7.7	1-20
Теллур	0.02-3.0	2-30
Талий	0.2-36	15-70
Олово	0.1-51	30-300
Уран	0.09-3.7	5-20
Ванадий	2.0-78	100-500
Цинк	1.0-1444	50-5000

Из всех ископаемых топлив, используемых при выработке электричества, природный газ является наиболее экологически чистым. Так природный газ при сгорании выделяет на 50% меньше углекислого газа (CO₂) на единицу произведенной энергии, чем уголь, и на 25% меньше, чем нефть; сера при сжигании природного газа практически не выделяется [18]. Единственным существенным загрязнителем, при сжигании газа, являются окислы азота, выброс которых в среднем на 20% ниже, чем при сжигании угля.

Почти 99% природного газа составляет метан (CH_4), который попадая в атмосферу, является газом, создающим парниковый эффект. Основными продуктами выделения при полном сгорании метана являются углекислый газ и водяной пар, при этом не образуются частицы пепла.

Работающие на природном газе, электростанции используют технологию аналогичную угольным ТЭС и вырабатывают более двух сотен мегаватт (1 мегаватт = 1 MW = 1 миллион ватт). В результате сгорания природного газа, выделяется энергия, которая доводит воду до кипения; при этом образуется пар, проходящий через турбину и генерирующий электричество. Несмотря на то, что природный газ наиболее экологически чистый вид энергетического топлива в частности по выделению оксидов азота в процессе горения, так как коэффициент избытка воздуха при сжигании угля ниже, чем при сжигании природного газа, но его влияние на окружающую среду еще бесспорно требует изучения [19]. Одним из важных экономических факторов является также и то, что себестоимость произведенной электроэнергии при использовании природного газа значительно выше, чем при использовании угля. Природный газ единственное ископаемое топливо, мировой спрос на которое растет во всех сценариях [2].

Кроме твердого и газообразного топлива, тепловые электростанции широко используют и жидкое к которому относят нефть. Она представляет собой сложную смесь углеводородов. Исходя из средних данных, в ее состав входит: 83% углерода, 12% водорода, сера, кислород, азот, а также микроэлементы в частности ванадий и никель. Различные виды нефти в зависимости от места добычи, различаются между собой по цвету, густоте, содержанию летучих веществ и вязкости [20].

При сжигании нефти принцип работы большинства электростанций заключается в том, что выделяемая в процессе теплота, преобразовывает очищенную воду, непрерывно циркулирующую по трубам, в пар высокого давления, вращающий ось турбины. Всего 35% энергии при сжигании нефти на электростанциях такого типа, преобразовывается в электричество. А 65% энергии выделяется в окружающую среду в виде тепла [21]. Нефть в процессе сгорания выделяет углекислый газ (CO_2), двуокись серы (SO_2), оксид азота (NO_x), и зольную пыль [22]. Во многих развитых странах запрещено использование нефтяного топлива, в котором содержится свыше 0,5% соединений серы.

Независимо от вида используемого топлива, неоспоримым является факт негативного влияния энергетических предприятий на окружающую среду и жизнедеятельность населения. Рассмотрим более подробно наиболее часто встречающиеся выбросы и их воздействие. Так при неполном сгорании топлива, в

частности при несоблюдении технологических нормативов его сжигания, образуется угарный газ (CO). По физическим свойствам он представляет собой газ - бесцветный, безвкусный и не имеющий запаха. В окружающей среде его естественная концентрация составляет – 0,05-0,15 ppm. Угарный газ примерно в течение тридцати дней сохраняется в атмосфере, а затем окисляется, превращаясь в углекислый газ (CO₂).

При вдыхании угарный газ легко поглощается кровью, что приводит к кислородному голоданию тканей. Он является ингибитором переноса кислорода гемоглобином, CO связывается с гемоглобином крови со скоростью, в десятки раз превышающей скорость связи, с кислородом [23]. По данным Американской Лёгочной Ассоциации содержание в воздухе значительной дозы угарного газа неизбежно приводит к летальному исходу.

В результате исследований установлено, что к резкому притуплению умственной деятельности человека приводит воздействие всего, 0,01 ppm угарного газа в течение восьми часов [24]. Он вызывает серьезные негативные изменения в организме уже при воздействии в небольших количествах. Даже не смертельные дозы угарного газа нарушают общее состояние человека, в частности вызывают головную боль, тошноту, головокружение, вызывают ухудшение состояния людей, страдающих заболеванием легких и сердечно - сосудистой системы [25].

Одним из газов, составляющим атмосферу Земли является углекислый газ (CO₂), его концентрация составляет около 0,03% по объему и над земной поверхностью он распределен равномерно. Так как мировая энергетика постоянно использует углеродосодержащее топливо в виде нефти, угля и природного газа то содержание углекислого газа в атмосфере ежегодно растет.

Если в глобальном масштабе будет происходить непрерывное увеличение концентрации CO₂, это может привести к парниковому эффекту и изменению климата. Одним из наиболее токсичных газообразных выбросов является двуокись серы (SO₂), составляющая около 99% всех выбросов, содержащих соединения серы. При нормальных условиях это бесцветный газ, он формируется из воздушно-капельного кислорода и серы, содержащихся в различных видах топлива. Сернистый ангидрит пребывает в атмосфере незначительное время, около 15-20 суток в сравнительно чистом воздухе. В присутствии кислорода (SO₂) окисляется до (SO₃), а при реакции с водой образует серную кислоту и так же в атмосфере он образует более сложные ассоциации с другими веществами, которые оказывают токсическое воздействие на все живые организмы [26].

Приблизительно 43% конечных продуктов, образованных с участием SO_2 , выпадает на поверхность литосферы и около 13% - гидросферы. Диоксид серы может вступать во взаимодействие с другими веществами за сотни километров от источника выбросов, это зависит от метеорологических условий и присутствия окислителей. В газообразной форме (SO_2) может прямо у поверхности земли концентрироваться в значительных количествах [27, 28]. Серосодержащие соединения накапливаются в основном в мировом океане.

Негативное влияние этих соединений на людей, животных и растительный мир неоднозначно, оно зависит от различных факторов окружающей среды, а так же от степени их концентрации в них. Попадая с выбросами в атмосферу двуокись серы, повреждает листья и хвою растений, в результате разрушения хлорофилла.

Большое вредное воздействие оказывает двуокись серы и на человека, в связи с повреждением органов дыхания. Поражение дыхательных путей и сильное отравление можно получить даже при минимальном временном контакте с (SO_2). Смертельные случаи и случаи госпитализации, связанные с заболеваниями дыхательной и сердечно - сосудистой систем у людей, увеличиваются при наличии двуокиси серы в воздухе. Особенно если болезни данных систем органов уже присущи человеку [29, 30, 31]. Таким образом, значительно усугубляет заболевания органов дыхания повышение концентрации двуокиси серы в атмосфере. Кроме этого избыточные дозы этого соединения могут вызывать сердечнососудистые нарушения, особенно у лиц старше 75 лет [32].

Топливо, используемое электростанциями (уголь, нефть, древесина) содержат азот, который является антропогенным источником образования оксидов азота (NO_x). Эти соединения представляют собой смесь, состоящую из окиси азота (NO) и двуокиси азота (NO_2). Оксид азота представляет собой газ бесцветный и слабо растворимый. В присутствии воздуха (NO) окисляется в (NO_2). Диоксид азота состоит из молекул двух видов (NO_2) и (N_2O_4). Окислы азота образуются в атмосфере при действии высоких температур (например, при грозе). Так как реакция образования оксидов и их взаимодействие друг с другом и компонентами атмосферы достаточно быстротечна, то учесть точное количество каждого из окислов не представляется возможным. И исходя из этого, суммарное количество (NO_x) приводят к количественному содержанию (NO_2). Также, при оценки токсического воздействия, учитывается и то, что соединения азота, выбрасываемые в атмосферу имеют различную продолжительность существования и активность (например, N_2O может находиться в ней примерно 4,5 года, а NO_2 около ста часов). Хотя новые модели турбин, используемые электростанциями, выделяют меньшее

количество NO_x , так как работают при более низких температурах, в отличие от ранее выпускаемых турбин внутреннего сгорания, которые сжигая керосин и природный газ выделяли в атмосферу значительное количество окислов азота, их влияние на окружающую среду так же является негативным. Так они представляют собой один из источников кислотных дождей потому, как попадая в атмосферу, взаимодействуют в облаках с парами воды и образуют азотную кислоту, которая возвращается на землю в составе осадков.

Взаимодействуя с другими химическими веществами под действием солнечного света, NO_x снижает прозрачность атмосферы и при этом образуется озоновый смог [33]. Озон нарушает защитные свойства респираторной системы, что приводит к росту в организме бактерий и вирусов и в итоге возникновению бронхиальных заболеваний. Оксиды азота оказывают раздражающее действие на слизистую оболочку глаз и органы дыхания, они способны разрушать легочную ткань человека и животных, а так же увеличить развитие сердечно-сосудистых патологий [34].

Даже при кратковременном (около трех часов) контакте с NO_x здоровые взрослые люди испытывают трудности дыхания. Еще большее негативное влияние оказывают окислы азота на астматиков, пожилых людей и детей. Влияют оксиды азота и на иммунную систему населения, значительно ослабляя ее [35, 36]. При увеличении концентрации NO_x в воздухе до 10 мкг/м^3 , риск развития аллергических заболеваний у населения повышается на 1,4% [37]. А значительные повышения могут привести к увеличению смертности от заболеваний сердечно-сосудистой системы [38]. Отрицательное воздействие оказывают находящиеся в воздушно-капельном состоянии большие количества оксидов азота и на наземные и водные экосистемы, так как увеличивается количество азота в них.

Количественный состав углерода, кислорода и водорода, находящийся в угольном топливе определяет и количество теплоты, выделяемой при его сгорании. Теплотворная способность угля тем ниже, чем выше содержание кислорода в нем. Потому, что кислород, находясь в соединении с углеродом уже частично его окисляет, уменьшая тем самым способность углерода вырабатывать теплоту. Так как содержание серы в угле не превышает 1-2% от веса, то количество теплоты, полученной при ее сгорании в угле, незначительно. В атмосферу при сжигании топлива попадают так же, так называемые микрочастицы или капли - паровые частицы. Эти микрочастицы имеют от 2,5 до 10 микрон в диаметре, в их состав входят капельки или частицы дыма, пыли, сажи, т.е.

воздушно-капельная составляющая негорючих топливных загрязняющих примесей или конденсирующиеся пары.

Образуясь, при сгорании топлива на электростанциях, промышленных участках, в двигателях автомобилей и каминах, микрочастицы на своей поверхности, имеют различные химические примеси и металлы. Кроме этого, на их поверхности могут концентрироваться аэрозоли нитратов и сульфатов, формирующихся в результате конденсации в атмосфере оксидов серы и азота. Образование этих соединений способствует возникновению туманов и смога, оказывающих, негативное влияние на здоровье людей.

Образующиеся в результате сжигания топлива микрочастицы, легко проникают через органы дыхания [39, 40] и могут попасть глубоко в легкие человека, нанося при этом серьезный ущерб его здоровью [41]. Микрочастицы, попадающие в организм, вызывают не только заболевание органов дыхания, но и дисфункцию сердечно-сосудистой системы [42, 43].

Так в местности с повышенным содержанием микрочастиц в атмосфере, наблюдается резкое увеличение заболеваний дыхательной системы среди населения разных возрастных категорий [44]. В то же время увеличивается проявление хронических заболеваний типа астмы и бронхита. Чрезмерное повышение загрязнения воздуха микрочастицами может привести к летальному исходу у пациентов, страдающих заболеваниями органов дыхания [39, 45].

Функционирование теплоэлектростанций способствует так же образованию озона. Он представляет собой газ практически бесцветный, достаточно реакционно способный, обладающий высокой окисляющей способностью. Этот газ образуется в атмосфере в результате взаимодействия летучих аэрозольных органических соединений с оксидом азота. Его пик образования приходится на летний период, так как он синтезируется под действием солнечной энергии [26]. Являясь составляющей смога, озон даже в небольших концентрациях оказывает влияние на здоровье людей. Формирование озона зачастую происходит в значительной отдаленности от места поступления в атмосферу его составляющих.

Зона его распространения и концентрация, является определяющим фактором влияния этого газа на окружающую среду. Так находясь в верхних слоях атмосферы, на высоте 20-50 километров, он создает защитный слой для растений и животных от вредного воздействия солнечного чрезмерного ультрафиолетового излучения. Вредное воздействие на здоровье человека оказывает озон, образующийся вблизи земной

поверхности, так как является сильным раздражающим органы дыхания загрязнителем. Особенно чувствительны к озону группы людей, получающие значительную физическую нагрузку на открытом воздухе, где концентрация газа намного выше, чем в помещении и насыщение им организма происходит быстрее.

Попадая в организм этот газ способен разрушать органические вещества тканей легких и дыхательных путей, вызывая повреждение клеток эпителия трахеи, бронхов и альвеол [46].

Озон, согласно проведенным исследованиям, раздражает дыхательные пути, вызывает отечность и першение в горле, кашель, одышку, боли в груди. Даже кратковременное повышение концентраций этого газа приводит к повреждению функции легких [47]. В результате его действия на организм происходит понижение иммунитета и усиливается восприимчивость к инфекциям дыхательных путей [34].

Негативное воздействие озонового загрязнения на здоровье человека проявляется и в том, что он способен изменять активность ряда ферментов в организме. Исследования показали, что приступы астмы существенно усиливаются в присутствии озона, а также повышается восприимчивость к другим аллергенам [48].

Даже не очень высокие его концентрации оказывают канцерогенное, мутагенное и токсическое воздействие на организм. Озон усиливает аллергические заболевания [49, 50]. Длительное воздействие озона может привести к осложнению астмы и отеку легких [51]. Также влияние этого газа может увеличить риск преждевременной смерти от патологий сердечно - сосудистой системы. Оказывает угнетающее действие озон и на растения. Особенно чувствительны к его повышенным дозам citrusовые и хвойные деревья [52], а так же в тропосфере он значительно снижает продуктивность сельскохозяйственных культур.

Кроме загрязняющих веществ, уже рассмотренных, согласно Управлению по охране окружающей среды США [53], электростанции могут выделять и другие, которые характеризуются как опасные загрязнители воздуха. К ним относят тяжелые металлы и их соединения, а так же органические загрязняющие вещества (ОЗВ), образующиеся в результате неполного сгорания топлива. Электростанции выделяют их в виде частиц или пара. Можно также наблюдать скопление этих веществ в контролируемых загрязнение устройствах и образующейся в результате сгорания топлива золе.

На количество выброса загрязняющих веществ в окружающую среду, оказывают влияние различные факторы, к которым относят - используемые технологии борьбы с загрязнениями, степень сгорания топлива, а также его химический состав, зависящий, от

разнообразных особенностей географической местности, где ископаемое топливо было сформировано [54, 55].

Среди основных загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду в результате сжигания топлива, по данным Управления по охране окружающей среды США [53], следует выделить такие как, свинец, кадмий, хром, марганец, сурьму, ртуть, барий, бериллий, молибден, никель, ванадий, цинк, серебро, мышьяк, селен, талий и некоторые другие. А среди веществ органической природы, в выбросах станций, наиболее часто регистрируются следующие: дихлорметан, бензол, этилбензол, формальдегид, этиленгликоль, муравьиная кислота, метанол, пропилен, толуол, ксилол, нафталин, полициклические ароматические соединения.

В атмосферу при сгорании угля попадает медь [56, 57], а так же кадмий [58, 59], в виде сыпучих мелкодисперсных веществ.

Ванадий - также присутствует в угле, обычно в концентрациях между 14 и 56 ppm [58, 59]. Его концентрация в сырой нефти находится в пределах от 3 до 260 $\mu\text{g/g}$ и в топливной нефти - от 0.2 до 160 $\mu\text{g/g}$. В процессе сжигания топливной нефти, ванадий выделяется в виде твердых частиц вместе с летучей золой, при этом его содержание в этих частицах варьирует от 1 % и почти до 60 % [20].

В зимний период интенсивное сжигание топлива приводит к повышению концентрации в воздухе фторидов, а также к тому, что в атмосфере увеличивается выброс фтора преимущественно в виде мелкодисперсных частиц и газа. Из газообразных фтористых соединений самыми распространёнными являются – силиконовое четырехфтористое соединение и фтористый водород.

В результате различных исследований установлено, что в результате выработки электроэнергии, при сжигании угля количество свинца, поступающего в окружающую среду, составляет 780-4650 тонн в год, а при сжигании нефти - 230-1740 тонн в год [58, 60].

Своеобразным «спутником» теплоэлектростанций является молибден, он входит в состав угля и нефти, поэтому сжигание этих видов топлива способствует выбросу этого металла в атмосферу [61]. Выбросы молибдена составляют примерно 550 метрических тонн ежегодно, что составляет 61 % от общего выброса этого элемента в окружающую среду из антропогенных источников во всем мире [62].

Уже было сказано выше, что при сжигании любого ископаемого топлива (мазута, угля, горючего сланца), в составе окисляющего газа будут содержаться окислы серы и азота, превращающие выпадающие дожди в слабый раствор кислот. Впервые термин

«кислотные дожди» был введен английским инженером Робертом Смитом в книге «Воздух и дождь: начало химической климатологии» в 1872 году. Особо актуальна эта проблема и сегодня. По данным МЭА [63], в крупных промышленных городах с кислотными дождями на землю выпадает на 1км^2 около 1500 кг серы. Образование кислотного дождя происходит в результате, происходящей в атмосфере реакции воды и кислорода с двуокисью серы и оксидами азота. Эти взаимодействия и приводят к образованию кислотных соединений, в виде осадков выпадающих на землю [64].

Фактор наличия кислотных дождей был установлен в Европе и Северной Америке еще в пятидесятые – шестидесятые годы [65]. Географические особенности местности оказывают влияние на образование и формирование кислотных дождей. Так в атмосфере Северной Америки в основном преобладает азотная кислота, а в атмосфере Европы - серная [66]. Вне сомнения вред, наносимый кислотными дождями окружающей среде огромен. Снижается продуктивность почв, меняется состав почвенных микроорганизмов, страдают растения и природные воды [67]. Причем эффект воздействия кислотных дождей на окружающую среду имеет хронический, системный характер. В 70-х годах в реках и озерах скандинавских стран стала исчезать рыба, в Германии пострадало 30%, а в некоторых районах 50% лесных насаждений и происходило это в значительном отдалении от промышленных центров. Кислотные дожди наносят непоправимый вред лесам. Так, кислота увеличивает подвижность алюминия в почве, который является токсичным для мелких корней. В результате это приводит к хрупкости ветвей и угнетению развития листвы и хвои. Повышение кислотности почв способствует гибели дождевых червей и в результате снижается их плодородие [68].

Особо следует отметить негативное воздействие кислотных дождей на водные экосистемы. Подкисление поверхностных вод до рН, имеющим значение менее 5,0 может стать катастрофическим для жизни в водоемах.

P.J. Wington с сотрудниками [69] и R. Mosello с соавторами [70] установили эпизодическое подкисление воды в озерах и других поверхностных водах Северной Америки и Европы, указав, что этот фактор негативно сказывался на состоянии водной экосистемы. Так кислотные дожди, увеличивая кислотность озёр, приводят к резкому уменьшению численности рыб и других животных [71].

Повышение кислотности воды в водоемах является причиной появления уродливых форм мальков рыбы и фактором, тормозящим эмбриональное развитие икринок [72]. Миграционная способность металлов и их токсичность резко повышается при увеличении кислотности поверхностных вод. Например, алюминий, попадающий в

озера при повышении кислотности воды, повреждает жабры рыб, что снижает их способность воспринимать кислород, растворённый в воде, и может привести к гибели особей [73]. Подкисление поверхностных вод, по мнению многих ученых, является первопричиной резкого уменьшения численности популяций рыб [74, 75, 76, 77]. Особо сильное влияние кислотность воды оказывает не на взрослых особей, а на личинок и мальков [74]. Кислотный дождь токсичен и для многих амфибий. Установлено, что большинство амфибий не может размножаться в воде с уровнем pH ниже 4,5 [78, 79].

1.3. Тепловое воздействие электростанций на экосистемы.

Функционирование теплоэлектростанций и в целом сжигание ископаемого топлива приводит к "глобальному потеплению", результатом которого является существенное изменение климата. Выбросы теплоэлектроцентралей удерживают теплоту в атмосфере, ограничивая тем самым, количество энергии солнечного света, покидающей атмосферу после отражения от земли. Действие газов можно сравнить со стеклянными панелями, которые используют в оранжереях. Так как они впускают солнечный свет, но не выпускают теплоту, что ведет к возникновению так называемого парникового эффекта [80]. Согласно исследованиям [81] в двадцатом веке климат Земли стал более теплым. И как было уже рассмотрено нами выше продолжает изменяться и в двадцать первом.

Такое изменение климата представляет собой одну из серьезнейших проблем для окружающей среды, так как оно коснется не только стран с высокой степенью выбросов в атмосферу, но и Планеты в целом [82, 9]. Признав это, международное сообщество согласилось рассмотреть проблему изменения климата на мировом уровне. И в 1997 году в Киото на состоявшемся под эгидой ООН международном саммите между 159 странами был подписан протокол о сокращении выбросов вредных газов в атмосферу. Но пока усилия, предпринятые, в рамках Киотского протокола не достигли необходимого результата. Так по данным МЭА, в течение последнего десятилетия уровень выбросов парниковых газов возрос на 20% и, исходя из тенденций мирового развития, к 2050 году может увеличиться еще в 2,5 раза.

В двадцатом веке, согласно исследованиям, температура поверхности Земли увеличилась приблизительно на 1 градус по Фаренгейту. Межправительственная Организация по Изменению Климата [83] сообщила, что, если немедленно не будут приняты решительные меры, чтобы понизить уровень выброса газов, создающих

усиливающийся парниковый эффект, то глобальные температуры могут повыситься ещё на 1,6-6,3 градуса по Фаренгейту к 2100 году.

Неоспоримым является тот факт, что большая часть выброса газов связана со сжиганием ископаемого топлива [84]. При полном сгорании топлива углекислый газ был единственным побочным продуктом, содержащим углерод. Так как чаще всего топливо сгорает не полностью, то продукты горения содержат угарный газ, окислы азота, серы и многие другие соединения. Общая сумма углекислого газа, выбрасываемого человечеством в атмосферу в двадцатом веке, составляла приблизительно 6 млрд. т. в год [85]. По данным МЭА в настоящее время ежегодный выброс CO₂ всеми ТЭС мира приближается к 10 млрд. т., а это 30% от всех антропогенных выбросов парниковых газов в атмосферу в целом.

Содержание углекислого газа в атмосфере увеличилось с 275 ppm в доиндустриальном периоде до более чем 350 ppm в двадцатом веке, и оно будет расти ещё большими темпами в будущем [86].

Если бы все известное ископаемое топливо было бы сожжено, то земная биосфера могла бы абсорбировать только около третьей части образовавшегося при этом CO₂, и потребовались бы тысячелетия, чтобы вернуть атмосферу в состояние до индустриального периода [87]. Достаточно большое количество, наряду с углекислым газом среди выбросов, в атмосфере (более 5%) составляют озон и закись азота [88]. О негативном влиянии которых на экологическое состояние Земли, было сказано ранее.

Изменение климата представляет угрозу для здоровья человека, так как оно может способствовать, не только распространению трансмиссивных болезней (малярии, лихорадки, и вирусного энцефалита), а так же водяных инфекций, связанных с появлением условий, способствующих развитию токсинов [89]. Глобальное потепление может сдвинуть зоны обитания различных видов и это может привести к тому, что для людей, домашних животных и сельскохозяйственных культур, возникает опасность появления новых патогенов [90]. В результате глобального потепления происходят изменения в количестве выпадающих осадков в разных регионах. Так некоторые области становятся более влажными, в то время как другие более сухими, и это в итоге провоцирует проявление критических погодных условий, таких как проливные дожди, наводнения и засухи. Ряд типичных экосистем в Казахстане, в результате изменения климата и резкого снижения нектаропродуктивности, потеряли возможность семенного воспроизводства в связи с потерей опылителей [91].

Под воздействием глобального потепления, может увеличиться температура морской поверхности. А это будет способствовать появлению разрушительных ураганов, ведущих к повышению уровня моря, что в свою очередь приведёт к эрозии берегов и береговых границ. Несомненно, что итогом таких изменений прибрежной зоны будет повреждение портовых сооружений, близ лежащих строений и водных систем управления [92]. Изменение температуры морской воды также отражается и на морских обитателях, так как происходит смещение привычных для них факторов среды обитания [93].

Увеличение температуры влечет за собой учащение наводнений и засух, что естественно негативно сказывается на сельском хозяйстве. Понятно, что сельскохозяйственная деятельность полностью зависит от дождевых осадков. А их отсутствие губительно для урожая. Более высокие температуры могут привести к увеличению количества насекомых – вредителей, уничтожающих посевы [94, 95]. Таким образом, глобальное потепление оказывает негативное влияние на все основные факторы биосферы, пролонгируя регрессивные изменения в ней [96].

Практически все теплоэлектростанции используют для охлаждения, воды рек или водохранилищ. Для производства энергии потребности в воде будут расти вдвое быстрее, чем спрос на саму энергию. По проведенным оценкам, забор воды для производства энергии в 2010 году составил 583 млрд. м³. Причем объем воды, забранной, но не возвращенной в источник (из этого числа) составил 66 млрд. м³. И прогнозируется еще больший рост потребления воды в период до 2035 года [97]. Использование теплоэлектростанциями водоемов – охладителей, несомненно, приводит к их тепловому загрязнению или термофикации [98, 99].

Термофикация, является в свою очередь, основной причиной резкого изменения в них гидробиологического и ихтиологического режимов [100, 101, 102].

В результате многочисленных исследований установлено, что повышение температуры воды более чем на 30 градусов Цельсия, приводит к угнетению развития фито-, зоопланктона, зообентоса и рыб [103, 104].

Известно, что высокие температуры ускоряют разложение микробами органического вещества, причем этот процесс требует присутствия растворенного кислорода. Но, в теплой воде содержится значительно меньше растворенного кислорода. Таким образом, устойчиво высокие температуры приводят к истощению его запасов в водоёме и в целом к нарушению равновесия всей экосистемы [105, 106].

Установлено, что изменение термического режима в водоемах-охладителях влияет на продолжительность инкубационного периода икры. При этом, возможно

снижение степени выживания потомства так как происходит несоответствие пика распространения наличия корма в водоеме и распространения личинок рыб в нем. Изменение температуры воздуха отражает равновесная температура поверхности воды водоема, изменяется состав и усиливается развитие фитопланктона, изменяется интенсификация микробиологических процессов, что в итоге приводит к видовому изменению состава зоопланктона и рыб [107]. Кроме этого в результате термофикации водоема происходит не только ухудшение его биосферной функции, но и ухудшение его социальной значимости [108].

Исходя из всего вышеизложенного, следует, что тепловые электростанции воздействуют на окружающую среду в различных аспектах. И в связи с этим наши исследования, направленные на изучение влияния данной теплоэлектростанции на экосистему Кучурганского водоема-охладителя являются актуальными и имеющими, как теоретическую, так и практическую значимость, так как Молдавская ТЭС находится в непосредственной близости с населенным пунктом и ее антропогенное воздействие должно постоянно контролироваться.

1.4. Выводы к главе 1

1. В главе приводится комплексный систематизированный анализ научных источников, описывающих влияние энергетических предприятий на окружающую среду. Металлы, наряду с сернистыми, азотистыми и углеродными выбросами являются приоритетными показателями при оценке этого воздействия. В большинстве работ подчеркивается необходимость постоянного контроля за состоянием экосистемы в зоне влияния теплоэлектростанций, с учетом количества и качества используемого топлива, а так же данные о составе различных его видов.
2. Практически все теплоэлектростанции используют для охлаждения воды рек или водохранилищ, что приводит к их тепловому загрязнению или термофикации. В свою очередь термофикация ведет к эвтрофированию и изменению гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов водных экосистем.
3. Анализ научных источников подтверждает актуальность, научную и практическую значимость нашей работы по оценке воздействия функционирования теплоэлектроцентрали на Кучурганский водоем - охладитель Молдавской ГРЭС. Таким образом, проведенный обзор литературы способствовал определению целей и задач нашей работы.

Цель работы заключалась в исследовании влияния 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.

Для достижения поставленной цели были запланированы 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 влияния 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.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Характеристика региона исследований

Кучурганское водохранилище – охладитель Молдавской ТЭС расположено в низовье Днестра в устьевой части речки Кучурган. Оно представляет собой сохранившийся остаток залива некогда большого Приднестровского лимана, что было подтверждено наличием в нем до настоящего времени многих понто-каспийских реликтов [109]. В 1964 году была сооружена станция и в нижней части водоема построена плотина с регулирующим шлюзом и комплексом гидротехнических сооружений, а до этого водоем свободно сообщался с протоком Турунчук.

Водоохранилище расположено в юго-восточной части Молдавии, на широте $46^{\circ}35'$ - $46^{\circ}45'$, и долготе $29^{\circ}58'$ - $29^{\circ}59'$, с находящимся на широте $46^{\circ}35'$ и долготе $29^{\circ}49'$ центре. Средняя глубина водоема – охладителя составляет 3,5 м, длина – 14-20 км, ширина до 3 км. Величина площади около 27 км^2 , объем воды 82 млн. м^3 [110].

Водный баланс водоема составляют периодически закачиваемые воды Турунчука и высокоминерализованные воды речки Кучурган [109]. Физико-географическая характеристика особенности бассейна изучаемого водоема необходима для более глубокого понимания происходящих в нем физико-химических и биологических процессов.

На состав поверхностных вод оказывает влияние геологическое строение территории ее рельеф, а также климатические и погодные условия. Наши исследования проводились в бассейне Кучурганского водоема-охладителя Молдавской ТЭС, расположенного на Днестровской террасовой равнине. В основном в четвертичных отложениях представлены здесь почвообразующие породы. Самое высокое водораздельное плато занимают пески и супеси. При этом встречаются коренные геогенные иловые глины, элювиально-делювиальные иловые глины, а так же тяжелые суглинки [111].

Для бассейна Кучурганского водохранилища характерно широкое распространение оползней. Обильные снеготаяния, сильные ливневые осадки и воздействие антропогенных факторов активизируют оползневые процессы. Наиболее характерны для этой зоны эрозионно-оползневые, циркообразные, долины - гыртопы [112]. В местах залегания известняков на данной территории широко развит карст, образующий воронки диаметром 25-800 м. Типичны для этих мест и крупные обвалы,

состоящие из известняковых глыб и обломков мергеля [112, 113].

Наблюдаются в долинах рек и селевые потоки 62-86% территории республики подвержено плоскостной эрозии. Около 3 км на юге достигает овражная расчлененность [110]. Согласно исследованиям, наиболее распространенными являются эрозионные, оползневые, селевые, просадочные, обвально-осыпные, карстовые и суффозионные рельефообразующие процессы [112, 114].

Геоморфологическое строение территории и создание многочисленных террас определили тектонические движения и процессы денудации. В результате интенсивности и длительности этих процессов бассейн Днестра подвергся сильному расчленению, итогом которого являются волнистые, выпуклые, куполовидные, мысовидные, грядовые формы рельефа и хорошо выраженная овражно-балочная сеть на склонах [115].

В северной части Днестровская равнина включает комплекс верхнеплиоценовых террас, а в южной, кроме верхнеплиоценовых, еще и обширное поле четвертичных. В пределах этой равнины выделяют средне-днестровский и южно-днестровский геоморфологические подрайоны [110]. Поверхности трех террас Парканской, Слободзейской и Колкотовской четко выражены в рельефе ниже города Тирасполя, на профиле от села Глиное к селу Кучурган.

Высота поверхности Парканской надпойменной террасы 3 - 5 метров, она широко распространена в нижнем течении Днестра и охватывает довольно крупные массивы плавней шириной до 10-20км. Терраса сужается в северном направлении вверх по течению реки и в дальнейшем лишь в местах общего расширения долины можно заметить ее фрагменты. Ее низкое гипсометрическое положение в низовьях реки объясняется современными и голоценовыми опусканиями зоны, посредственно прилегающей к побережью Черного моря.

Впервые стратотип Парканской надпойменной террасы у села Парканы был описан Л.Ф. Лунгерсгаузенем [116]. Он считал относительную отметку ее поверхности над уровнем моря 7-8 метров и назвал ее Парканской, безлессовой террасой. По мнению других исследователей, к этому уровню относится надпойменная поверхность у города Сороки с высотой кромки 5 - 9 метров, сопровождающаяся лессовым горизонтом. Позднечетвертичный этап геологической истории характеризует выработку цокольной поверхности террасы и накопление аллювиальной толщи песков, гравия и галечника. Относительную бедность фауны в отложениях террасы отмечают П.Ф. Годжик и А.Л. Чепалыга [117]. К.Н. Негадаев-Никонов [118] при изучении фауны остракод тоже приходит к такому же выводу. По мнению А.Л. Чепалыги [119] образование Парканской

террасы произошло в период молодого-шекснинского межледниковья и ошашского оледенения. При описании палеолитических неолитических стоянок С.Н. Бибиков [120] отмечает, что возраст верхних горизонтов осадков надпойменного уступа Днестра составляет 5500 - 6000 лет.

Высота поверхности Слободзейской надпойменной террасы 18-28 метров. На поперечных профилях долины Днестра отчетливо выражена ее поверхность. Преимущественно на левобережье в нижнем течении она образует обширные поля с характерным для них слаборасчлененным, равнинным рельефом. В районе сел Гура-Быкулуй и Варница с севера, происходит ограничение развития широкого поля слободзейской террасы участком резкого сужения древней долины. Для данной террасы характерен типичный разрез аллювиальных отложений. На отрезке между селами Хаджимус и Варница изучены ее морфология и изменение гипсометрии цоколя. Установлено, что выдержанность ее относительной высоты в пределах 3-10 метров является основной особенностью гипсометрии террасы. Резкие изменения высоты, связанные с разломной тектоникой, возможны лишь на участках новейшего тектогенеза. Причем аномальные высоты поверхности (25-35метров), в некоторых случаях, связаны с перекрытием делювиально-коллювиальными отложениями нижних частей склонов.

Согласно И.К Иванову и Г.И. Попову [121]. Слободзейская терраса образовалась в период мекулинского межледниковья и начала калининского оледенения. Наиболее изученной террасой является Колкотовская. Ее аллювиальные отложения в виде широких полей распространены в нижнем Приднестровье в основном в Левобережье. Площадь распространения террасы может свидетельствовать о существовании, в период формирования ее осадков обширной аллювиальной равнины на участке от города Григориополь до устья. Название террасе дал в 1938 году Лунгерсгаузен и эти аллювиальные отложения известны, как “тираспольский гравий” [122]. Высота террасы 50-60 метров. Ее характерной особенностью в строение аллювиальной толщи, является наличие двух пачек (нескольких слоев, объединённых общностью условий образования и состава) разделенных пачкой глины. Наиболее древней является нижняя, она залегает на отложениях сармата, состоит из русловых песчано-гравийно-галечных осадков и насыщена костными останками млекопитающих [123]. Верхняя толща аллювиальных отложений состоит из гравийно-галечных осадков перекрытых среднезернистыми песками. Можно предположить, что пески этой пачки образовались в период отклонения основного русла Днестра к западу и соответствует старичным отложениям. Наблюдаемые разрезы такого рода, характеризующиеся двойным строением известны, как южнее, так и

севернее города Тирасполь.

В долине реки Днестр мощность водоносного пласта изменяется от 4 м возле города Дубоссары и до 15-20 м в плавнях реки. Средний расход воды составляет - 310 м³/сек, объем годового стока - около 10 км.²в год. Минерализация грунтовых вод колеблется от 330 мг/л у г. Рыбницы до 2500мг/л у с. Маяки. В зоне Кучурганского водохранилища до 1985 года, минерализация воды в среднем и нижнем участке не превышала 1200мг/л, составляя в среднем около 900 мг/л, и относилась к гидрокарбонатной группе кальция и магния второго типа, согласно классификации Алекина, а в настоящее время, эта величина возросла почти вдвое [99]. В водосборном бассейне почвы неоднородны. Основу материнских пород для формирования почв, составляют богатые минеральными веществами моренные суглинки, а также пески. Первичные минералы, участвующие в породообразовании, представлены кварцем (20-72%), полевыми шпатами (7-22%), слюдами (5-12%) и хлоритом (1 -5%).

Глинистая часть пород содержит одну ассоциацию минералов, которую составляют: (9-49%)-сметтит, иллит-сметтит, (0-5%)- хлорит и такое же количество каолинита [127]. Разнообразие почвообразующих пород и неоднородность природных условий обусловили мозаичность почв региона. Наибольшую часть земельного фонда в республике занимают черноземы (более70%). В южной части на террасах рек, и особенно на левобережье Днестра, больше распространены обыкновенные и карбонатные черноземы, там где абсолютные величины высот составляют 100-200 м. В центральной и южной частях Молдовы встречаются эродированные черноземы, составляющие около 19% [125]. Исследование содержания микроэлементов в почвообразующих породах [111, 126] показали, что глинистые породы богаче микроэлементами, чем суглинки и супесчаники.

Содержание титана и свинца в почвообразующих породах Молдовы такое же, а содержание меди, цинка, марганца, никеля, молибдена ниже кларковых величин. В.П. Кирилук [127] отмечает, что в почвах республики выше уровень содержания таких элементов, как бор, цинк, свинец, молибден, кобальт, стронций и ниже уровень содержания бария, бериллия, хрома, марганца, вольфрама. Это обусловлено своеобразными геохимическими условиями формирования территории Молдовы.

Если сравнить с кларковыми значениями, то в целом почвы Молдовы обогащены медью, цинком, свинцом, молибденом и серебром.

Интенсивные эрозионные процессы не обошли стороной и территорию Молдовы, в результате с твердым стоком за год смывается 75005 т титана, 515 т ванадия, 16501 т марганца, 1822 т никеля, 557 т молибдена, 514 т меди, 3327 т цинка, 558 т свинца.

Почти 40% земель сельскохозяйственного назначения, занимают смытые почвы и их площадь продолжает расширяться со скоростью до 0,36% в год [128]. Даже в бассейне нижнего течения Днестра, где смыв почв не такой значительный, только за счет эрозии снижение плодородия почв пахотных земель составило 43,4% [129].

По расположению Кучурганское водохранилище вытянуто в направлении с северо-востока на юго-запад и является продолжением долины впадающей в него пересыхающей летом речки Кучурган. Название «лимана» водохранилище носит по праву, так как представляет собой сохранившейся северо-восточный развилок мелководного Днестровского лимана, простиравшегося на север. Достаточно возвышены правый и левый берега лимана, которые довольно круто спускаются в некоторых местах к водной поверхности, оставляя узкую прибрежную полосу. Для лимана характерен довольно ровный профиль дна с постепенным наращиванием глубин от берегов к осевой части и от низовья к верховью.

Дно водоема покрыто в основном черными и серыми илами, местами с примесью ракушечника, песка или детрита. Песчаные места наблюдаются лишь в верхнем участке. Периодически закачиваемые из протока Турунчук воды, обеспечивают в настоящее время водное питание водоема - охладителя, в то время, как ранее сообщение протока с лиманом в половодье осуществлялось Стояновым гирлом [130]. В водном балансе водоема определенную роль играют местный поверхностный сток и подземные источники. Вода высокоминерализованной с небольшой мощностью реки Кучурган впадает в верхнюю часть водоема. В водохранилище уровень воды регулируется в зависимости от потребности теплоэлектростанции и составляет около 3,5 м.

В весеннее время значительная часть воды из водоема - охладителя спускается в Турунчук, в результате уровень воды уменьшается до 0,8-1,2м и затем из Турунчука закачивается свежая вода. Этот процесс называют «продувкой» водоема и он необходим для снижения засоления воды.

В среднем объем воды в водохранилище составляет 88 млн.м.³ При резком увеличении уровня воды в Днестре и в протоке Турунчук, происходящем в период весеннего половодья и высоких летне-осенних паводков, часть воды поступает через затопляемо - переливную плотину и в водоем-охладитель. Так как средний годовой

сток реки Кучурган не превышает 5 млн.м³, ее влияние на колебания уровня воды в лимане незначительно.

В зону активной циркуляции воды охлаждающей системы ТЭС, входят нижний и средний участки водохранилища. Неравномерное, горизонтальное распределение температуры воды, характерно для нижнего и частично среднего участка водоема - охладителя. В перемешивании нагретой воды и в процессе теплообмена определенную роль играют потоки ветра [131]. Качество воды Кучурганского водохранилища, в связи с тем, что оно является водоемом охладителем Молдавской ТЭС, находится под прямым влиянием функционирования теплоэлектростанции, способствующей термофикации и загрязнению воды выбросами. В результате водоем сильно эвтрофирован [132]. В то же время, это водоем рыбохозяйственного назначения, который зарыбляется молодь карпа, карася, растительноядных рыб.

В 80-90 годы прошлого столетия уровень минерализации воды в нижнем участке водоема не превышал 900 – 1200 мг/л, а в верхнем участке не превышал - 2000 мг/л. В настоящее время, в верхнем участке водохранилища, величина минерализации периодически превышает 3800 мг/л, а в нижнем - более чем в 85% случаев и эта величина находится в интервале 1600 – 1900 мг/л [133]. Сегодня вода Кучурганского водоема-охладителя на всех участках характеризуется как сульфатно-магниевая, второго-третьего типа в соответствии с классификацией Алекина [134]. В водоеме-охладителе прослеживаются и интенсивные процессы осолонения и вторичного загрязнения, так если величина жесткости воды в 1992 – 1995 гг. была менее 10 мг-экв/л, то в 2008 г. она превысила 18 мг-экв/л [102].

Кучурганское водохранилище давно привлекает внимание гидробиологов Молдовы [135], которые в течение определенных временных периодов проводили систематические исследования динамики развития гидробиоценозов в зависимости от функционирования теплоэлектростанции.

В частности еще В.М. Шаларь [136] считал фитопланктон лимана довольно бедным, как в видовом составе, так и по количественным характеристикам. На современном этапе одним из основных компонентов фитопланктона Кучурганского водохранилища являются сине-зеленые водоросли, их среднегодовая численность колеблется в пределах 1,44-20,3 млн.кл/л, а биомасса между 0,15-5,20 г/м³.

По данным Н.В. Смирновой-Гараевой [137] в 1962 г до запуска Молдавской ТЭС в лимане было отмечено 68 видов высшей водной растительности. В составе водной флоры Кучурганского водохранилища в 2010-2014 гг выявлены лишь 15 видов высших

растений, относящихся к 11 семействам. Тростник южный *Pragmitis australis* (Cavanilles, 1799) является доминирующим, площадь его зарастания составляет 19% от всей площади водоема [138].

Зоопланктон Кучурганского водохранилища формируют *Rotatoria*, а также ракообразные *Cladocera* и *Copepoda*. В последнее время на всех участках Кучурганского водохранилища в составе зоопланктона преобладали коловратки, их соотношение по численности составляет 74,3% от его качественного состава [139].

В сравнении с другими водоемами аналогичного типа донная фауна Кучурганского водохранилища характеризуется высокими показателями численности и биомассы и значительным видовым разнообразием. По численности и биомассе в «мягком» зообентосе доминирующее положение занимает олигохетно-хиромидный комплекс. При этом олигохеты выполняют важную роль в процессах илообразования, которые при биомассе в Кучурганском водохранилище 6,88г/м², за сутки на 1м² площади дна перерабатывают от 27 до 41 грамма ила [140]. Донная малакофауна водоема представлена в основном дрейссеной *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), реже встречаются *Lithoglyphus naticoides* (C.Pfeiffer, 1828), *Theodoxus fluviatilis* (Linnaeus, 1758), *Viviparus contectus* (Millet, 1813), *Valvata piscinalis* (Müller, 1774) и *Hypanis pontica* (Eichwald, 1838).

Исследования ихтиологов показали, что в зависимости от их интенсивного развития изменяется и биоразнообразие ихтиофауны [141]. В настоящее время ихтиофауна водоема-охладителя представлена 40 видами рыб, относящимся к 12 семействам: из которых к карповым относятся - 19 видов, к бычковым- 8, к окуневым – 3, к сельдевым - 2, а семейства щуковых, вьюновых, сомовых, атериновых, колюшковых, игловых и ушастых окуней составляют по одному виду [142]. Характерно, что в ихтиоценозе водохранилища возросла доля солнечного окуня с 0,5% в 2008 г до 11,7% в 2013 г, который поедая икру и личинок ценных видов рыб, негативно влияет на промысловую ихтиофауну [143].

Кучурганское водохранилище расположено в зоне умеренно-континентального климата. В данном районе климат формируется под воздействием, как континентальных, так и морских воздушных масс. Основные климатообразующие факторы по своему характеру и интенсивности различаются сезонно. В зимний период года прохождение западных и северо-западных циклонов сопровождается потеплениями, достаточно сильными ветрами, а в последние два года и снегопадами.

На фоне температурных колебаний весной вследствие ее общего возрастания, с поверхности почвы и воды увеличивается испарение. Кратковременное снижение температуры нередко наблюдается в апреле и начале мая. За счет прогрева земной поверхности и большой повторяемостью ясных дней летний сезон отличается значительным повышением температуры воздуха. Преимущественно сухая и теплая погода удерживается и в первой половине осени. Следует отметить, что в последнее десятилетие преобладает антициклональный тип погоды [144].

Таким образом, материалы о физико-географических условиях региона и о современном состоянии экосистемы изучаемого водоема, способствовали интерпретации наших исследований по воздействию функционирования теплоэлектростанции на Кучурганский водоем-охладитель Молдавской ТЭС.

2.2. Использованные методы лабораторных исследований

Нами были проведены исследования на протяжении 2011-2015 гг. В течение данного периода с разных участков Кучурганского водоема - охладителя Молдавской ТЭС, а также с водоподающих и водоотводящих каналов станции посезонно отбирались пробы воды (193 пробы), донных отложений (22 пробы) и более 230 образцов необходимого биологического материала (водные растения, зообентос, рыба). А также нами были отобраны и подвержены анализу пробы воды, взвешенных веществ и гидробионтов, взятых из протока Турунчук и речки Кучурган (24 пробы). Для того чтобы оценить уязвимость окружающей среды на дымовые выбросы теплоэлектростанции, нами были собраны образцы (26 проб) атмосферных осадков (дождь, снег) на территории станции и вблизи расположенном населенном пункте. Фундаментальное значение в выполнении поставленных задач сыграла многолетняя база данных Лаборатории гидробиологии и экотоксикологии Института зоологии АН Республики Молдова, о химическом составе воды, взвешенных веществ, донных отложений, состояния гидробионтов и в том числе о динамике содержания металлов в экосистеме Кучурганского водохранилища – охладителя Молдавской ТЭС начиная с 80-х годов прошлого столетия.

Материалы о качественном и количественном составе используемого на станции топлива нам любезно предоставила администрация ТЭС.

Пробы воды отбирались в полиэтиленовые банки объемом в 3 литра в соответствии со стандартами, адаптированными на национальном уровне [145].

В течение первых суток, или непосредственно на месте отбора, пробы воды фильтровались, через мембранные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм и затем подвергались дальнейшей обработке в лаборатории.

Донные отложения отбирали бентометром Гурвича-Цееба [146] в который, в целях исключения контакта пробы с металлическими частями микробентометра, вставлялась специальная трубка из плексигласа. Для получения иловых растворов, пробы донных отложений центрифугировали в течение 30-40 мин при 2500-3000 об/мин. Для анализа валового содержания компонентов ила, пробы высушивали на стекле, затем размельчали, просеивали и отбирали определенную навеску для дальнейшего анализа.

Для определения процента влажности, пробы гидробионтов (зоопланктон, зообентос и макрофиты) промывали природной водой, споласкивали бидистиллятом, просушивали на фильтровальной бумаге, взвешивали, затем высушивали в термостате при температуре не более 105 °С до постоянного веса. Для дальнейшего химического анализа пробы измельчали, отбирая определенную точную навеску. Микроэлементы в моллюсках определяли, как в целых особях, так и отдельно в раковинах и мягких тканях.

Для оценки динамики главных ионов и величин минерализации, были использованы классические методы [147], отраженные в соответствующих стандартах ЕС [148, 149], в основе которых положены гравиметрические (сульфаты) [148] и титриметрические методы химического анализа: щелочность, гидрокарбонаты [150, 151], хлориды [152], жесткость как сумма кальция, магния, натрия и калия. Концентрации главных ионов рассчитывали в мг/л и мг-экв/л, общей жесткости – в мг-экв/л, минерализацию в мг/л. В последние годы кальций, магний, натрий, калий определялись и методом атомной абсорбции и атомной эмиссии в индуктивной плазме на спектрофотометрах AAAnalyst 500 и Thermo Scientific iCAP 6200 [153, 154].

Общую минерализацию мы рассчитывали по сумме главных ионов и периодически – весовым методом. Биогенные элементы определяли в основном спектрометрическими методами – ионы аммония [155, 156], нитритные ионы [157], нитратные ионы [158], азот органический [159], фосфор минеральный [160] и суммарный фосфор [161], кремний, железо [162] с использованием спектрофотометров UV-VIS SPECORD 210+.

Для оценки количества органических веществ, проводили определения на основе анализа перманганатной [162] и бихроматной [163] окисляемости воды, или как принято в современной интерпретации - индекса химического потребления растворенного кислорода на окисление органического вещества по перманганату и по бихромату калия.

Микроэлементы-металлы и металлоиды определяли в профильтрованной воде, подкисленной непосредственно на месте сбора проб азотной кислотой, особой чистоты. И в иловых растворах, полученных при центрифугировании свежесобраных илов при 2500-3000 оборотах в минуту, профильтрованных и тоже подкисленных азотной кислотой. Уровень накопления металлов и металлоидов в водных растениях, донных беспозвоночных и в тканях рыб определяли после их «мокрого озоления» смесью азотной и соляной кислот [164].

И проводили исследования методами атомной абсорбции и атомной эмиссии [153, 154, 157]. Использовали спектрофотометры AAnalyst 500 и Thermo Scientific iCAP 6200-ICP-OES. Анализ проб проводился в Лаборатории гидробиологии и экотоксикологии Института зоологии Академии наук Молдова. Полученные для исследования материалы были подвергнуты математической обработке, по общепринятым в статистике методам, с применением современных компьютерных программ Microsoft Excel-5, Statistica.

2.3. Выводы к главе 2.

1. Степень влияния любого источника загрязнения зависит во многом от физико-географических особенностей региона, анализ которого детально описан в данной главе. Здесь же приводится материал о водном балансе Кучурганского водоема-охладителя и степени его изученности.
2. Собран гидробиологический материал и иловые отложения из Кучурганского водоема охладителя Молдавской ГРЭС, а также атмосферные осадки, для оценки прямого воздействия теплоэлектростанции на гидрохимический режим и качество воды в водохранилище.
3. С применением современного оборудования и на основе новейших методик изучения окружающей среды, таких как атомная абсорбция и атомная эмиссия были исследованы пробы воды, иловые отложения, водные растения и животные на предмет накопления микроэлементов-металлов и металлоидов (V, Mo, Ni, Pb, Cu, Zn, Cd, Sr, Bi, As).
4. Были исследованы пробы воды, иловые отложения, водные растения и животные на предмет накопления микроэлементов металлов и металлоидов (V, Mo, Ni, Pb, Cu, Zn, Cd, Sr, Bi, As) с применением современного оборудования и на основе новейших методик изучения окружающей среды, таких как атомная абсорбция и атомная эмиссия.

ГЛАВА 3. ДИНАМИКА СООТНОШЕНИЯ ГЛАВНЫХ ИОНОВ, МИНЕРАЛИЗАЦИИ, БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ КУЧУРГАНСКОГО ВОДОЕМА

Кучурганский водоем-охладитель это де-факто составляющая часть технологического процесса функционирования энергетического предприятия Молдавская ГРЭС. Так как водоем является в первую очередь охладителем, становится понятным, что тепловое воздействие теплоэлектростанций на него, даже в пределах установленных нормативов, приводит к изменению гидрохимического и гидробиологического режимов и в целом к нарушению естественного функционирования водной экосистемы. В этой связи мониторинг химического состава и состояния сообществ водных растений и животных является обязательным не только с точки зрения сохранения экологического равновесия водной экосистемы, но и составной частью природоохранных мероприятий по предотвращению негативного влияния и соблюдения безопасности функционирования гидроэнергетического предприятия.

В 80-е, 90-е годы прошлого столетия отмечались самые высокие показатели температуры воды в Кучурганском водоеме - охладителе, превышающие нормативы в 2-5 раза. Так температура воды в сбросном канале в этот период достигала почти 36 °С и выше. В зимнее время года водоем практически не замерзал. Следует отметить, что и в настоящее время водохранилище – охладитель Молдавской ТЭС относится к сильно перегреваемым водоемам.

Неоднократно отмечено неизбежное превышение в летнее время установленных норм термофикации в водоеме-охладителе, что в результате приводит к ухудшению технических, санитарно - химических и биологических свойств воды и изменению экологического состояния воды в целом.

Процесс превышения температуры бумерангом отражается практически на всех гидрохимических параметрах воды, и в особенности на концентрации растворенных газов (кислорода, диоксида углерода, сероводорода), содержания главных ионов (сульфатных, хлоридных анионов и катионов магния, натрия и калия), величину минерализации . В результате термофикации водоема меняется и соотношение концентрации биогенных элементов - соединений азота (аммонийных, нитратных, нитритных, органических) и фосфора (минерального и органического).

Многолетние исследования Лаборатории Гидробиологии и Экотоксикологии Института зоологии АН Республики Молдова показали, что концентрация растворенного кислорода на открытой акватории водоема в прошлые годы, варьировала чаще всего в

диапазоне 9,2-10,5 мг/л и за редким исключением опускалась ниже значения 65% насыщения. В придонных слоях воды периодически, чаще всего в зарослях верховья, при жаркой погоде или в подледный период наблюдалось выделение сероводорода и метана. Процесс поступления сероводорода в водную среду может быть связан с процессом сульфатредукции сульфатов и увеличения концентрации сульфидов при дефиците растворенного кислорода [99]. В последнее время процессы выделения сероводорода в водную толщу прослеживаются практически по всей акватории водоема- охладителя, причем концентрации кислорода опускались до 5,4-6,2 мг/л – в дневное время, а значит в предутренние часы уровень кислорода был критическим для гидробионтов.

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

Главные ионы (гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, кальций, магний, натрий и калий) и их сумма или минерализация воды относятся к так называемым, консервативным или более-менее постоянным показателям качества природных вод. Ионный состав природных вод формируется в зависимости от состава горных пород, почв, гидрологических особенностей водоемов и водотоков и жизнедеятельности водных организмов. Для этих показателей качества воды характерны сезонные колебания, как правило, в период половодий и паводков концентрации главных ионов минимальны, а в период летне-зимней межени – наоборот максимальны.

Кучурганский водоем-охладитель сегодня это зарегулированный техногенный водный объект. Величина минерализации в нем определяется качеством и количеством закачиваемой пресной воды из протока Турунчук (рукав реки Днестр) и впадающей в его верхний участок высокоминерализованной речки Кучурган. В связи с тем, что средний годовой сток речки Кучурган не превышает 5 млн.м³, ее влияние на колебания уровня воды в лимане незначительно. Но качество воды, ее химический состав во многом определяется интенсивностью функционирования Молдавской ГРЭС, так как водоем включен в технологическую карту предприятия.

Вода Кучурганского водоема используется для охлаждения агрегатов и других технических нужд. В водоем сбрасываются теплые воды через водоотводящие каналы. Для поддержания экологического равновесия водной экосистемы, в результате натурных моделей, которые были смоделированы на территории Экспериментальной базы Института зоологии АН Молдовы, были разработаны правила сброса вод из водоема и

закачки свежей воды из протока Турунчук. В настоящее время здесь закрытая зона станции с жилыми зданиями и соответствующей структурой.

Нормы сброса и закачки воды, в прошлые годы, согласовывались поквартально, в том, числе и при участии сотрудников Института, которые вместе с лабораторией станции проводили постоянное слежение за гидробиологическим, гидрохимическим режимом, в том числе и за состоянием ихтиофауны и продуктивностью водоема. Здесь же для повышения рыбопродуктивности, получали и выпускали в водоем личинок и молодь промыслово-ценных видов рыб. Кроме того на водоеме у канала второй очереди ГРЭС функционировала садковая линия выращивания карповых рыб. В случае обнаружения сероводорода (выделение которого наблюдали лишь в жаркое летнее время и подледный зимний период только в верховье водоема) применяли экстренные меры по предотвращению этого процесса. Так, 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, а в последние годы, он 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).

В верхнем участке, ранее величина минерализации была около 2000 мг/л, сегодня периодически превышает 3800-4000 мг/л. Факт негативного воздействия

функционирования Молдавской ГРЭС на качество воды в Кучурганском водоеме-охладителе, не вызывает никакого сомнения.

Увеличение минерализации воды обусловлено, в первую очередь, увеличением концентрации сульфатных и хлоридных анионов (рисунки 3.2 и 3.3), которые являются своего рода «сателитами» теплоэлектростанций, а также катионов магния, натрия и калия (рисунки 3.4 и 3.5).

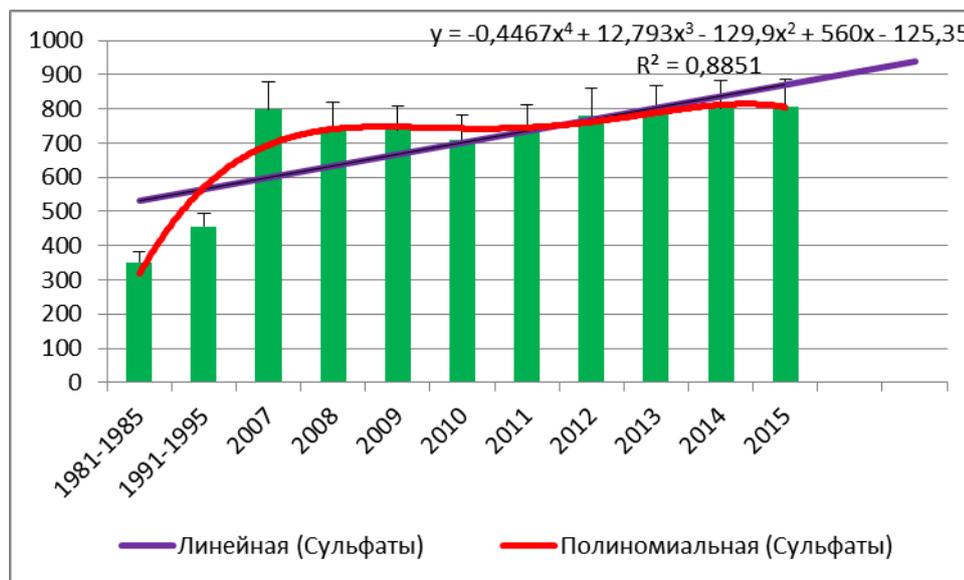


Рис. 3.2. Динамика среднегодовых величин концентрации сульфатов в воде (мг/л) нижнего участка Кучурганского водоема-охладителя в 1981-1995 и 2007-2015 гг.



Рис. 3.3. Динамика среднегодовых величин концентрации хлоридов в воде (мг/л) нижнего участка Кучурганского водоема-охладителя в 1981-1995 и 2007-2015 гг.

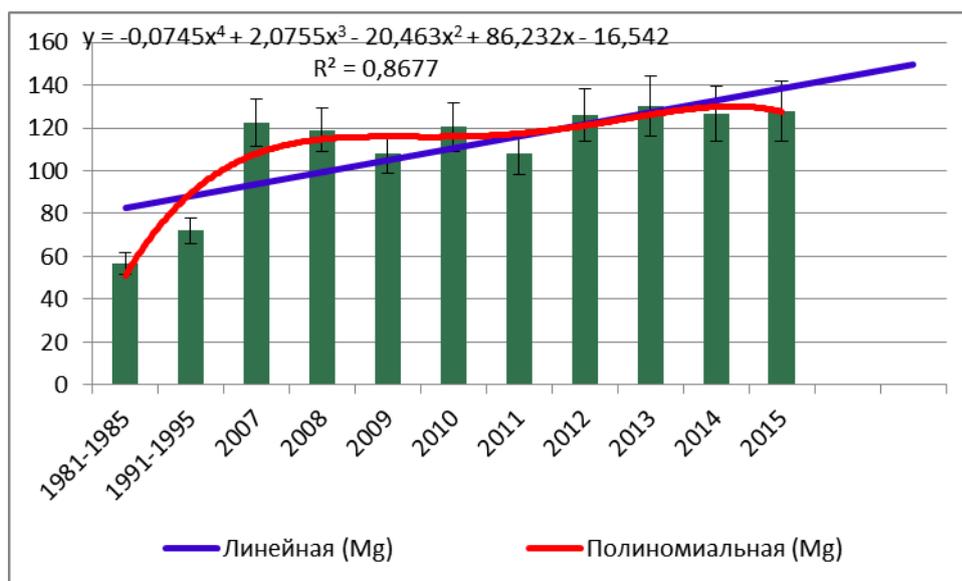


Рис. 3.4. Динамика среднегодовых величин концентрации магния в воде (мг/л) нижнего участка Кучурганского водоема-охладителя в 1981-1995 и 2007-2015 гг.



Рис.3.5. Динамика среднегодовых величин концентрации натрия-калия в воде (мг/л) нижнего участка Кучурганского водоема-охладителя в 1981-1985, 1991-1995 и 2007-2015 гг.

Общеизвестно, что двуокись серы и другие сернистые газы, которые формируются из воздушно-капельного кислорода и серы, поступают в атмосферу при сжигании всех видов топлива (уголь, мазут, газ).

Одним из самых токсичных сернистых газов является двуокись серы – SO_2 , он особенно токсичен в присутствии влаги, в атмосфере этот газ образует более сложные ассоциации с другими веществами, а в присутствии солнечного света и водяного пара двуокись серы в результате химической реакции преобразовывается в серную кислоту. В итоге этих процессов в водоеме происходит рост сульфатных ионов.

Доказательством загрязнения сульфатными соединениями, в результате работы ГРЭС, в том числе и через непосредственно дымовые выбросы, являются и данные анализа атмосферных осадков, отобранных в 2013-2015 гг. Установлено, что содержание сульфатных ионов в пробах дождевой воды и снега, собранных рядом со станцией (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}).

Нами отмечено так же, что в свежеснежившем снеге содержание сульфатов (7,6 мг/л SO_4^{-2}) почти в два раза ниже, чем в образце, пролежавшем сутки (11,56 мг/л SO_4^{-2}).

Динамика гидрокарбонатных анионов и катионов кальция в отличие от сульфатных, хлоридных анионов и катионов магния и натрия, относительно стабильна с тенденцией к понижению и обусловлена в основном процессами термофикации водоема, вернее испарением воды (рисунки 3.6 и 3.7).

Испарения и повышение рН воды способствует осадке кальциевых солей на гидротехнических сооружениях и даже на высших водных растениях.

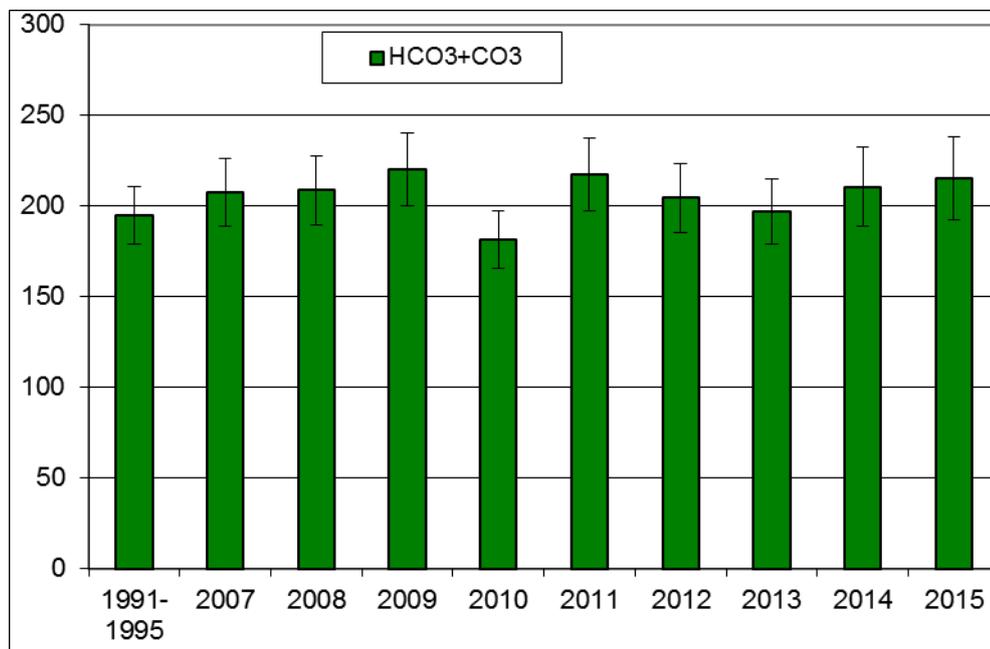


Рис. 3.6. Динамика среднегодовых величин концентрации гидрокарбонатных анионов в воде (мг/л) нижнего участка Кучурганского водоема-охладителя в 1991-1995 и 2007-2015 гг.

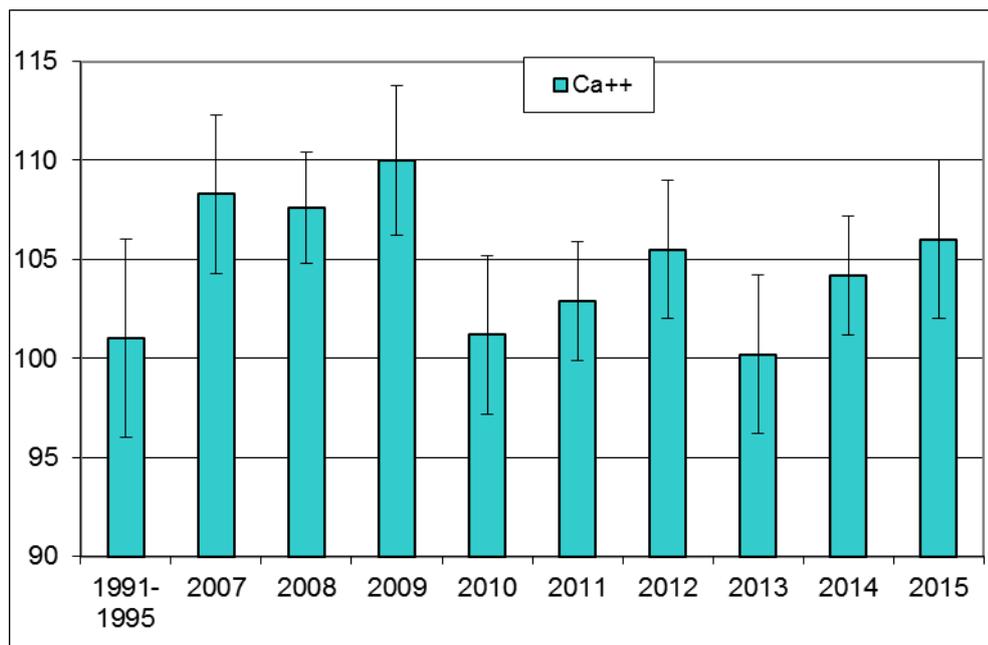


Рис. 3.7. Динамика среднегодовых величин концентрации кальция в воде (мг/л) нижнего участка Кучурганского водоема-охладителя в 1991-1995 и 2007-2015 гг

Понятно, что в верхнем участке водоема концентрации главных ионов и величина минерализации выше этих значений в нижнем участке (Таблица 3.1).

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

Верхний участок водоема в настоящее время это застойная, заросшая тростником и другой водной растительностью, часть водоема-охладителя. Илы здесь имеют неприятный сероводородный запах с большим количеством ракушек мертвой дрейссены. В последние годы минимальная минерализация в верхнем участке составляла 1827 мг/л и это было в образце, отобранном на стыке верхнего и среднего участков, при средней величине – более 3000 мг/л. Между средним и нижним участками разница не так явно выражена (Таблица 3.1).

Отсутствие надлежащего водообмена между водоемом и его основным источником пресной воды - протоком Турунчук, наряду с термофикацией, являются

одними из основных причин изменения величины минерализации и соотношения между главными ионами в водоеме-охладителе.

Соотношение главных ионов (рисунки 3.8 и 3.9) является одним из интегральных показателей качества воды именно по их соотношению в эквивалентных количествах, определяют класс (гидрокарбонатный, сульфатный, хлоридный), группу (кальция, магния, натрия) и ее тип (I – IV).

До 90-х годов вода в водоеме охладителе в верхнем участке, характеризовалась как гидрокарбонатно-сульфатная или сульфатно-магниевая в нижнем участке - гидрокарбонатная и гидрокарбонатно-сульфатная.

После 1994-1995 годов и по настоящее время вода практически на всех участках водоема-охладителя метаморфизировалась в сульфатный класс группы натрия, и временами - натрия-магния второго-третьего типа (рисунки 3.6 и 3.7) в соответствие с классификаций Алекина [134].

Такой переход воды от гидрокарбонатно-сульфатного типа на сульфатно-натриевый, свидетельствует о существенных антропогенных изменениях в экосистеме водоема и ее нестабильности.

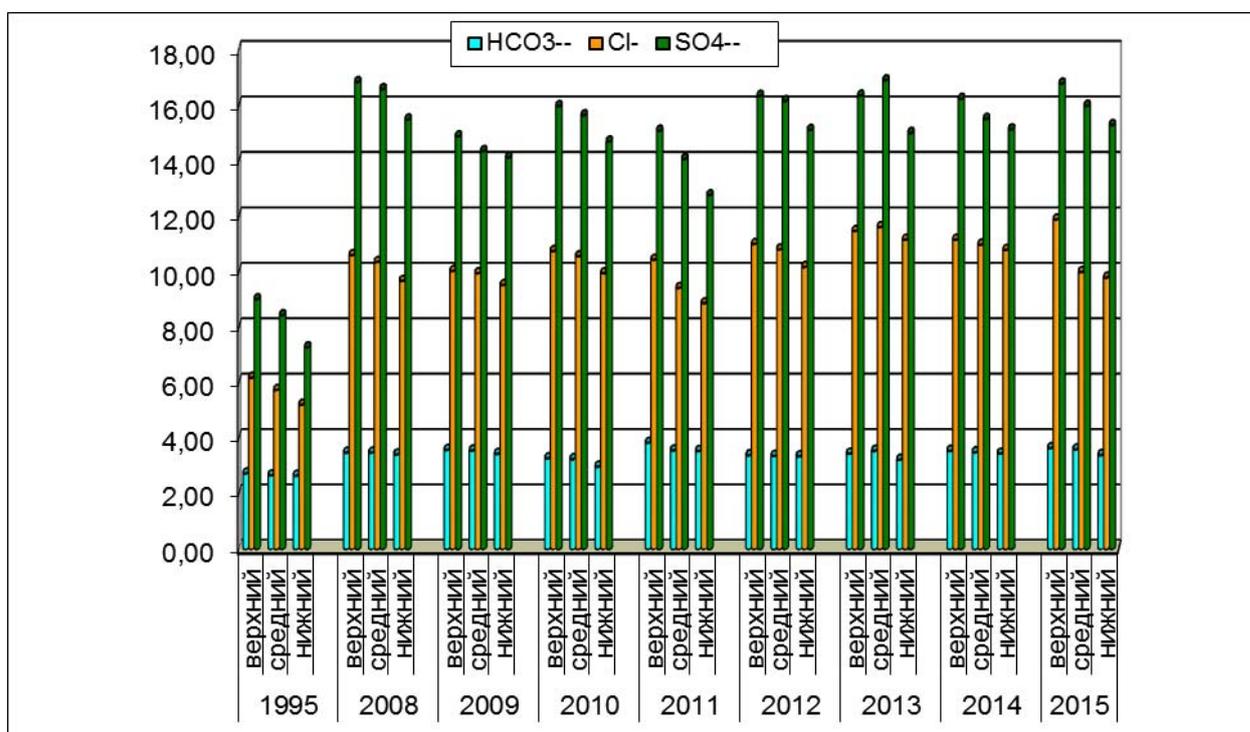


Рис. 3.8. Динамика среднегодовых величин концентрации главных анионов (гидрокарбонатов- HCO_3^- , сульфатов SO_4^{--} ; хлоридов Cl^-) в воде (мг-экв/л) по трем участкам Кучурганского водоема-охладителя в 1995 и 2008 -2015 гг.

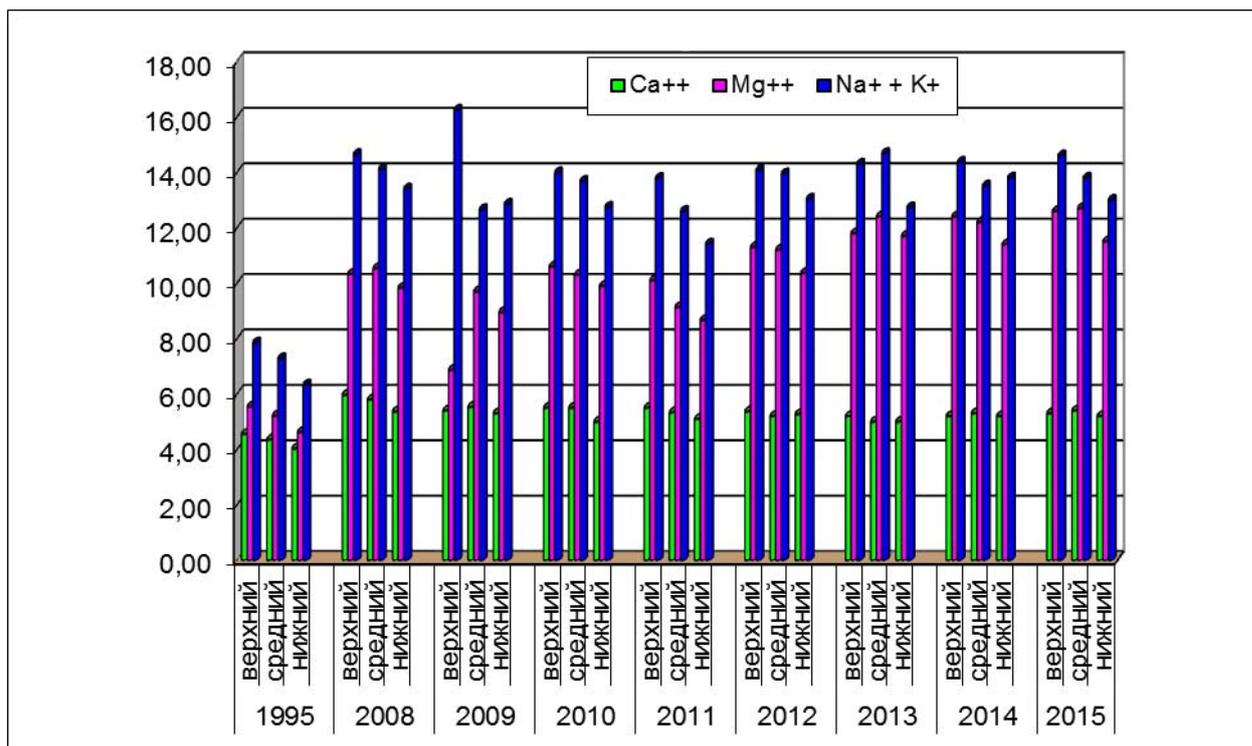


Рис. 3.9. Динамика среднегодовых величин концентрации катионов кальция, магния, натрия-калия в воде (мг-экв/л) по трем участкам Кучурганского водоема-охладителя в 1995 и 2008-2015 гг.

Фактически вода стала малоприспособленной для орошения сельхозугодий. Превалирование сульфатных анионов, при дефиците кислорода и является сегодня основной причиной присутствия сероводорода на большей части акватории водоема, что в целом отражается негативно на биоценозе экосистемы и качестве воды в Кучурганском водоеме. Следует отметить, что вода в протоке Турунчук относится к гидрокарбонатному классу группы, второго типа, в реке Кучурган – сульфатному классу группы магния.

Если проследить динамику жесткости воды в Кучурганском водоеме - охладителе, то следует отметить, что до 1995 года она даже в верхнем участке водоема-охладителя не превышала 10 мкг-экв/л, в нижнем была ниже 8 мг-экв/л, а в 2008 году – уже по всей акватории достигла 16 мг-экв/л (рисунок 3.10). При этом, ионы магния преобладают над ионами кальция не только в мг/экв/л, но и в мг/д (рисунки 3.4, 3.7 и 3.9). То есть вода в водоеме стала характеризоваться, как вода с высокой степенью магниевой - кальциевой жесткости, и это естественно отражается на ее качестве и ирригационных и технологических параметрах (агрессивность воды).

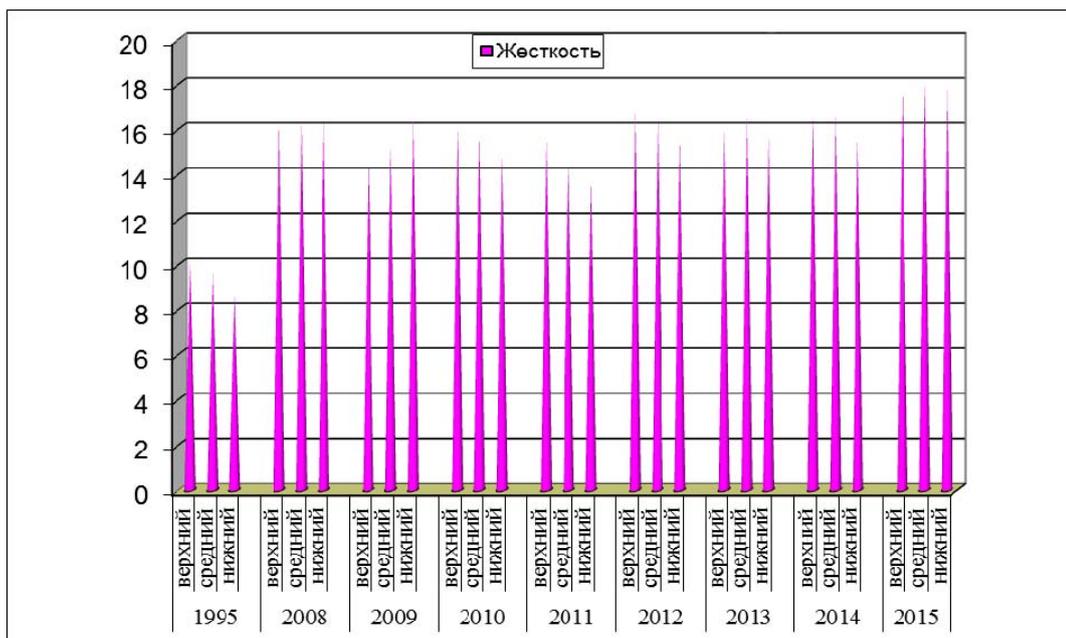


Рис. 3.10. Динамика среднегодовых величин жесткости воды (мг-экв/л) по трем участкам Кучурганского водоема-охладителя в 1995 и 2008-2015 гг.

Вышеизложенные факты свидетельствуют о глубоких изменениях, произошедших в динамике содержания главных ионов в экосистеме водоема - охладителя под влиянием функционирования Молдавской ГРЭС. Изменение величины минерализации, жесткости и соотношения между главными ионами связано не только с непосредственным загрязнением, а в большей степени с термофикацией водоема и недостаточным водообменом в водоеме - охладителе.

3.2. Динамика содержания биогенных элементов и органического вещества.

Биогенным или питательным элементам (соединения азота, фосфора, кремния, железа) принадлежит особая роль в жизни водных экосистем, так как они являются веществами, служащими трофической основой для первичных продуцентов в процессе формирования продукции водных экосистем. Но содержание этих элементов, в больших концентрациях, ведет к эвтрофикации и деградации водоемов и водотоков.

3.2.1. Динамика соединений азота

Аммонийный азот ($N-NH_4^+$). Источником ионов аммония в природных водных экосистемах являются процессы метаболизма водных растений и животных. Разложение

большинства органических веществ и в первую очередь белковых - сопровождается поступлением в водную среду ионов аммония, особенно при высоких температурах воды и низких концентрациях в ней растворенного кислорода.

Диапазон колебаний аммонийных ионов в многолетнем плане достаточно велик – от 0,002 мг N/л до 3,600 мг N/л. Так в 1981-1985 годах средняя концентрация азота аммонийного составляла 0,750 мг N/л, в этот же период и были отмечены концентрации выше 3 мг N/л. В 1991-1995 гг, при резком спаде в экономике и сельском хозяйстве, концентрации ионов аммония не превышали 0,25 мг/л, при средней величине 0,149 мг/л (рисунок 3.11).

С 2007 до 2011 года наметилась четкая тенденция роста концентраций азота аммонийного. Сезонная динамика выражена не во все годы исследования, но максимальные концентрации зарегистрированы нами летом, при высоких температурах воды и, временами – осенью, а минимальные - весной.

При всем этом следует отметить достаточно высокие концентрации аммонийного азота в пробах снега из зоны станции в пределах 0,372 - 0,630 мгN/л, что можно объяснить только влиянием дымовых выбросов теплоэлектростанции.

Тот факт, что, периодически концентрации аммонийного азота превышают концентрации азота нитратного, свидетельствует, как о наличие источника загрязнения, эквивалировании процессов аммонификации (разложении органических веществ при дефиците кислорода), так и о неблагоприятном газовом режиме водоема или, точнее, о низком содержании в воде растворенного кислорода.



Рис. 3.11. Динамика среднегодовых величин концентрации азота аммонийного в воде (мгN/л) Кучурганского водоема-охладителя в 1991-1995 и 2007-2015 гг.

Так в летнее время при концентрации кислорода менее 5-6 мгО₂/л, в поверхностных слоях воды уровень аммонийного азота составляет более 0,25-0,28 мгN/л, а в придонных горизонтах - более 0,33-0,35 N мг/л. В этом случае в водоеме преобладают восстановительные процессы, которые препятствуют процессам перехода азота аммонийного в процессе окисления в нитриты и нитраты.

Следовательно, такой уровень величины концентрации аммонийного азота в воде водоема- охладителя характеризует его, как эвтрофированный водный объект.

Азот нитритный (N-NO₂⁻). Наличие нитритов в поверхностных водах – это показатель наличия свежего загрязнения или интенсивных процессов разложения органических веществ и дефиците растворенного кислорода. Диапазон колебаний нитритного азота в последние четыре года составляет 0,004-0,042 N мг/л. (средние данные, полученные в течение многих лет, приведены на рисунке 3.12).

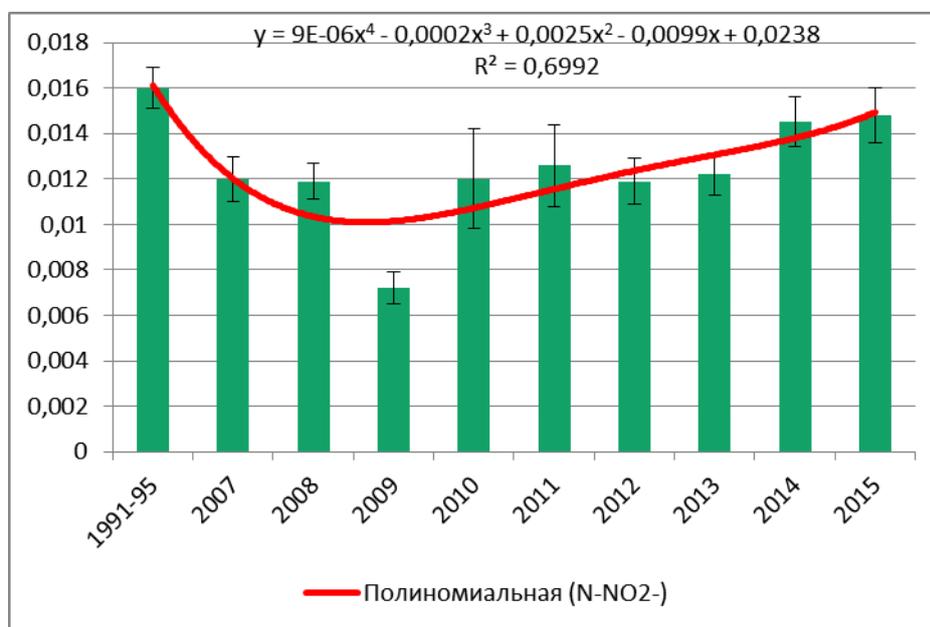


Рис. 3.12. Динамика среднегодовых величин концентрации азота нитритного в воде (мгN/л) Кучурганского водоема-охладителя в 1991-1995 и 2007-2015 гг.

Нитритные ионы азота, это самые неустойчивые, промежуточные соединения азота, их динамика менее стабильна, чем у аммонийных и нитратных ионов. В зоне теплоэлектростанции в атмосферных осадках уровень азота нитритного варьирует от 0,009 до 0,780 мг N/л, а в отдаленности от станции эта величина составляет - 0,002-0,008 мг N/л.

Таким образом, как и для азота аммонийного, дымовые выбросы и дефицит растворенного в воде кислорода играют главенствующую роль в динамике этих форм минерального азота в воде водоема-охладителя.

В придонных слоях воды и в иловых растворах концентрации нитритного, как и аммонийного азота заметно выше, чем в поверхностных. Причем в иловых растворах, содержание аммонийных и нитритных ионов на 1 - 2 порядка выше, чем в придонных слоях воды. Четкой сезонной динамики нитритного азота не выявлено, но чаще всего максимальные концентрации отмечены нами в летне-осенние периоды, а минимальные в весение.

Азот нитратный (N-NO₃⁻). Среди природных источников нитратных ионов в поверхностных водах следует назвать процессы нитрификации, а также образование азотных окислов в атмосфере в результате молниевых разрядов, ну а среди антропогенных факторов – это выброс хозяйственно - бытовых, промышленных и сельскохозяйственных сточных вод, поверхностные смывы с сельхозугодий и урбанизированных территорий. Многолетняя динамика этих ионов представлена на рисунке 3.13.

Как правило, ионы нитратного азота в поверхностных водах Молдовы являются доминантными по величине концентраций, в Кучурганском водоеме – концентрации аммонийных ионов азота периодически превышают концентрации нитратов (рисунки 3.11 и 3.13). Обусловлено это, главным образом, процессами термофикации водоема и преобладанием процессов аммонификации над процессами нитрификации, что и характерно для эвтрофированных водных экосистем.



Рис. 3.13. Динамика среднегодовых величин концентрации азота нитратного в воде (мгN/л) Кучурганского водоема-охладителя в 1991-1995 и 2007-2015 гг.

В атмосферных осадках уровень нитратных ионов достаточно высок и варьирует в зоне теплоэлектростанции в диапазоне 0,46-1,03 мгN/л, в отдалении от станции – 0,06 - 0,36, мг N/л. Влияние функционирования станции на динамику окислов азота, очевидно.

Минеральный азот. Общее содержание минерального азота (аммонийного, нитритного и нитратного) является одним из интегральных показателей, состояния водных экосистем. Диапазон колебания суммарного содержания минерального азота в воде Кучурганского водоема достаточно большой – от 0,0924 мгN/л до 0,8528 мгN/л.

Динамика среднееголетних величин концентрации минерального азота (рисунок 3.14), показывает достаточно четкую тенденцию к ее увеличению. Прослеживается параллель в многолетней динамике минерального азота с динамикой для аммонийного (рисунок 3.11).

Для естественных поверхностных вод, минимальные концентрации минерального азота характерны для летнего периода, в период интенсивного развития растительности (фитопланктона и макрофитов) и глубокой осенью - при разложении и минерализации растительных и животных остатков. Сезонная динамика минерального азота в Кучурганском водоеме-охладителе неоднозначна. Лишь в течение 2007 и 2009 годов максимальные концентрации были отмечены ранней весной, но в большинстве случаев максимальные концентрации минерального азота отмечены в летний период, и лишь один раз в осенний.

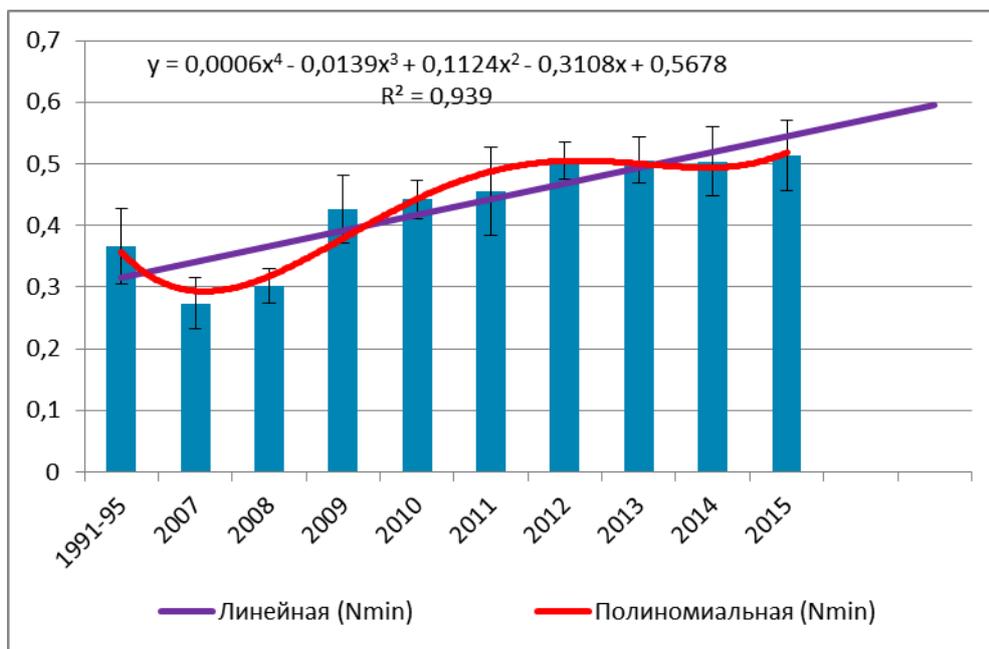


Рис. 3.14. Динамика среднегодовых величин концентрации минерального азота в воде (мгN/л) Кучурганского водоема-охладителя в 1991-1995 и 2007-2015 гг.

Необычно высокое содержание суммарного азота было зарегистрировано и в атмосферных осадках в зоне Кучурганской электростанции – 0,8582-1,622 мгN/л, что выше среднемноголетних его концентраций в самом водоеме.

Органический азот и соотношение минеральных и органических форм азота.

Азот органический – это комплекс органических азотсодержащих соединений, связанных с метаболизмом гидробионтов. В естественных незагрязненных водных экосистемах азот органический временами составляет от 50% до 70% его соединений от общего суммарного азота (азот минеральный + органический азот). В Кучурганском водоеме-охладителе концентрации органического азота превышают концентрации минерального азота если в 90-е годы в 1 - 4 раза, то в настоящее время – в 5 - 10 раз (рисунок 3.15.). Соотношение минеральных и органических форм миграции азота имеет огромное значение особенно для определения направленности биологических и биохимических процессов, а также процессов самоочищения и вторичного загрязнения водоемов и водотоков.

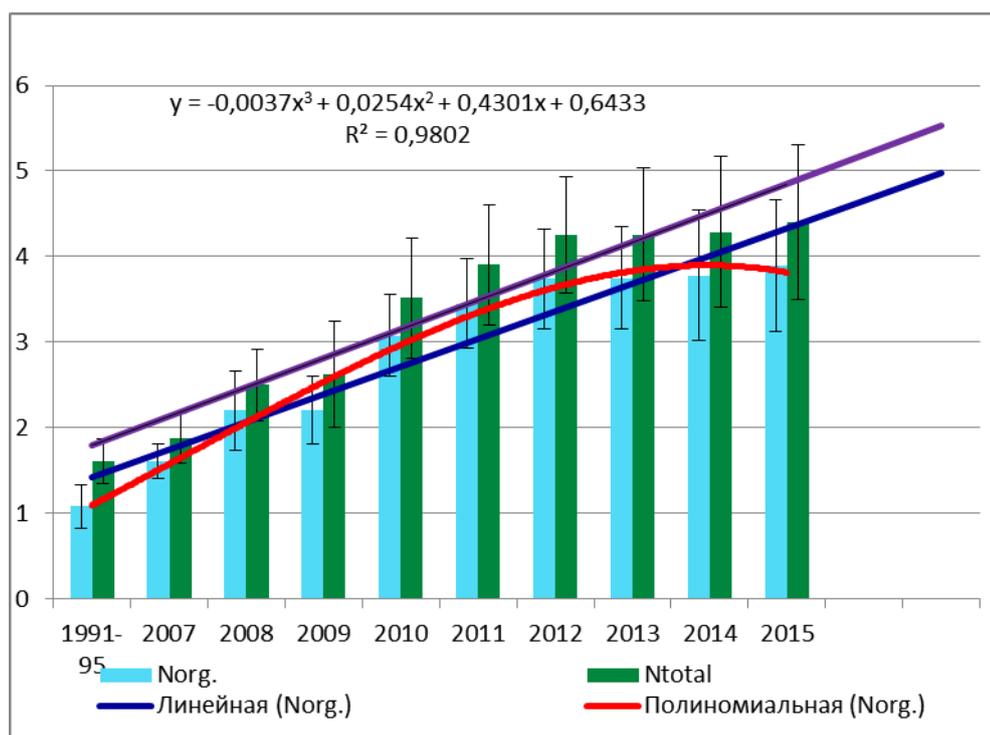


Рис. 3.15. Динамика среднегодовых величин концентрации органического (N_{org}) и общего или суммарного азота (N_{total}) в воде (мгN/л) Кучурганского водоема-охладителя в 1991-1995 и 2007-2015 гг.

Такое соотношение между минеральными и органическими формами миграции азота, свидетельствует об интенсивном эвтрофировании водоема. С нарушенным

равновесием в динамике биогенных или питательных элементов, фактически водоем можно отнести, к дистрофным водным экосистемам.

Уровень органического азота вырос за семь последних лет в 2 раза (рисунок 3.15). Таким образом, общее содержание суммарного азота в воде Кучурганского водоема - охладителя на протяжении последних лет увеличилось более чем в два раза, что связано с неблагоприятными внутри водоёмными процессами, протекающими в результате влияния на него термофикации, интенсивного зарастания макрофитами, отсутствием надлежащего менеджмента по поддержанию биологического и гидрохимического равновесия. По величине концентрации общего азота вода Кучурганского водоема относится к 3 - 4 классам качества - «загрязненная» - «грязная».

Кучурганский водоем - охладитель представляет собой технологический водоем, так как он является составляющей частью технологического процесса Молдавской теплоэнергетической станции. При проектировании данного объекта был разработан и многолетний план по поддержке экологического равновесия в водоеме - охладителе, включающий, в том числе и постоянный научный мониторинг его состояния, предусматривающий целый комплекс природоохранных мероприятий, зависящих от результатов экологического мониторинга водоема. На современном этапе все эти работы необходимо реанимировать.

3.2.2 Динамика соединений минерального, органического и суммарного фосфора.

Фосфорные соединения относятся к основополагающим биогенным элементам, от которых напрямую зависят продукционные процессы в водоемах и водотоках. Фосфор, зачастую называют лимитирующим показателем продуктивности той или иной водной экосистемы, так как его недостаток приводит к угнетению процессов фотосинтеза и развития гидробионтов в целом. В естественных водоемах и водотоках природными источниками фосфорных соединений служат вещества выделяемые гидробионтами в процессе метаболизма, почвы и горные породы гидрологических бассейнов водных экосистем. Среди антропогенных факторов, особое значение имеют неочищенные хозяйственно - бытовые, промышленные, сточные воды, поверхностный сток с сельскохозяйственных угодий, а также отходы животноводческих комплексов.

Фосфор минеральный. Именно минеральным формам соединений фосфора принадлежит огромная роль в функционировании первичных продуцентов органической продукции (фитопланктон, высшие водоросли, некоторые группы микроорганизмов).

Диапазон концентраций минерального фосфора, в Кучурганском водоеме - охладителе, в последние семь лет не превысил 0,15 мгР/л, тогда как в 90-е годы прошлого столетия его содержание было в два и более раз выше (рисунок 3.16). Это было обусловлено интенсивной химизацией сельского хозяйства региона.

В чистых естественных водных экосистемах уровень минерального фосфора, как правило, варьирует в интервале 0,0005-0,0050 мг Р/л.

В воде Кучурганского водоема его сезонная динамика слабо выражена, но максимальные концентрации прослеживаются в летние и осенние месяцы, а минимальные, чаще всего отмечаются весной, хотя в апреле 2013 года в верхнем и среднем участках водохранилища были зарегистрированы самые высокие концентрации минерального фосфора за этот год (0,079 мгР/л).

В более, чем в 70% случаев в среднем и верхнем участках водоема-охладителя концентрации минерального фосфора выше, чем в нижнем приплотинном участке.

В атмосферных осадках концентрация минерального фосфора варьировала от 0,26 до 0,45 мгР/л, в отдаленных от ГРЭС районах, полученные значения значительно меньше - 0,006-0,014 мгР/л.

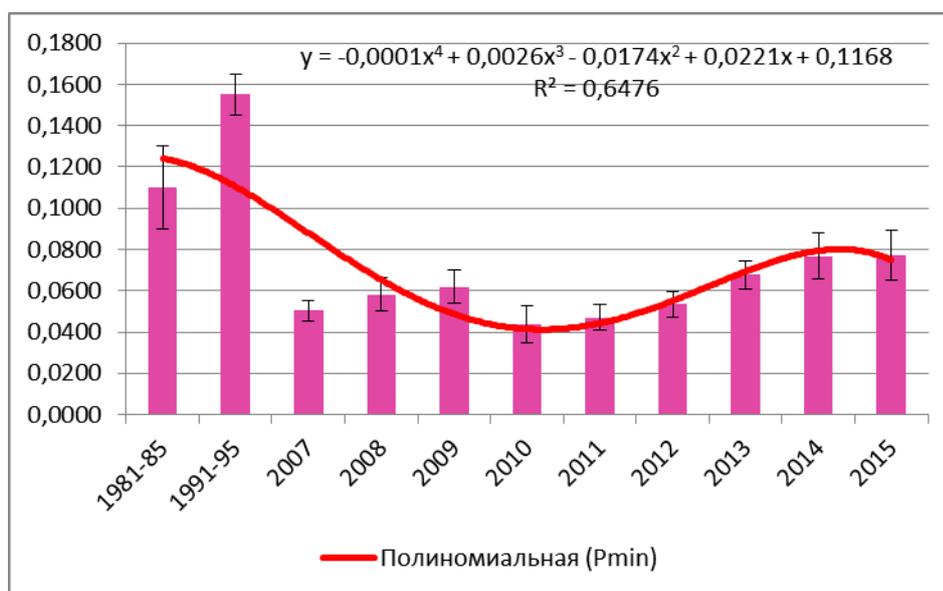


Рис. 3.16. Динамика среднегодовых величин концентрации минерального фосфора в воде (мгР/л) Кучурганского водоема-охладителя в 1981-1985, 1991-1995 и 2007-2015 гг.

Фосфор органический. Если концентрация минерального фосфора в водохранилище в последние семь лет значительно ниже, чем в 80-90-е годы, то концентрация органического фосфора, наоборот, более чем в пять раз выше (рисунок

3.17). А также соотношение органического фосфора к минеральному, в последние годы составило 0,20/0,08 в сравнении 0,06/016 – в 90-е и 0,026/0,118 – в 80-е годы прошлого столетия (рисунки 3.16 и 3.17). То есть, если в прошлые годы концентрации минерального фосфора были выше, чем органического, то теперь наоборот и это свидетельствует о загрязнении воды Кучурганского водоема органическими соединениями.

Такое соотношение между органическими и неорганическими формами миграции фосфора не характерно для естественных, нормально функционирующих водных экосистем и указывает на неблагоприятную ситуацию в исследуемом водоеме. Это свидетельствует также о протекании гнилостных процессов в водоеме, низком уровне минерализации и, окисления органических веществ, следовательно, процессы вторичного загрязнения экосистемы Кучурганского водоема преобладают над процессами самоочищения воды.

Концентрация органического фосфора в атмосферных осадках в зоне ГРЭС варьирует от 0,036 до 0,078 мгР/л, вне зоны – от 0,005 до 0,014 мг Р/л.



Рис. 3.17. Динамика среднегодовых величин концентрации органического фосфора в воде (мгР/л) Кучурганского водоема-охладителя в 1981-1985, 1991-1995 и 2007-2015 гг.

Общий фосфор. Концентрации общего растворенного фосфора (минеральный + органический) в природных незагрязненных реках и водоемах не превышает 0,02 мгР/л.

Многолетние наблюдения показали, что диапазон колебаний общего фосфора в водоеме-охладителе Молдавской ГРЭС претерпел существенные изменения. До 90-х

годов преобладали минеральные формы фосфора в общем фосфоре. Затем общее содержание фосфора резко снизилось (в начале 2000 годов), а после 2007 года прослеживается четкая динамика роста концентрации общего фосфора и происходит это, главным образом, за счет резкого увеличения органического фосфора (рисунок 3.17). Средние значения многолетней динамики общего фосфора в воде Кучурганского водоема представлены на рисунке 3.18.

Если рассмотреть сезонную динамику то более, чем в 78% случаев, максимальные величины концентраций прослеживаются в летний период и около 20% случаев – в осенний период. При этом максимальные концентрации наблюдаются в среднем и верхнем участках водоема.

По величине концентрации общего фосфора, вода относится к 3-4 классам качества - «загрязненная» - «грязная».

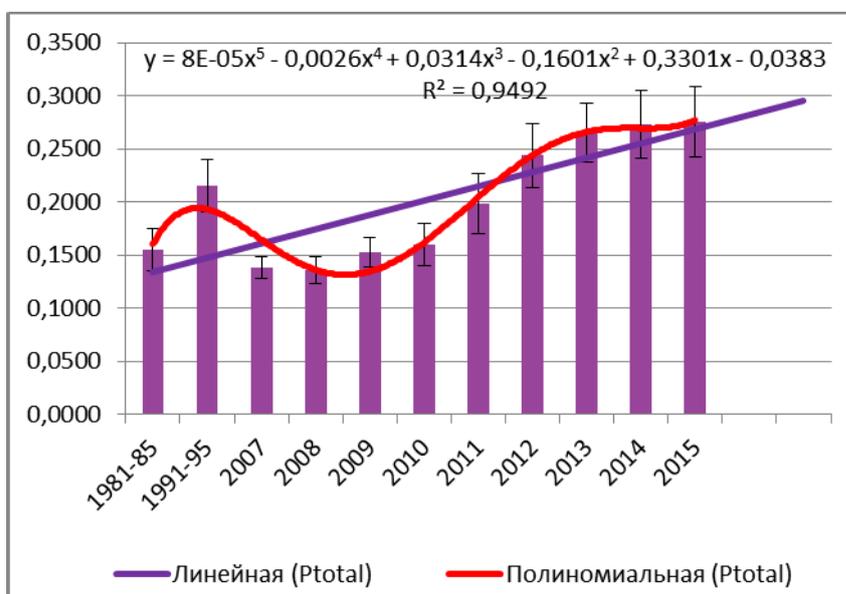


Рис. 3.18. Динамика среднегодовых величин концентрации общего фосфора в воде (мгР/л) Кучурганского водоема-охладителя в 1981-1985, 1991-1995 и 2007-2015 гг.

3.3. Динамика перманганатной, бихроматной окисляемости и органического вещества.

Окисляемость, это величина, показывающая количество органического вещества, которое может быть окислено сильными окислителями при определенных условиях (или количество кислорода, которое может быть потрачено для химического окисления

органических веществ). В зависимости от используемого окислителя, различают перманганатную, бихроматную, иодитную окисляемость.

Перманганатная окисляемость. Перманганатная окисляемость, показывает, сколько кислорода идет на окисление неустойчивого, легко окисляемого органического вещества. Фактически это показатель наличия свежего загрязнения органическими веществами или наличие в водоеме свежобразованного органического вещества.

Вода Кучурганского водоема-охладителя по величине перманганатной окисляемости относится к третьему и временами к четвертому классу качества «загрязненная» - «грязная».

Среднегодулетняя динамика перманганатной окисляемости имеет четкую тенденцию к увеличению во времени (рисунок 3.19).

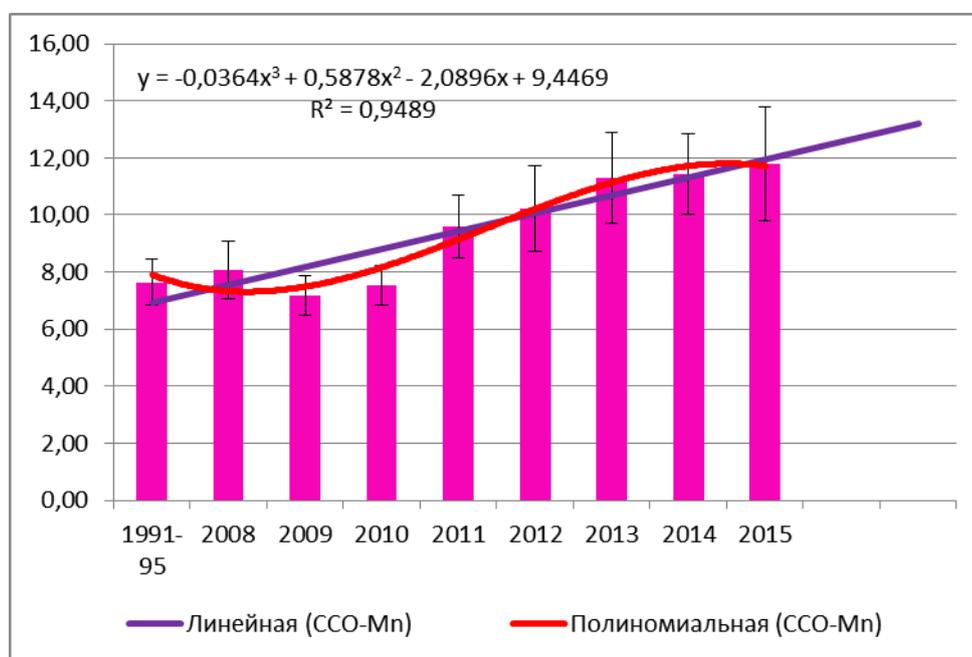


Рис. 3.19. Динамика среднегодовых величин перманганатной окисляемости в воде (мгО/л) Кучурганского водоема-охладителя в 1991-1995 и 2008-2015 гг.

Сезонная динамика перманганатной окисляемости находится в прямой зависимости от температуры воды (рисунок 3.20). Максимальные величины, в большинстве случаев, отмечены летом. В 2012 году весенние пробы отбирались в мае при температуре воды 26-27 °С, летом в августе при 28-30 °С, и осенью в октябре при 20-22 °С, поэтому летом только в низовье окисляемость была выше, а в верховье - осенью и в низовье - весной.

Общеизвестно, что при наличии в воде высокого содержания гумусовых органических веществ величина перманганатной окисляемости превышает 40 % от бихроматной окисляемости. Если это соотношение меньше 40 %, как и в нашем случае (рисунок 3.21) то это свидетельствует о том, что в воде постоянно формируются свежееобразованные органические соединения.

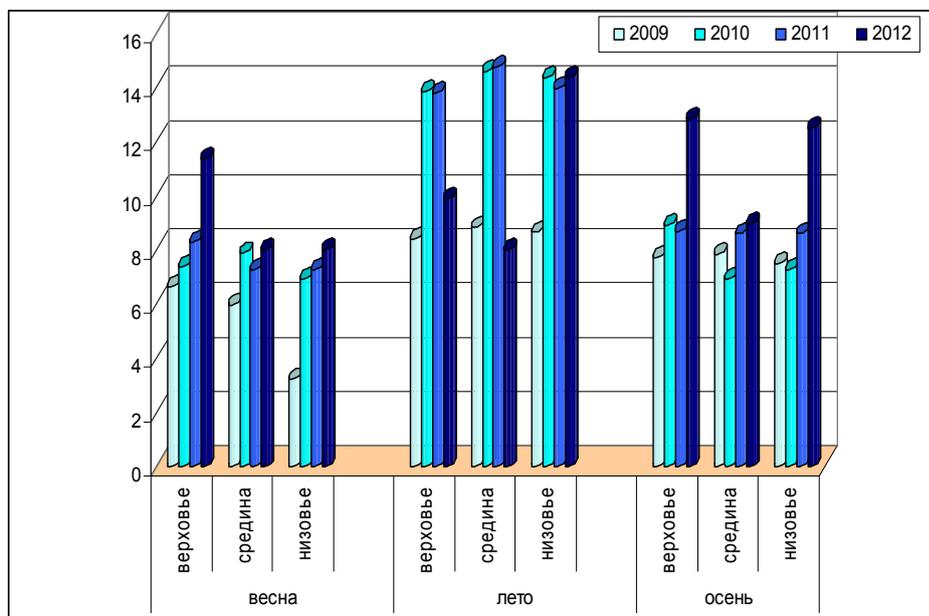


Рис. 3.20. Сезонная динамика величин перманганатной окисляемости в воде (мгО/л) Кучурганского водоема-охладителя в 2009-2012 гг.

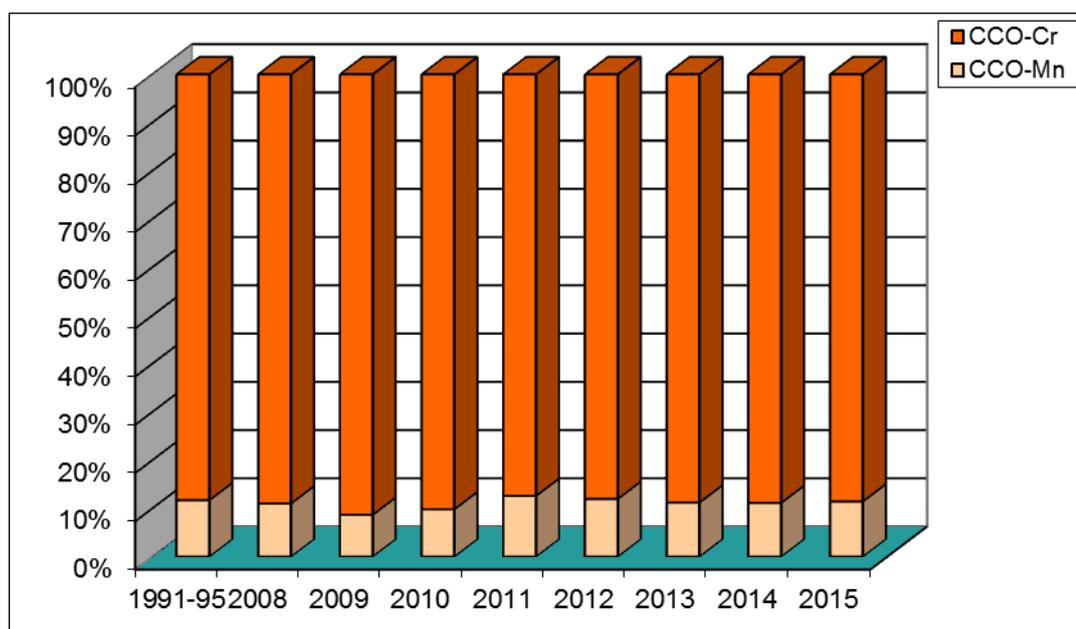


Рис. 3.21. Динамика соотношения величин перманганатной и бихроматной окисляемости (%) в воде Кучурганского водоема-охладителя в 1991-1995 и 2008-2015 гг.

Такая значительная разница между перманганатной и бихроматной окисляемостью свидетельствует об аккумуляции в водоеме большого количества трудно окисляемых органических веществ.

Бихроматная окисляемость. Более высокая степень окисления органического вещества достигается при бихроматном окислении в сернокислой среде, в присутствии катализаторов. Многолетняя динамика среднегодовых величин бихроматной окисляемости свидетельствуют о высокой нагрузке органических веществ на экосистему Кучурганского водоема-охладителя Молдавской ГРЭС (рисунок 3.22).

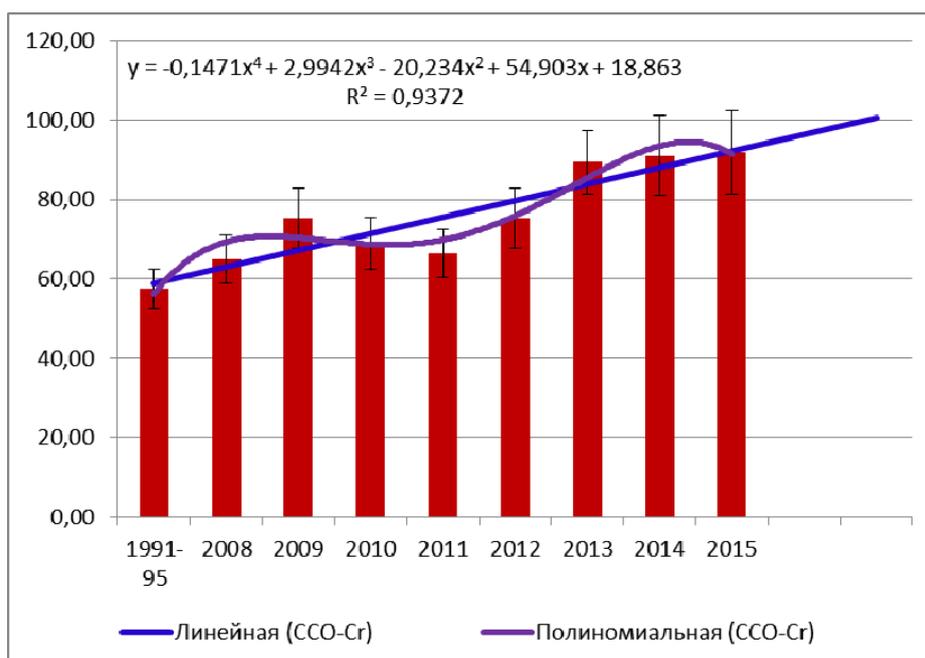


Рис. 3.22. Динамика среднегодовых величин бихроматной окисляемости в воде (мгО/л) Кучурганского водоема-охладителя в 1991-1995 и 2008-2015 гг.

В соответствии с величиной бихроматной окисляемости вода в Кучурганском водоеме относится к четвертому-пятому классу качества: «грязная» - «очень грязная» (рисунки 3.22 и 3.23).

Сезонная динамика представлена на рисунке 3.23. Самые высокие значения отмечены в летне-осенний периоды.

Согласно данным микробиологов Лаборатории гидробиологии и экотоксикологии [166] количество сапрофитной микрофлоры - основных трансформаторов легкоокисляемых органических веществ, а также аммонифицирующих, денитрифицирующих, фосфоролитических, амилитических и целлюлозоразрушающих

бактерий в летне-осенний периоды заметно выше и это коррелирует с процессами окисления органических веществ в исследуемом водоеме.

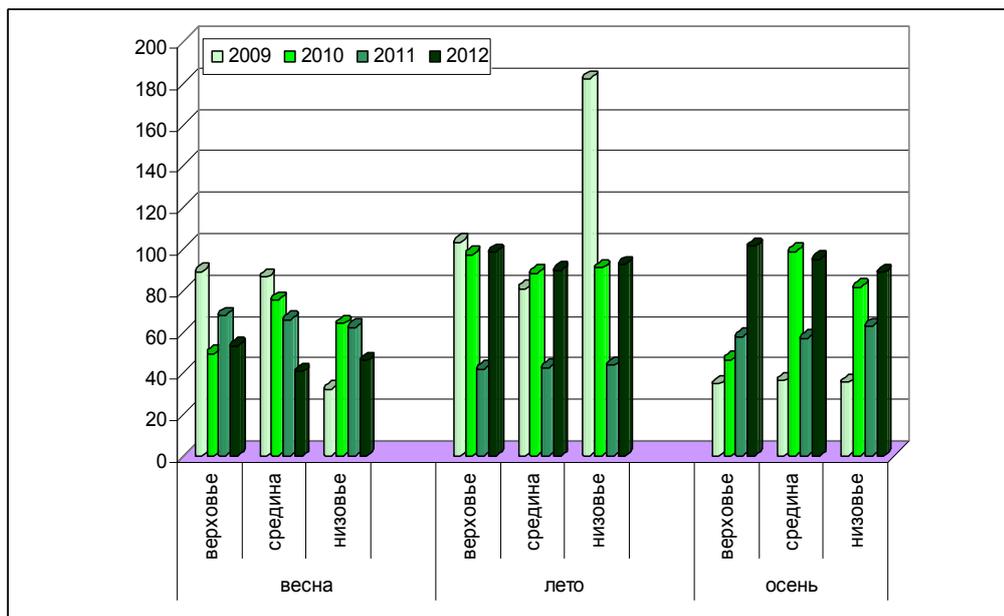


Рис. 3.23. Сезонная динамика величин бихроматной окисляемости в воде (мгО/л) Кучурганского водоема-охладителя в 2009-2012 гг.

Динамика растворенных органических веществ в Кучурганском водохранилище является отражением динамики бихроматной окисляемости, многолетняя динамика, которой представлена на рисунке 3.24.

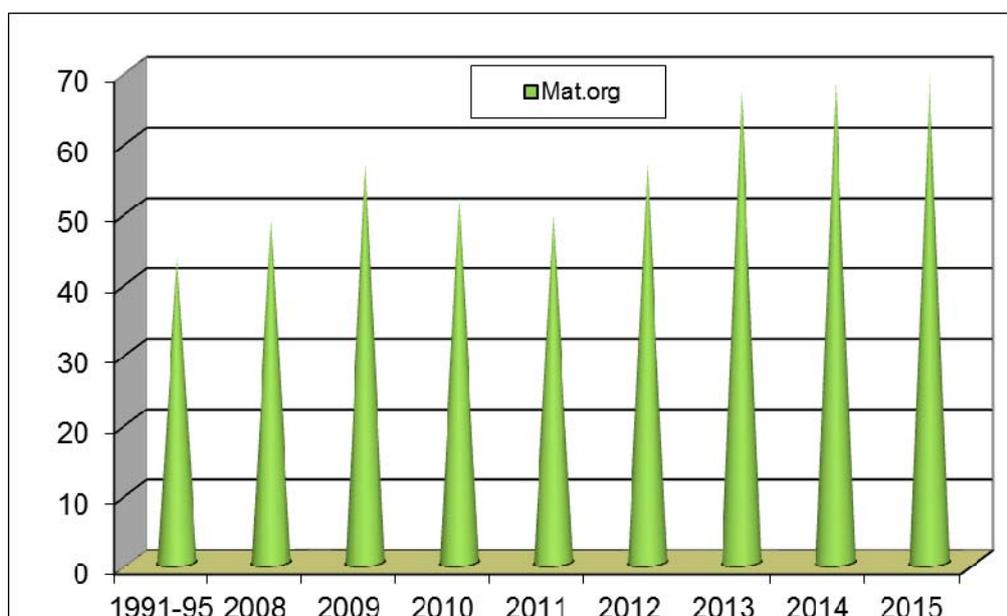


Рис. 3.24. Динамика среднегодовых величин количества органического вещества (Mat.org.) в воде (мг/л) Кучурганского водоема-охладителя в 1991-1995 и 2008-2015 гг.

Заращение водоема макрофитами, их разложение, плохой водообмен с протоком Турунчук, термофикация водоема, дымовые выбросы ГРЭС, вот основные факторы, которые, в итоге приводят к эвтрофикации и загрязнению данной экосистемы органическими веществами.

3.4. Выводы к главе 3.

1. Многолетние исследования динамики главных ионов, соотношения между основными анионами и катионами, динамики жесткости и минерализации воды, доказывают, что произошли глубокие изменения гидрохимического режима. Качество воды в Кучурганском водоеме ухудшилось, что обусловлено функционированием Молдавской ГРЭС.
2. Не только выбросы станции и термофикация являются причиной повышения минерализации воды и изменения соотношения главных ионов. В 80-90 годы выбросы были больше, но регулярное, научно обоснованное проведение водозамены в водоеме в конкретные периоды, сохраняло некое равновесие в водоеме-охладителе.
3. Сегодня вода Кучурганского водоема - охладителя на всех участках характеризуется, как сульфатно-натриевая. В результате преобладания сульфатных анионов увеличивается концентрация сероводорода, что вызывает гибель гидробионтов и это не может не вызывать тревогу экологов. В этом контексте необходимо отметить, что для сохранения и устойчивого использования водных ресурсов, должна планомерно проводиться научно-обоснованная «продувка водоема».
4. Теплоэнергетический комплекс Молдавской ГРЭС - главный потребитель воды данной экосистемы и поэтому в процессе своего функционирования, должен соблюдать все разработанные технологические нормативы, поддерживающие экологическую стабильность технологического водоема.
5. Кучурганский водоем на современном этапе, представляет собой трансграничный водный объект. Поэтому его экологическое состояние зависит от природоохранных мер, проводимых обеими странами, причем эти меры должны опираться на результаты постоянного научно обоснованного комплексного мониторинга.
6. Динамика соединений азота (аммонийного, нитритного, нитратного, минерального, органического и общего) во многом зависит от функционирования теплоэлектростанции. Термофикация и низкий уровень растворенного кислорода

приводят к тому, что среди минеральных форм азота преобладают аммонийные ионы, что не является характерным для поверхностных вод.

7. Угрожающе выросли концентрации органического азота, превышающие количество минерального азота в 5-10 раз. Такое соотношение между минеральными и органическими формами миграции азота свидетельствует об интенсивном эвтрофировании водоема и нарушении равновесия в динамике биогенных элементов. Фактически данный водоем можно отнести к дистрофным водным экосистемам.
8. Отмечены высокие концентрации соединений азота в атмосферных осадках в зоне влияния теплоэлектростанции.
9. Большое превалирование концентраций органического над неорганическими формами миграции фосфора не является характерным для естественных водных экосистем и указывает на неблагоприятную ситуацию в исследуемом водоеме. Это свидетельствует также о наличии гнилостных процессов в водоеме, низком уровне минерализации и окисления органических веществ, преобладании процессов вторичного загрязнения экосистемы Кучурганского водохранилища над процессами самоочищения воды.
10. В соответствии с величинами перманганатной и бихроматной окисляемости, вода в Кучурганском водоеме относится к третьему - четвертому и пятому классу качества; «загрязненная» - «грязная» - «очень грязная».
11. Соотношение между перманганатной и бихроматной окисляемостью свидетельствует о наличии в водоеме постоянного источника свежего загрязнения органическими веществами. Значительная разница между перманганатной и бихроматной окисляемостью указывает на наличии интенсивных процессов накопления трудноокисляемых органических веществ в водоеме - охладителе.
12. Экосистема водоема охладителя может быть реанимирована при надлежащем комплексном мониторинге и соблюдении норм рационального использования водных ресурсов водоема - охладителя.

ГЛАВА 4. МИГРАЦИЯ МЕТАЛЛОВ В ЭКОСИСТЕМЕ КУЧУРГАНСКОГО ВОДОЕМА

Металлы – микроэлементы, которые являются катализаторами практически всех биохимических процессов, протекающих в живых организмах и биосфере. Естественными источниками микроэлементов - металлов в водных экосистемах являются горные породы, почвы региона и метаболизм водных растений и животных. Глобальный перенос металлов через атмосферу, обусловлен не только природными факторами, например извержение вулканов, но и всевозможными катастрофами, вызванными деятельностью человека. В частности авария на Чернобыльской АЭС. В результате, на многие километры от очага катастрофы, в окружающую среду попали большие количества металлов в особенности свинца.

Металлы, относят к так называемым «консервативным» компонентам окружающей среды. При попадании в которую (почва, вода) они не подвергаются химическому разложению, а лишь меняют форму миграции. Переходя из одного физико-химического или биохимического состояния – в другое. В 80-90-е годы прошлого столетия в атмосфере, поверхностных водах отмечалось максимальное количество большинства микроэлементов - металлов. Это было обусловлено интенсивным ростом индустрии во всем мире, при недостаточной степени очистки выбросов и сточных вод, поступающих в окружающую среду. В 80-е годы считалось, что только от сжигания угля количество металлов поступающих в атмосферу увеличилось более чем в пять раз и составило сотни тысяч тонн [167].

Кроме основных природных факторов таких, как химический состав и физические свойства горных пород и почв региона, характер рельефа и климатических условий, определяющих экологическое состояние экосистемы Кучурганского водоема, следует отметить и некоторые его особенности. Так около 498 га, общей площади водохранилища занимают заросли тростника [168]. Тростниковые заросли являются мощными биофильтрами для поверхностного стока и воды, которую закачивают в водоем из протока Турунчук. Поэтому вода в водоеме имеет достаточно высокую прозрачность и содержание взвешенных веществ в ней в большинстве своем составляет менее 5-10 мкг/л. В тоже время заросли макрофитов в осенне-зимний период могут быть источниками вторичного загрязнения, в том числе и микроэлементами [169]. К основным антропогенным факторам, влияющим на экосистему водоема - охладителя, следует отнести функционирование Молдавской ГРЭС. Работа станции провоцирует процессы

термофикации, увеличение испаряемости воды, изменение газового режима, величины рН, окислительно-восстановительного потенциала воды и донных отложений, что в конечном итоге определяет процессы миграции микроэлементов и в целом круговорот вещества и энергии в экосистеме водоема-охладителя.

В процессе сжигания топлива выбросы станции приводят к загрязнению водоема целым комплексом микроэлементов, в том числе такими металлами, как ванадий, молибден, медь, никель, марганец, цинк, кадмий, свинец, стронций и др.

С продуктами сгорания органического топлива в атмосферу попадают газообразные оксиды серы и азота, твердые частицы (зола), летучие органические соединения, а так же летучие соединения металлов, в частности ванадия, никеля, ртути, что, несомненно, составляет непосредственную экологическую опасность на локальном и региональном уровнях [43]. Вышеизложенное позволяет утверждать, что количество, состав и режим сжигания топлива - это один из основных критериев оценки воздействия станции не только на атмосферу, но и на экосистему водоема - охладителя.

Так, если в 2002 году доля угля в сжигаемом топливе составляла около 32%, а доля мазута 0,7%, то в 2006 году эти значения составляли соответственно уголь - 0,02%, а мазут – 0,01%. В 2009 году наблюдается увеличение доли угля до 13,7%, а мазута до 0,6%. Затем в течение последующих трех лет в сжигаемом топливе преобладает доля газа составляя около 85-99%. В 2013 году снизилось количество вырабатываемой электроэнергии, при этом увеличилась доля угля до 99%, доля мазута составила 0,65%, а газа только 0,15%. В 2014 – доля угля была 47,43%, доля мазута 31,95.2% и газа 17,62%.

В результате анализа многолетних материалов Лаборатории гидробиологии и экотоксикологии Института зоологии АН Республики Молдова, и наших исследований в течение 2011-2015 гг., было установлено, что уровень содержания ванадия, молибдена, меди, никеля и других металлов в экосистеме водоема - охладителя напрямую зависит от количества и состава сжигаемого на теплоэлектростанции топлива.

Рассмотрим более детально динамику их содержания в водоеме. Так, как количество взвешенных веществ было очень низким, мы исследовали содержание металлов в профильтрованной воде, донных отложениях (иловом растворе, полученном при центрифугировании свежееотобранных образцов ила, исходя из валового содержания и распределения его по гранулометрическим фракциям), а так же уровень их накопления в макрофитах, моллюсках, органах и тканях рыб.

Следует отметить, что микроэлементы - металлы это жизненно необходимые химические элементы, роль которых в жизни водных растений и животных трудно

переоценить. Однако диапазон между биологически необходимым количеством этих металлов в окружающей среде и количеством, угнетающим или токсическим для живых организмов достаточно узок. Поэтому очень важно выявить толерантность, как отдельных организмов, так и их сообществ и целой экосистемы по отношению к исследуемым металлам. В этой связи, объективную характеристику влияния металлов на гидробиоценозы, можно получить лишь при комплексном, интегральном, мониторинге многофакторного воздействия природных и антропогенных условий на внутриводоемные процессы и физиолого - биохимические характеристики гидробионтов, в зависимости от интенсивности их метаболизма [170].

4.1. Динамика содержания и распределение ванадия в экосистеме водоема

Ванадий относится к так называемым «сателлитам» теплоэлектростанций, так как является составной частью твердого и жидкого топлива [58]. Одним из основных источников загрязнения окружающей среды ванадием, является сгорание жидкого топлива. В сырой нефти концентрация ванадия колеблется в диапазоне от 3 до 260 мг/кг, а в остаточном жидком топливе от 0,2 до 160 мг/кг. В процессе сгорания нефти, ванадий выделяется в виде очень мелких фракций в атмосферу [59]. В каменном угле, концентрации ванадия варьируют в пределах 14-56 мг/кг. В этих видах топлива ванадий входит в состав очень устойчивых порфириновых и непорфириновых соединений, а при их сгорании в окружающую среду выделяется в виде оксидов. В природе этот элемент присутствует в оксидных формах трех-, четырех- и пяти валентного ванадия. Было установлено, что в городах уровень ванадия в атмосфере составляет 0,5-1230 ng/m^3 и это значительно выше, чем в сельской местности, где его содержание составляет - 0,4-500 ng/m^3 [171], что обусловлено как работой теплоэлектроцентралей, так и сжиганием транспортного топлива.

В земной коре его концентрация составляет около 0,01% [172]. В почвах Молдовы, в зависимости от состава, его содержание колеблется в пределах 10 - 10^7 мг/кг [173].

В воде ванадий образует достаточно устойчивые анионные комплексы $(\text{V}_4\text{O}_{12})^{4-}$ и $(\text{V}_{10}\text{O}_{26})^{6-}$. Существенную роль в миграции ванадия играют его растворенные комплексные соединения с органическими веществами, особенно с гумусовыми кислотами [174]. Поверхностные незагрязненные пресные воды, в своем большинстве, содержат менее 2 мкг/л ванадия.

Ванадий в воде. В Кучурганском водоеме - охладителе содержание ванадия в воде находится в тесной корреляции с количеством сжигаемого топлива, особенно четко это видно при анализе многолетней динамики. По данным Лаборатории гидробиологии и экотоксикологии Института зоологии АН Молдовы, самые высокие концентрации ванадия (до 28 мкг/л) были установлены в 1985-1988 годах, к 2001 году его содержание уменьшилось до 2,4-5,8 мкг/л. В 2011-2015 годах эта величина варьировала от 3,5 до 14,9 мкг/л. Среднемноголетняя динамика концентраций ванадия в воде представлена на рисунке 4.1.

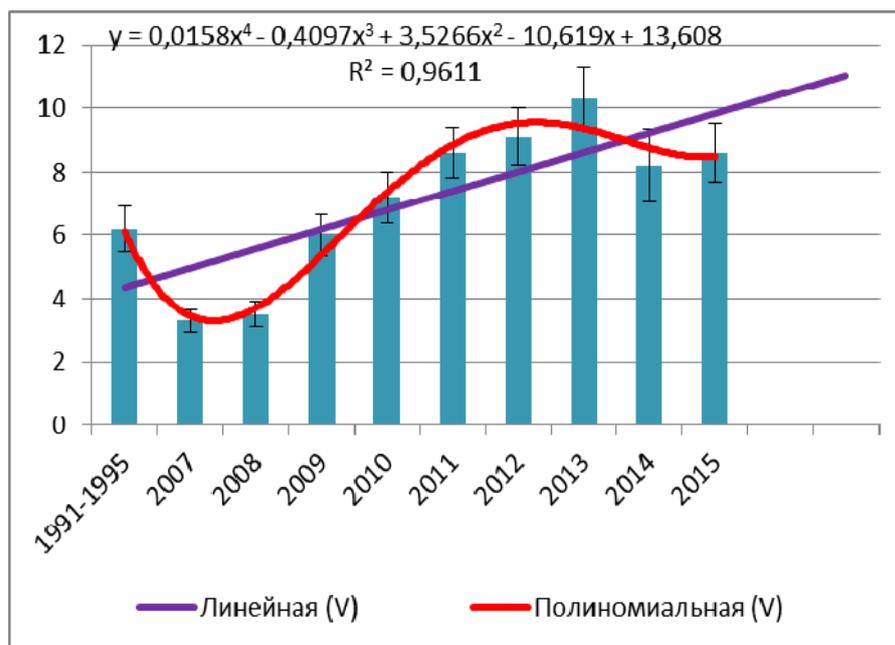


Рис. 4.1. Динамика среднегодовых величин концентраций ванадия (V) в воде Кучурганского водоема-охладителя (мкг/л) в 1991-1995 и 2007-2015 гг.

Достаточно четко прослеживается тенденция к увеличению концентрации ванадия в период 2008-2013 годов и некий спад в 2014 году. Следует отметить, что в протоке Турунчук и речке Кучурган концентрации ванадия в последние четыре года не превышали 2,8 мкг/л.

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 (рисунок 4.2). В 2011 году максимальные концентрации были отмечены весной до закачивания воды из протока Турунчук, а минимальные летом.

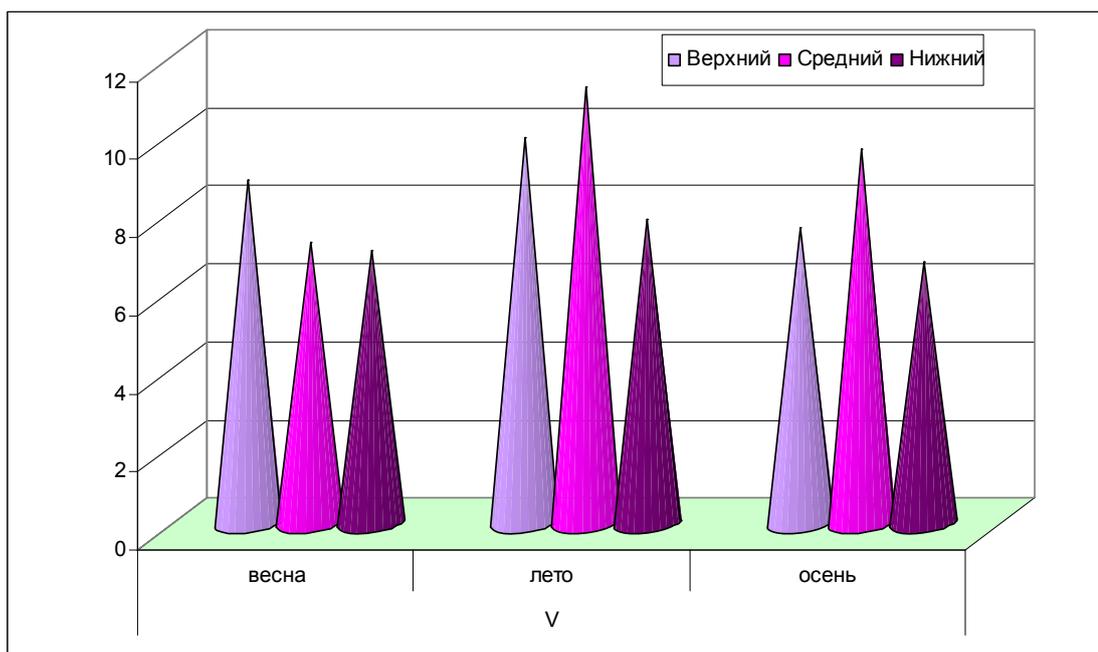


Рис. 4.2. Сезонная динамика величин концентраций ванадия (V) в воде Кучурганского водоема-охладителя (мкг/л) по участкам в 2012 году.

О влиянии ГРЭС на динамику ванадия в окружающей среде свидетельствует достаточно высокое содержание этого металла в атмосферных осадках, собранных в зоне Молдавской ГРЭС, особенно в лежалом снеге (16 - 18 мкг/л), это более чем в 10 раз выше, таковых вне зоны станции. Последнее подтверждает факт обогащения акватории водоема-охладителя соединениями ванадия через дымовые выбросы теплоэлектростанции

Ванадий в иловых отложениях. Донные отложение, это самые стабильные компоненты водных экосистем, при исследовании которых можно проследить многолетнюю динамику металлов в водоемах.

Донные отложения Кучурганского водохранилища относятся к глинистым илам, (рисунок 4.3) при этом мелкодисперсные илы характерны для верхнего участка (>75%). В нижнем приплотинном участке состав илов зависит также от взвешенных и влекомых веществ, поступающих в водоем с водами Турунчука. Здесь на состав илов большое влияние также оказывают заросли тростника.

Динамика микроэлементов в донных отложениях обусловлена целым комплексом природных условий гидрологического бассейна, внутриводоемными процессами и антропогенными факторами. Главенствующую роль в динамике микроэлементов играют физико-химические особенности донных отложений и, в первую очередь,

гранулометрический состав илов, количество органических веществ в них, интенсивность процессов осаждения и адсорбции взвешенных веществ в водоеме.

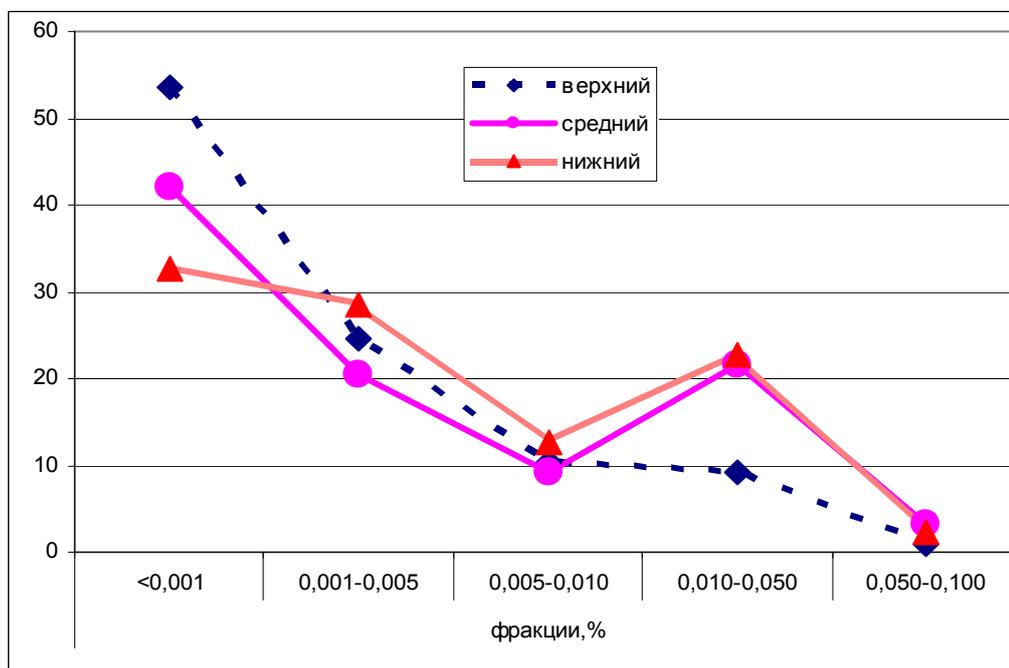


Рис. 4.3. Средние величины гранулометрического состава илов (процент фракций с диаметром от <0,001 до 0,1 микрон) по участкам Кучурганского водоема-охладителя, в %.

Валовая концентрация ванадия в иловых отложениях верхнего участка водоема варьировала в диапазоне 180 - 201 мкг/г абс. сух. массы, в среднем участке - 139-155 мкг/г абс. сух. массы, и в нижнем участке - 130-190 мкг/г абс. сух. массы.

В иловых отложениях водоема протекают процессы сульфатредукции практически по всей акватории, кроме приплотинной части, и это может способствовать переходу металлов из донных отложений в водную толщу, значит, донные отложения сегодня – это потенциальный и реальный источник вторичного загрязнения водоема - охладителя.

Общеизвестна роль органических веществ в иловых отложениях в процессе миграции микроэлементов - металлов в системе «вода - донные отложения». В илах Кучурганского водоема уровень органических веществ составляет 3,2–5,8 %. Между валовым содержанием ванадия в илах и количеством в них органических веществ, прослеживается положительная корреляция ($r > 0,75$). В тоже время между суммой подвижных форм ванадия и количеством органических веществ в илах установлена

отрицательная корреляция ($r > -0,80$), то есть подвижность ванадия с увеличением количества органических веществ в илах уменьшается.

Распределение ванадия по гранулометрическим фракциям илов показывает, что в пелитовых мелкодисперсных фракциях с диаметром частиц от менее 0,001 до 0,005 микрон сконцентрирована большая часть ванадия, при этом, величины концентраций по участкам водохранилища уменьшаются от верхнего к нижнему участкам: верхний > средний > нижний участок. Во фракциях с диаметром 0,005 - 0,010 микрон: уровень ванадия заметно ниже, но прослеживается та же динамика уменьшения с верховья к низовью: верхний > нижний > средний участок. В более крупных фракциях 0,010 - 0,050 микрон максимальные концентрации ванадия наблюдаются в нижнем или в верхнем участках: нижний > верхний > средний и в фракциях 0,05-0,100- средний > нижний > верхний участок (рисунок 4.4.).

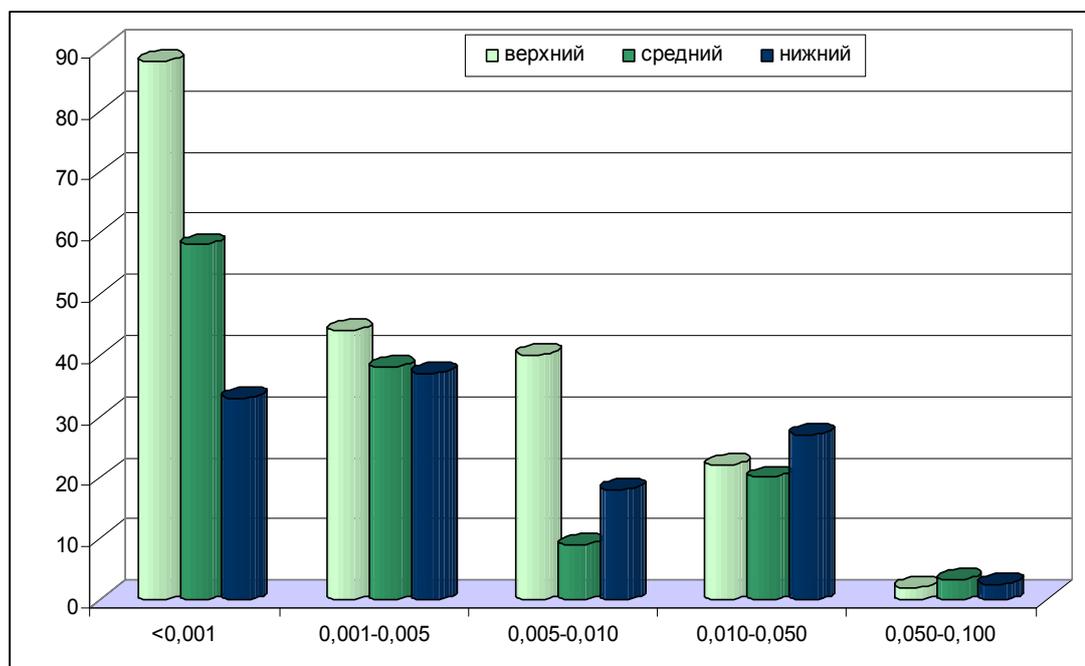


Рис. 4.4. Динамика содержания ванадия в гранулометрических фракциях илов по участкам Кучурганского водоема-охладителя, мкг/г абс. сух. массы

В сравнение с 80-90-ми годами прошлого столетия, прослеживается незначительное увеличение концентрации ванадия в илах.

Его уровень в илах водоема выше, чем в почвах региона, это подтверждает аккумуляющую роль илов по отношению к ванадию, а так же факт превалирования миграции ванадия в направлении сверху вниз, из воды в донные отложения. Но в отдельных случаях (при преобладании восстановительных процессов над

окислительными, уменьшении величины рН воды, неблагоприятном газовом режиме) или Кучурганского водохранилища могут служить источником вторичного загрязнения водной толщи соединениями ванадия.

Наиболее динамичной частью донных отложений является иловый раствор. Концентрации ванадия, в иловых растворах оказались ниже, чем значения в воде водоема охладителя, за исключением верхнего участка (Таблица 4.1).

Таблица 4.1. Средние концентрации ванадия мкг/л в иловых растворах и придонной воде из Кучурганского водоема-охладителя, мкг/л

	верховье		середина		низовье	
	Вода	Иловый раствор	Вода	Иловый раствор	Вода	Иловый раствор
весна	8,1	9,2	10,2	7,7	8,6	7,2
лето	8,6	9,8	12,6	8,6	7,7	6,3
осень	9,0	11,1	11,3	10,2	8,0	9,1

Мы исследовали также количество поверхностно - сорбированного ванадия в илах водохранилища и оказалось, что его максимальные количества обнаружены в илах нижнего участка Кучурганского водохранилища (6,8-8,7 % от валового количества), и минимальные – в верхнем участке- 4,2-5,4 %.

Накопление ванадия в гидробионтах. Уровень накопления металлов в водных растениях и животных имеет особую значимость, как для оценки миграции химических веществ в водоемах и водотоках, так и для оценки качества воды. Эти данные, в конечном счете, позволяют оценить возможные риски, связанные с влиянием загрязнения поверхностных вод на жизнедеятельность не только водных организмов, но и человека. Следует также отметить, значимость этих материалов и при проведении геолого-изыскательных работ. Так, как уровень тех или иных химических элементов в водных организмах, наряду с их динамикой в илах и почвах, служит важным показателем для геохимической оценки региона при поиске полезных ископаемых.

Определение уровня загрязненности тяжелыми металлами водных экосистем по их содержанию в гидробионтах, является более эффективным, чем прямое определение в воде. Это объясняется тем, что способность гидробионтов концентрировать металлы позволяет получить интегральную оценку среднего содержания элемента за конкретный

период времени, в течение которого количество данного металла в воде может сильно варьировать.

Одним из важнейших показателей при биомониторинге металлов в водных экосистемах является уровень их накопления в гидробионтах. Биологические процессы, протекающие в водоемах и водотоках, изменяют не только концентрации, но и абсолютные количества тех или иных химических элементов, в том числе и металлов, в этих экосистемах, поэтому очень часто именно они, являются определяющими в процессе формирования качества природных вод.

Исследование процессов накопления микроэлементов в гидробионтах имеет важное практическое значение. К последнему следует отнести использование микроэлементов в качестве добавок при выращивании моллюсков и рыб. Это предопределяет проведение постоянного мониторинга накопления металлов, как для оценки пищевой ценности водных организмов, так и для разработки современных программ и методов гидробиологического контроля загрязнения водных экосистем и определения буферной емкости или толерантности той или иной водной экосистемы по отношению к металлам.

В настоящее время наблюдается интенсивное зарастание Кучурганского водохранилища **водными растениями**. Так, в акватории водоема среди макрофитов, по всей береговой линии наиболее распространёнными являются постоянные заросли тростника (*Phragmites australis*), рдеста курчавого (*Potamogeton crispus* Linnaeus, 1753), заросли которого периодически покрывают до 80% водного зеркала, а так же других растений [168]. Видовые особенности растений, химические свойства, биологическое значение микроэлементов, а так же их содержание в воде и иловых отложениях, обеспечивают довольно широкий диапазон колебаний концентраций металлов в исследованных видах. Уровень накопления металлов в водных растениях определяется, как интенсивностью процессов метаболизма растений, так и сезонностью процессов накопления металлов в них [169].

Диапазон колебания содержания ванадия в исследованных **водных растениях** варьирует в довольно широком диапазоне. Для тростника *Phragmites australis*, (стебель с листьями) этот диапазон составляет 16-39 мкг/г абс. сух. массы, для рдеста *Potamogeton crispus* - 7,8-13,7 мкг/г абс. сух. массы, для рдеста *Potamogeton perfoliatus* (Linnaeus, 1753) – 8,2-12,5 мкг/г абс. сух. массы, для роголистника *Ceratophyllum demersum* (Linnaeus, 1753) - 7,2-16,5 мкг/г абс.сух.массы, для водокраса *Hydrocharis morsus-ranae* (Linnaeus,

1753) - 20,8-32,9 мкг/г абс. сух. массы. Указанные концентрации несколько выше, таковых в 1991-1995 годы, но они ниже тех, что были в 80-е годы прошлого столетия [175].

Представителям **донных беспозвоночных (зообентос)** принадлежит особая роль в миграции химических элементов в водоемах и водотоках. Донные беспозвоночные способны образовывать разнообразные экологические связи, они активно перемещаются в пространстве и в отличие от растений более чувствительны к загрязнению тяжелыми металлами [176, 177, 178]. Поэтому исследование закономерностей аккумуляции металлов в донных беспозвоночных имеет немаловажное, как теоретическое, так и практическое значение в процессе изучения экологического состояния поверхностных вод.

Использование донных беспозвоночных в качестве организмов - индикаторов, аккумулирующих химические элементы наиболее эффективно, так как они являются конечным или промежуточным звеном трофических цепей. Продолжительность жизненного цикла основной массы макрозообентоса превышает несколько месяцев, поэтому они могут быть использованы в качестве показателей, произошедших изменений химического состава воды и донных отложений за определенный промежуток времени. Следовательно, сообщества донных животных являются приоритетными индикаторами, по которым можно судить о процессах, происходящих в водоеме, в том числе и о тех, которые обусловлены техногенным воздействием [135].

Для изучения динамики накопления металлов в массовых видах донных беспозвоночных данного водоема мы исследовали таких представителей, как *Chironomidae*, *Mysidae* и моллюски (*Dreissena polymorpha* из *Bivalvia* *Theodoxus fluviatilis* (Linnaeus, 1758), *Viviparus viviparus* из *Gastropoda*). Особая роль в миграции металлов принадлежит моллюскам - фильтраторам, среди которых следует отметить дрейссену - ***Dreissena polymorpha***. Ранее этот моллюск своими колониями (друзы) практически покрывал всю водную растительность и гидросооружения в зоне водозабора. Поэтому с дрейссеновыми колониями постоянно велась борьба. С этой же целью водоем зарыбляли черным амуром и другими видами рыб. В последние годы численность моллюска значительно уменьшилась, достаточно редко встречаются крупные особи (моллюсков с массой тела более 3 грамм нам не удалось найти). По всей акватории водоема массово наблюдались мертвые моллюски и практически на всех его участках, илы покрыты мертвыми раковинами дрейссены. Диапазон колебаний концентраций ванадия в исследованных донных беспозвоночных очень большой для *Dreissena polymorpha* он составляет 3,2-170 мкг/г абс.сух.массы для *Viviparus viviparus* - 3,3-57,2 мкг/г абс. сух. массы, для *Lithoglyphus naticoides* - 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. Такой диапазон обусловлен целым комплексом факторов в первую очередь размерно-возрастными параметрами гидробионтов. Ранее была установлена зависимость уровня накопления металлов в донных беспозвоночных от массы их тела [176], кроме того уровень накопления зависит и от параметров среды обитания и от интенсивности процессов метаболизма донных беспозвоночных.

Дрейссене принадлежит первое место среди исследованных нами моллюсков по величине концентрации ванадия, как в мягких тканях, так и в пересчете на абсолютно сухую массу тела. В любом случае исследованные нами представители донных беспозвоночных являются мощными биоаккумуляторами ванадия, с коэффициентом биологического накопления достигающем величины в 10^5 - 10^6 .

О различии уровня накопления металлов по диапазону колебаний, в зависимости от условий водоема, судить довольно трудно. Для анализа нами были отобраны из Кучурганского водоема равноразмерные особи моллюска *Dreissena polymorpha*, по которым были рассчитаны средне-годовые величины концентраций в них ванадия за последние 8 лет (рисунок 4.5).

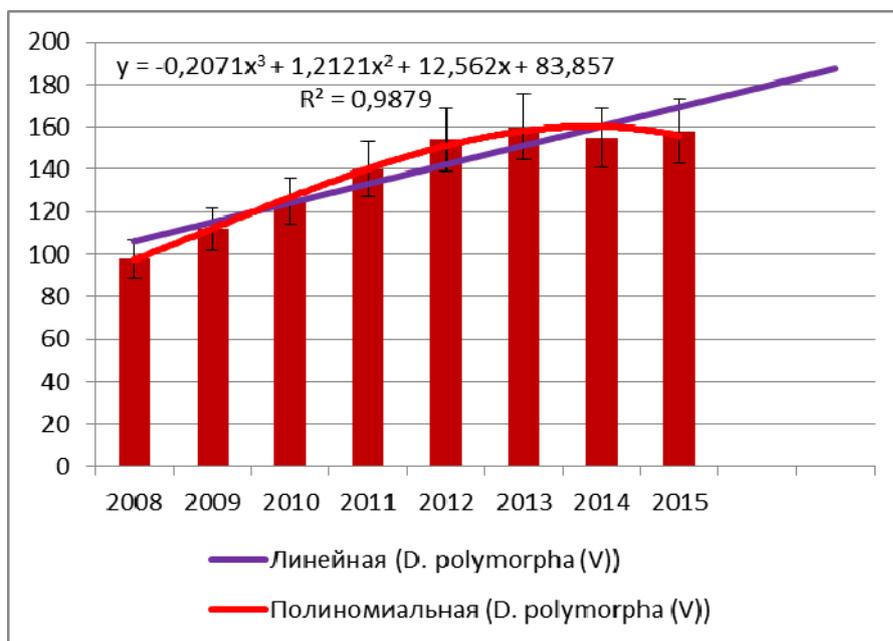


Рис. 4.5. Динамика среднегодовых концентраций ванадия в *Dreissena polymorpha*, из Кучурганского водоема- охладителя, мкг/г абс. сух. массы.

Значительную роль моллюсков в биогенной миграции химических элементов подтверждает и тот факт, что в их мягких тканях концентрации изучаемых металлов, в

пересчете, как на сырое, так и на сухое вещество выше, чем у других видов донных беспозвоночных.

Большой интерес представляют материалы о динамике накопления ванадия в *органах и тканях рыб*. Нами 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 абс. сух. массы ванадия, толстолобика – 0,3,2 до 4,6 мкг/г абс.сух. массы ванадия, 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.

Указанные концентрации ванадия несколько выше, чем данные восьмидесятых-девяностых годов прошлого столетия, установленные сотрудниками Лаборатории гидробиологии и экотоксикологии [179].

Анализ ванадия в различных органах рыб показал, что уровень его накопления, как правило, ниже в гонадах, на втором месте – мышцы, а максимумы установлены в коже и жабрах (Таблица 4.2), то есть в органах непосредственно контактирующих с водной средой обитания.

Таблица 4.2. Содержание ванадия в органах и тканях половозрелых особей рыб из Кучурганского водоема-охладителя Молдавской ГРЭС мкг/г абс. сух. массы, 2013 г

Вид рыб	V, µg/g абс. сух. массы					Вес рыбы сырой, грамм	Влажность %
	Мышцы туловища	Гонады	Печень	Жабры	Кожа		
<i>Carassius auratus gibelio</i>	2,4	2,0	3,1	3,8	4,0	320	76,4
<i>Perca fluviatilis</i>	2,1	1,8	2,9	2,2	3,0	380	78,8
<i>Aristichthys nobilis</i>	3,88	1,36	5,08	5,95	4,88	2600	72,5
	3,68	1,54	4,88	5,54	4,85	5100	79,2

Естественно, что рыбы в большей степени, нежели беспозвоночные животные регулируют уровень аккумуляции микроэлементов. В тоже время влияние среды обитания очевидно. Об этом свидетельствует и то, что содержание такого металла, как ванадий в

органах и тканях рыб Кучурганского водохранилища, заметно выше, чем в других водных экосистемах Молдовы [179], хотя и не превышает установленные ПДК для рыбопродуктов.

4.2. Динамика содержания и распределение молибдена в экосистеме водоема

Источником поступления молибдена в окружающую среду являются разработки силикатных карьеров, выбросы предприятий цветной металлургии, обогатительных фабрик, добыча и сжигание угля. Так более 60% молибдена от общего количества выбросов из антропогенных источников выделяется в атмосферу в результате сжигания угля, и 20% в результате сжигания нефти [62].

В большинстве случаев в природе молибден встречается в соединениях с кислородом, серой, свинцом, ураном, магнием, вольфрамом, кобальтом, висмутом, кальцием и ванадием.

Молибден в почвах и поверхностных водах содержится в концентрациях не превышающих 10-20 мкг/л, его содержание в более высоких концентрациях свидетельствует о наличии антропогенного загрязнения [180].

В почвах Молдовы в зависимости от их состава его концентрация колеблется в пределах: 0,8- 3,6 мг/кг [173].

В поверхностных водах молибден мигрирует в основном в форме молибденового кислого иона - MoO_4^{2-} , также в виде комплексных соединений с растворенными органическими веществами [181]. Динамика миграции этого микроэлемента металла в водных экосистемах слабо изучена.

Молибден, как и ванадий, является постоянным «спутником» теплоэлектростанций [61, 175]. Основная масса молибдена (более 95%) в Кучурганском водохранилище мигрирует в растворенной форме (в воде) и лишь 5% с взвешенными веществами. Содержание молибдена в воде и его динамика коррелируется количеством и качеством используемого на станции топлива.

Если в 2007 году его содержание в воде составляло 2,8-6,8 мкг/л, то в 2012 году уже 7,6-14,2 мкг/л, при этом максимальные величины были зарегистрированы в июне на среднем участке водоема. Максимальные же концентрации были отмечены в 2013 году до 14,9 мкг/л (рисунок 4.6), тем не менее, эти значения ниже, чем в 80-е годы прошлого столетия, когда станция имела самую высокую мощность и большую часть используемого топлива составляли уголь и мазут.



Рис. 4.6. Динамика среднегодовых величин концентраций молибдена (Mo) в воде Кучурганского водоема-охладителя (мкг/л) в 1991-1995 и 2007-2015 гг.

При этом в воде протока Турунчук и речке Кучурган концентрация молибдена варьировала от 0,85 до 2,4 мкг/л. Сезонная динамика молибдена представлена на рисунке 4.7., из которого следует, что в летне-осенний период максимальные величины были отмечены в среднем участке, а минимумы характерны для нижнего участка водоема.

Тот факт, что уровень растворенного молибдена выше в летнее время, подтверждается увеличением его миграционной способности с повышением температуры воды. В какой-то степени многолетняя и сезонная динамика молибдена близка к таковой для ванадия (рисунок 4.2.), что лишний раз свидетельствует о воздействии функционирования энергетического предприятия на динамику этих металлов в экосистеме водоема.

Одним из показателей антропогенного влияния станции является состав *атмосферных осадков*, собранных в ее зоне. Наши исследования показали, что уровень концентрации растворенного в дождевой воде молибдена в 5-6 раз выше, чем в образцах, собранных вне зоны и достигает 7-8 мкг/л. Есть надежда, что если теплоцентраль перейдет на сжигание газа, то концентрации молибдена и ванадия значительно уменьшатся в окружающей среде данного региона.

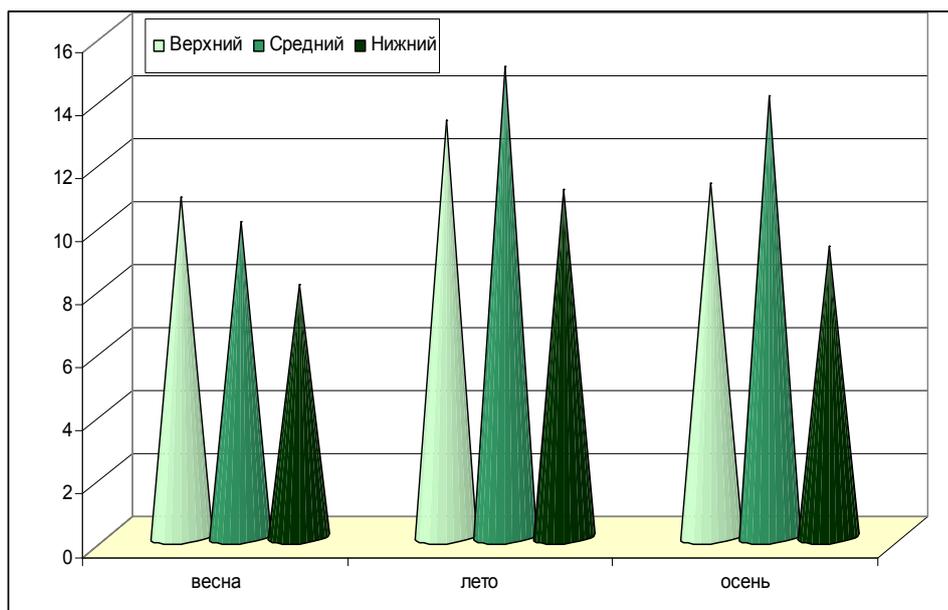


Рис. 4.7. Сезонная динамика величин концентраций молибдена (Mo) в воде Кучурганского водоема-охладителя (мкг/л) по участкам в 2012 году.

Молибден в иловых отложениях водоема-охладителя. Как было отмечено выше, донные отложения Кучурганского водоема относятся к глинистым илам (рисунок 4.3).

Валовая концентрация молибдена в иловых отложениях верхнего участка водоема составила 2,6-6,0 мкг/г абс. сух. массы, среднего участка - 8,9-14,2 мкг/г абс. сух. массы и нижнего – 4,2-6,8 мкг/г абс. сух. массы.

Распределение молибдена по гранулометрическим фракциям илов (рисунок 4.8) показывает, что в пелитовых мелкодисперсных фракциях с диаметром частиц от менее < 0,001 до 0,005 микрон сконцентрирована большая часть молибдена (более 50% от валового содержания), при этом, по величине концентраций участки располагаются в следующем порядке: средний > верхний > нижний. В более крупных фракциях 0,005-0,100 максимальные концентрации молибдена наблюдаются в среднем участке, при незначительной разнице между верхним и нижним участками.

Для молибдена нами не установлена достоверная корреляция с количеством мелкодисперсных пелитовых фракций и органических веществ, между тем максимальные концентрации валового молибдена зарегистрированы в пелитовых фракциях (рисунок.4.8). Количество подвижных форм молибдена выше в низовье водоема, где преобладают более крупные фракции в илах и отмечен минимум органических веществ.

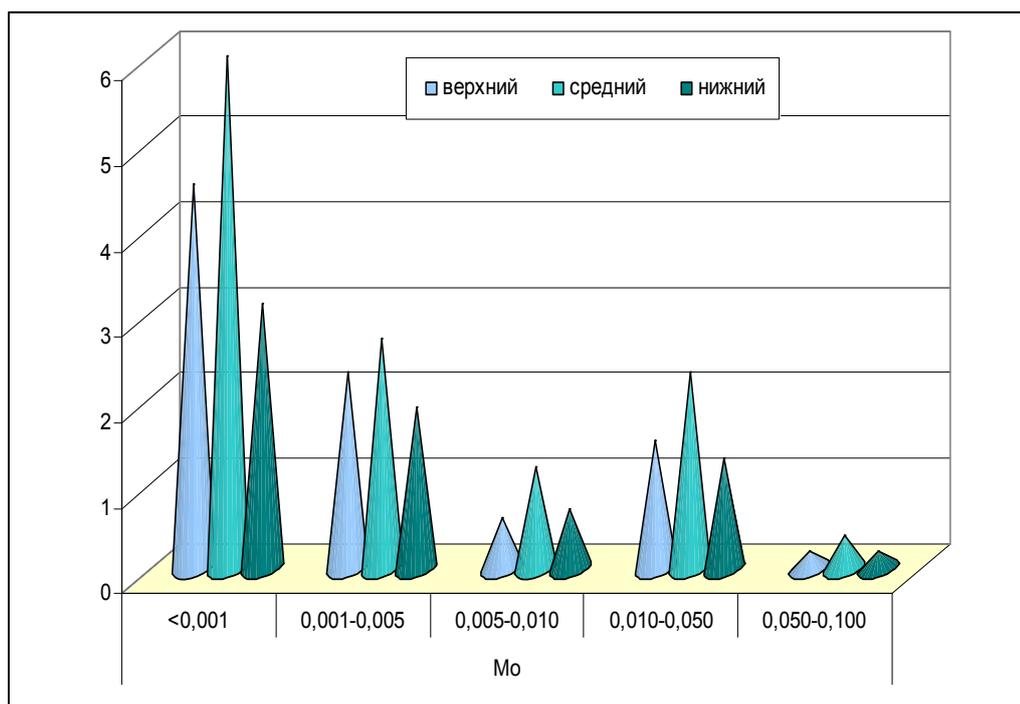


Рис. 4.8. Динамика содержания молибдена в гранулометрических фракциях илов по участкам Кучурганского водоема-охладителя, мкг/г абс. сух. массы

Анализ подвижных форм молибдена в илах водохранилища показал, что максимальные количества поверхностно - сорбированного молибдена отмечены в илах нижнего и верхнего участков Кучурганского водохранилища (18-20 % от валового количества) и минимальные на среднем участке 2,2 - 3,0 %. В ассоциации с органическими веществами илов находится от 5 до 38% подвижного молибдена.

Как было отмечено выше, более подвижной формой миграции металлов в илах является иловый раствор. Концентрация молибдена в иловом растворе за редкими исключениями выше, чем в воде (Таблица 4.3.)

Накопление молибдена в гидробионтах. Молибден это в первую очередь очень важный микроэлемент, регулирующий азотный, углеродный, фосфорный, а значит и белковый обмен у животных и растений. Известна роль молибдена в интенсификации процессов фотосинтеза у растений. В тоже время, избыток молибдена в окружающей среде способствует его высокому накоплению в растениях и животных, что в свою очередь, может стать причиной многих заболеваний обусловленных молибденовым токсикозом, в том числе привести к подагре и целому ряду кожных заболеваний у человека [25].

Таблица 4.3. Средние концентрации молибдена (мкг/л) в иловых растворах и придонной воде из Кучурганского водоема-охладителя, мкг/л

	верховье		середина		низовье	
	Вода	Иловый раствор	Вода	Иловый раствор	Вода	Иловый раствор
весна	10,2	12,2	11,2	12,7	8,7	9,6
лето	12,1	14,1	14,5	16,8	9,6	12,2
осень	13,0	15,0	14,0	15,2	10,0	12,0

В этой связи, крайне важно проведение биомониторинга накопления молибдена в водных и наземных растениях и животных.

Уровень накопления молибдена в растениях, отобранных в весенне-летний период следующий: для водокраса *Hydrocharis morsus-ranae* он составляет - 4,84-22,9 мкг/г абс.сух.массы, для рдестов - *Potamogeton crispus* - 2,8-12,6 мкг/г абс. сух. массы, *Potamogeton perfoliatus* – 2,2 - 9,5 мкг/г абс. сух. массы, для роголистника – *Ceratophyllum demersum* - 2,2-11,5 мкг/г абс. сух. массы и для листьев и стеблей тростника *Phragmites australis* - 4,2-18,9 мкг/г абс. сух. массы.

Многолетние исследования Лаборатории гидробиологии и экотоксикологии [169] и наши исследования подтвердили, что уровень накопления молибдена **в водных растениях** носит сезонный характер. Как правило, минимальные концентрации характерны для ранней весны, а максимумы – для летнего периода и начала осени. Очевидно, что немаловажное значение в миграции и круговороте молибдена в экосистеме Кучурганского водоема принадлежит водным растениям.

Как было отмечено выше, довольно приоритетными и надежными показателями в биомониторинге металлов в водных экосистемах являются **донные беспозвоночные и в особенности моллюски, мизиды и хирономиды** [135].

Диапазон колебаний концентраций молибдена в исследованных нами донных беспозвоночных достаточно большой и составляет для *Dreissena polymorpha* - 4,8-48,1 мкг/г абс. сух. массы мкг/г, для *Viviparus viviparus* - 2,8-20,4 мкг/г абс. сух. массы, для *Lithoglyphus naticoides* - 2,6-11,3 мкг/г абс.сух.массы, для *Mysidae* 5,0-7,9 мкг/г абс. сух. массы, для *Chironomidae* 5,6-24,6 мкг/г абс. сух. массы. Если сопоставить эти величины с концентрациями молибдена в воде то становится очевидным, что исследованные донные беспозвоночные являются биоконцентраторами молибдена с коэффициентом биологического накопления величиной 10^4 - 10^6 .

Учитывая особую значимость двустворчатых моллюсков в исследуемом водоеме, для определения металлов, нами для анализа, были отобраны равноразмерные особи моллюска *Dreissena polymorpha*.

Полученные результаты позволили рассчитать среднегодовые величины концентраций молибдена в моллюсках из Кучурганского водоема за последние 8 лет, которые представлены на рисунке 4.9.

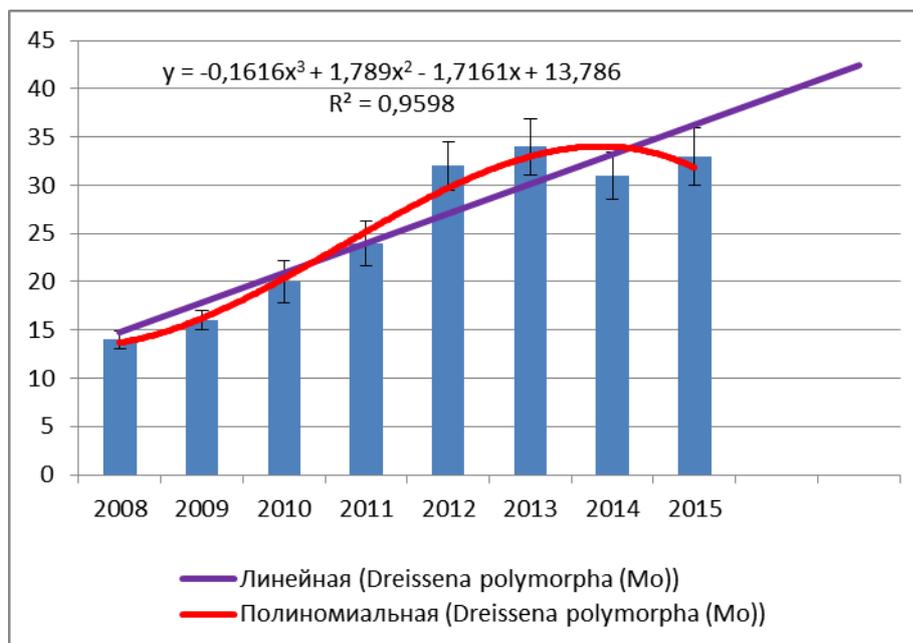


Рис. 4.9. Динамика среднегодовых концентраций молибдена в *Dreissena polymorpha* из Кучурганского водоема - охладителя, мкг/г абс. сух. массы

Как следует из анализа многолетних данных, в 2012-2013 гг. уровень накопления молибдена был самым высоким. Но эти величины не превышают значения, полученные в 80-е годы прошлого столетия [176].

Исследование динамики накопления молибдена в **органах и тканях рыб**, нами проведено на массово встречаемых видах карповых и окуневых. Уровень накопления молибдена в мышцах туловища неполовозрелых особей карася *Carassius auratus gibelio* составил 2,0 до 4,5 мкг/г абс. сух. массы, в мышцах окуня *Perca fluviatilis* - от 2,9 до 5,8 мкг/г абс. сух. массы, толстолобика *Aristichthys nobilis*- от 3,6 до 8,8 мкг/г абс. сух. массы.

При этом минимальные количества были отмечены весной, а максимальные – осенью в октябре. Эти величины концентраций молибдена несколько выше значений, полученных в 80-90-е годы прошлого столетия, и выше значений, в реках Днестр и Прут, установленных сотрудниками Лаборатории гидробиологии и экотоксикологии [179].

В таблице 4.4 представлена динамика концентраций молибдена в мышцах туловища, гонадах, печени, жабрах и кожном покрове половозрелых рыб. Минимальные количества молибдена отмечены в гонадах и мышцах туловища, а максимумы - в коже и жабрах, то есть в органах непосредственно контактирующих с водной средой.

Таблица 4.4. Содержание молибдена в органах и тканях половозрелых особей рыб Кучурганского водоема-охладителя Молдавской, мкг/г абс. сух. массы, 2013 г

Вид рыб	Mo, $\mu\text{g/g}$ абс. сух. массы					Вес рыбы сырой, грамм	Влажность, %
	Мышцы туловища	Гонады	Печень	Жабры	Кожа		
<i>Carassius auratus gibelio</i>	2,8	3,2	4,2	5,2	4,9	320	76,4
	3,3	3,4	4,0	5,4	4,1	440	74,8
<i>Perca fluviatilis</i>	2,6	2,2	3,0	3,8	4,6	380	78,8
	3,8	3,6	4,7	5,2	5,1	400	80,2
<i>Aristichthys nobilis</i>	4,0	4,2	5,9	8,7	6,8	2600	72,5
	4,7	4,5	7,2	9,6	7,9	5100	79,2

Как было отмечено выше, молибден это микроэлемент, играющий большую роль в метаболизме животных и растений. Уровень накопления молибдена в растениях, беспозвоночных и рыбах Кучурганского водоема - охладителя Молдавской ГРЭС заметно выше, чем уровень его накопления в других водоемах Молдовы (Дубоссарское, Костештское), но он не превышает установленные ПДК для рыбопродуктов.

4.3. Динамика содержания и распределение свинца в экосистеме водоема.

В поверхностные воды естественным путем свинец поступает в результате растворения экзогенных (англезит) и эндогенных минералов (галенит) [182]. Ежегодно 330000 тонн свинца вместе с вулканическими выбросами, выветриванием земной коры и разложением радона, попадает в атмосферу [56]. Естественные источники свинца в поверхностных водах в сравнение с антропогенными источниками не значительны, что обусловлено его физико-химическими свойствами.

В земной коре средняя концентрация этого металла составляет около 10-20 мг/кг, а в почве 10-70 мг/кг. В почвах Молдовы его содержание в зависимости от их состава колеблется в пределах 11-174 мг/кг [173].

Существенным источником поступления свинца в окружающую среду является горнодобывающая, металлургическая и химическая промышленность. Наличие большого количества этого металла антропогенного характера в поверхностных водах, связано со сжиганием угля. Хотя в самом угле его содержание незначительно, но при его сгорании в угольной пыли и золе концентрируется достаточно большая часть этого элемента [183]. Ежегодно в атмосферу в результате выработки электроэнергии, попадает около 800-5000 тонн свинца, в процессе сжигания угля и около 300-2000 тонн в процессе сжигания нефти [184]. Большая часть этого металла скапливается вблизи источника загрязнения и около 20% переносится на достаточно значительные расстояния от него.

На поверхность земли и водных экосистем соединения свинца осаждаются, как в растворенном, так и в твердом виде из атмосферных осадков. Большая часть свинца около 40-70% осаждается с дождевыми осадками [185].

Свинец считается слабо мигрирующим элементом, в связи с тем, что его соединения плохо растворимы, поэтому он или накапливается в почвах или образует органические соединения. Для него характерна тенденция накопления в экосистемах при своем первом поступлении из атмосферных осадков, или из сбрасываемых сточных вод [186].

Миграция свинца, поступающего из атмосферы и почвенных стоков в водные экосистемы это довольно сложный геохимический процесс, определяющий соотношение взвешенных и растворенных форм его миграции. Соотношение растворенных, взвешенных и коллоидных форм миграции зависит, как от гидрологических особенностей, так и от физико-химических параметров воды и донных отложений. Особенно от наличия органических комплексообразующих веществ, соотношения главных катионов и анионов в воде, концентрации взвешенных веществ, величины рН, окислительно-восстановительного потенциала, температуры воды. Так в жесткой воде, при величине рН более 5,4, растворимость свинца составляет около 30 мкг/л, а в пресной с малой жесткостью воде - около 500 мкг/л. Растворимость находится в отрицательной корреляции с концентрацией карбонатных и сульфатных анионов и катионов кальция и магния [174]. В природных водах свинец чаще всего мигрирует в растворенном и взвешенном состоянии. Причем в виде минеральных и органоминеральных комплексов, свинец чаще мигрирует в растворенной форме, а в виде сульфидов, сульфатов и карбонатов - в нерастворимой. Существенная доля приходится на органические соединения свинца, как природного, так и антропогенного происхождения. Растворимость свинцовых соединений увеличивает присутствие в воде гуминовых и вульфокислот [181].

Ионный состав воды является одним из определяющих факторов в соотношении форм миграции свинца в поверхностных водах [130].

В Кучурганском водоеме-охладителе, несмотря на дымовые выбросы и тот факт, что в атмосферных осадках уровень свинца (3,8-7,4 мкг/л в дождевой воде и до 24,5 мкг/л в оттаявшем лежалом снеге) в 3-6 раз выше таковых вне зоны станции, увеличение концентраций растворенного свинца не наблюдалось, более того прослеживалось даже уменьшение его уровня в воде. Последнее можно объяснить высокими значениями температуры, рН воды, а возможно и повышением минерализации, которые способствуют осаждению и аккумуляции свинца в донных отложениях. Диапазон колебаний концентраций растворенного свинца в последние 8 лет был не большим от 2,8 до 3,9 мкг/л, и лишь трижды превышал 4 мкг/л в среднем и верхнем участках водоема (рисунок 4.10).

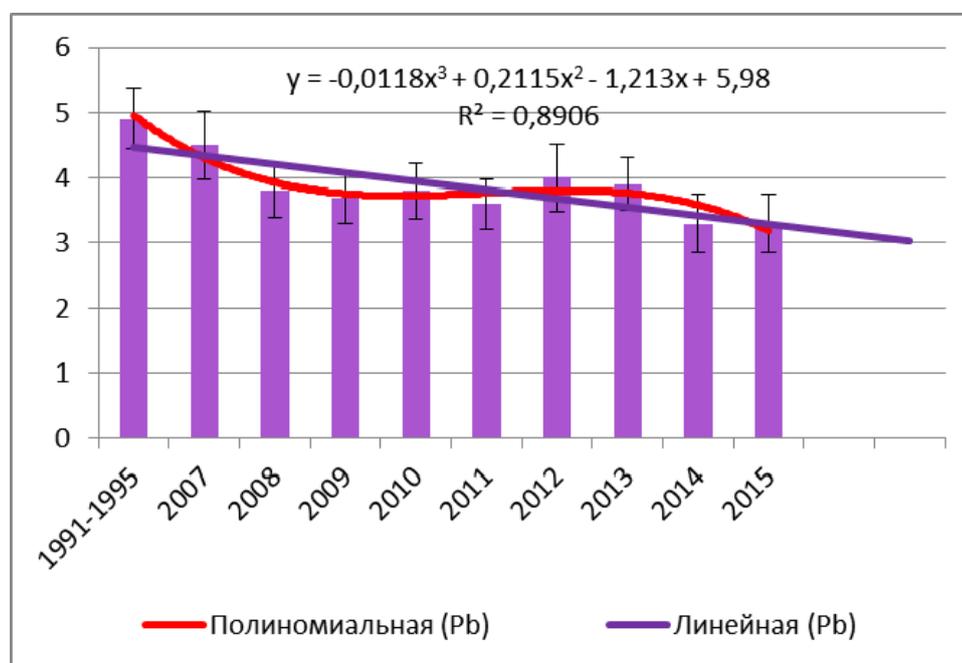


Рис. 4.10. Динамика среднегодовых величин концентраций свинца (Pb) в воде Кучурганского водоема-охладителя (мкг/л) в 1991-1995 и 2007-2015 гг.

Наиболее высокое содержание свинца в воде по данным [175] было отмечено в 1987 году в летний период и составляло около 30 мкг/л. Аномально высокие его концентрации в атмосферных осадках, того периода были отмечены и в других районах Молдовы, а не только в зоне теплоэлектростанции. По мнению автора [175] это, вероятнее всего, было связано с катастрофой на Чернобыльской АЭС, об этом свидетельствуют и

высокие концентрации этого металла, в эти годы, в атмосферных осадках почти на всей территории Молдовы.

В последние 4 года максимальные концентрации свинца - 3,7- 4,8 мкг/л, были отмечены летом 2012 года в верхнем и среднем участках водоема (рисунок 4.11).

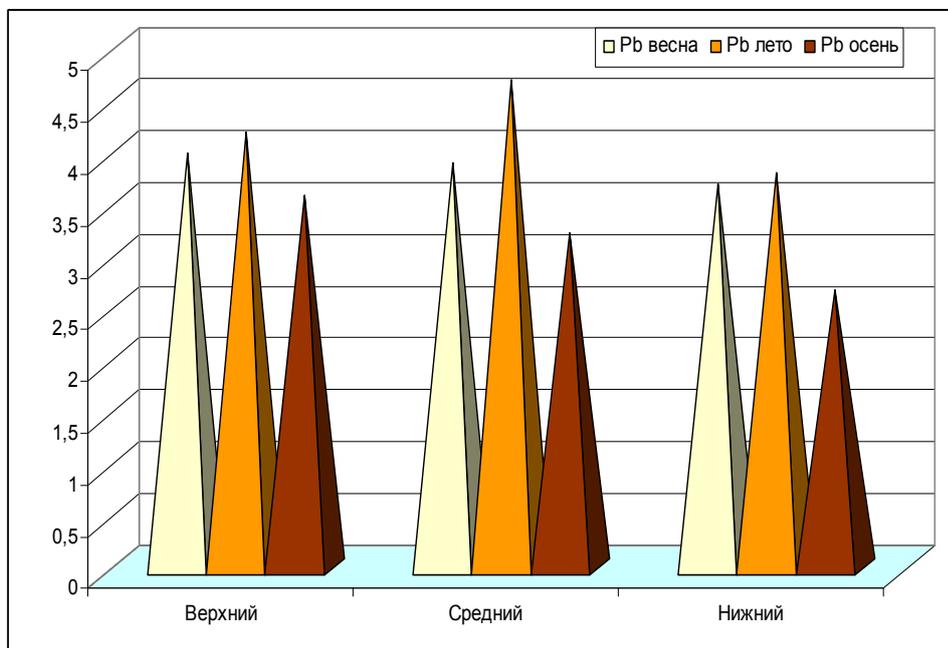


Рис. 4.11. Сезонная динамика величин концентраций свинца (Pb) в воде Кучурганского водоема-охладителя (мкг/л) по участкам в 2012 году.

Уровень свинца (62-78 мкг/г абс. сухой массы илов) в иловых отложениях Кучурганского водоема имеет заметную тенденцию к увеличению во временном аспекте и значительно превышает концентрации в почвах региона.

Самые высокие значения (до 37-42 мкг/г абс. сух. массы илов) регистрируются во фракциях с диаметром частиц <0,001 микрон в верхнем и среднем участках водоема, самые малые концентрации – до 3 мкг/г абс. сух. массы илов - во фракциях с диаметром частиц 0,050-0,100 микрон (рисунок 4.12).

Установлена прямая корреляция между концентрацией свинца в илах и количеством органических веществ и пелитовых фракций илов ($r > 0,80$).

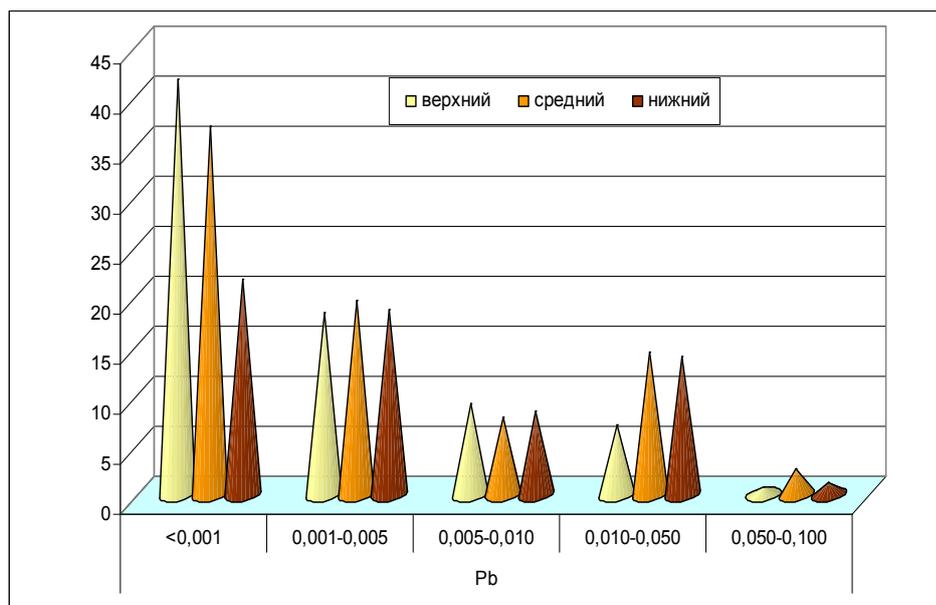


Рис. 4.12. Динамика содержания свинца в гранулометрических фракциях илов по участкам Кучурганского водоема-охладителя, мкг/г абс. сух. массы.

В иловых растворах концентрации свинца варьируют от 16,8 до 30,3 мкг/л, что в 5-8 раз выше, чем в водной среде водоема охладителя. Это лишний раз подтверждает наше заключение о том, что основная масса свинца, поступающая на акваторию водоема - охладителя, осаждается в донные отложения, которые являются мощными аккумуляторами металлов. Об этом свидетельствует и тот факт, что к осени в иловых растворах уровень свинца так же имеет тенденцию к увеличению (Таблица 4.5).

Таблица 4.5. Средние концентрации свинца в иловых растворах и придонной воде из Кучурганского водоема-охладителя (мкг/л).

сезон	верховье		середина		низовье	
	Вода	Иловый раствор	Вода	Иловый раствор	Вода	Иловый раствор
весна	3,6	18,0	4,0	28,7	3,1	19,7
лето	3,7	18,4	4,8	29,8	3,3	16,8
осень	3,5	18,6	4,1	30,3	3,0	17,7

Анализ подвижных форм свинца в илах водохранилища показал, что максимальные количества поверхностно-сорбированного свинца отмечены в илах нижнего (10-15%) и среднего участков (8-12 %) Кучурганского водоема, и минимальные – в верхнем его участке - 3,5-5,0 %.

Распределение свинца в гранулометрических фракциях обусловлено количеством пелитовых фракций в илах и количеством в них органических веществ, а так же физико-химическими особенностями самого свинца. Таким образом, подвижность свинца в системе «донные отложения – вода» находится в обратной корреляции с количеством мелкодисперсных фракций и концентрацией органических веществ в илах.

Накопление свинца в гидробионтах. Свинец входит в число самых опасных тяжелых металлов не только для растений и животных, но и для здоровья населения. Имея способность к аккумуляции в растениях и в животных, свинец включен в список приоритетных загрязняющих металлов. Уровень накопления свинца должен быть обязательным показателем при биологическом мониторинге водных и наземных экосистем. Крайне важно вести учет содержания этого металла не только в воде, продуктах питания, но и в окружающих нас предметах и в целом, в среде нашего обитания.

Свинец это токсикант накапливающийся и влияющий практически на все органы и ткани живых систем. Свинец используется при производстве красок, эмалей, в аккумуляторах, входит в состав многих деталей вычислительной техники, обнаружен в яркоокрашенных игрушках, косметических препаратах, особенно он опасен для детского организма. Свинец накапливаясь в печени, почках, костях, вызывает серьезные нарушения в организме человека [187].

Свинец в водных растениях Кучурганского водоема варьирует в большом диапазоне, что обусловлено как биологическими особенностями растений, так и состоянием среды обитания и интенсивностью метаболизма растений, имеющего сезонный характер. Уровень накопления свинца варьировал для водокраса *Hydrocharis morsus-ranae* в диапазоне - 4,8-16,5 мкг/г абс. сух. массы, для рдестов *Potamogeton crispus* - 4,8-15,6 мкг/г абс. сух. массы, *Potamogeton perfoliatus* – 5,2-19,0 мкг/г абс. сух. массы, для роголистника *Ceratophyllum demersum* - 4,2-17,5 мкг/г абс. сух. массы и для листьев и стеблей тростника *Phragmites australis* - 3,2-16,6 мкг/г абс. сух. массы.

Полученные данные свидетельствуют о том, что уровень содержания свинца в макрофитах заметно выше, чем в воде, следовательно, изученные нами водные растения являются макроконцентрами свинца.

Диапазон колебаний концентраций свинца в исследованных **донных беспозвоночных гидробионтах** достаточно большой. В двустворчатом моллюске *Dreissena polymorpha* он составляет – 2,8-20,9 мкг/г абс. сух. массы, для *Viviparus viviparus* - 4,8-24,2 мкг/г абс. сух. массы, для *Lithoglyphus naticoides* - 6,6-52,3 мкг/г абс. сух. массы,

для *Mysidae* 11,0-45,9 мкг/г абс. сух. массы, для личинок *Chironomidae* 25,6-330,6 мкг/г абс. сух. массы. Такие достаточно высокие концентрации свидетельствуют о загрязнении водоема свинцом, так как эти величины близки или выше чем в прошлые годы, когда станция работала на угле и имела самую высокую мощность [176]. Коэффициент биологического накопления свинца в водоеме для донных беспозвоночных достигает величины в 10^4 - 10^7 .

На рисунке 4.13 представлены среднегодовые величины концентраций свинца в моллюсках *Dreissena polymorpha* за последние 8 лет, которые показывают, что уровень накопления неуклонно увеличивается и лишь в 2014 отмечен небольшой спад.

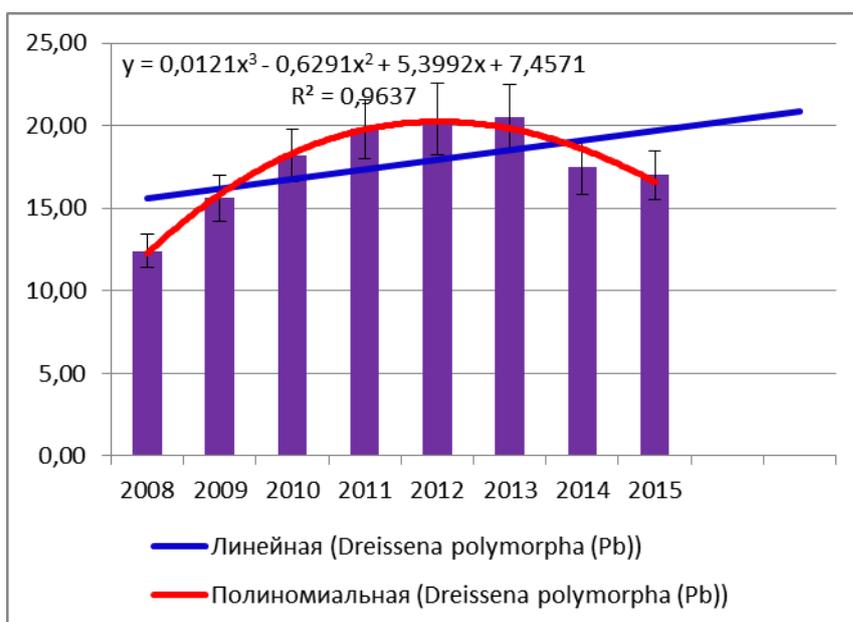


Рис. 4.13. Динамика среднегодовых концентраций свинца в *Dreissena polymorpha* из Кучурганского водоема-охладителя, мкг/г абс. сух. массы

Особо следует также отметить довольно высокое содержание свинца в личинках хирономид *Chironomidae* - более 300 мкг/г абс. сух. массы беспозвоночных, такие концентрации характерны для загрязненных и грязных водоемов.

Анализ динамики накопления свинца в **органах и тканях рыб** нами проведено на массово встречаемых видах карповых и окуневых рыб. Уровень его накопления в мышцах туловища неполовозрелых особей *Carassius auratus gibelio* составил 1,8 -3,4 мкг/г абс. сух. массы, в мышцах *Perca fluviatilis* - от 2,5-2,7 мкг/г абс. сух. массы, *Aristichthys nobilis* от 3,7-4,7 мкг/г абс. сух. массы. При этом минимальные количества были отмечены весной, а максимальные – осенью в октябре. Эти величины несколько выше значений,

полученных в восьмидесятые-девяностые годы, прошлого столетия, и выше таковых в реках Днестр и Прут [179].

Динамика уровня накопления свинца в различных органах рыб представлена в таблице 4.6.

Таблица 4.6. Содержание свинца в органах и тканях половозрелых особей рыб из Кучурганского водоема-охладителя Молдавской ГРЭС мкг/г. абс. сух. массы, 2013 г.

Вид рыб	Pb, $\mu\text{g/g}$ абс. сух. массы					Вес рыбы сырой, грамм	Влажность %
	Мышцы туловища	Гонады	Печень	Жабры	Кожа		
<i>Carassius auratus gibelio</i>	2,6	1,8	3,8	4,2	3,9	320	76,4
	3,5	2,4	4,2	4,0	4,1	440	74,8
<i>Perca fluviatilis</i>	2,7	2,3	3,8	4,8	4,1	380	78,8
	2,9	2,6	4,5	5,0	4,4	400	80,2
<i>Aristichthys nobilis</i>	4,2	2,7	4,9	6,7	5,8	2600	72,5
	5,6	3,5	6,6	8,6	6,9	5100	79,2

Минимальные количества, как и для большинства металлов, отмечены в гонадах и мышцах туловища, а максимумы - в коже и жабрах, где кроме биологических идут процессы адсорбции металлов из водной среды.

Исследованные растения, донные беспозвоночные и рыбы довольно четко отражают динамику накопления металлов в изучаемом водоеме, и они вполне могут быть использованы, как организмы-мониторы, для биологического мониторинга свинца в поверхностных водах.

4.4. Динамика содержания и распределение никеля в экосистеме водоема

В природных водах нахождение никеля характеризует состав пород, через которые вода проходит. Это довольно распространенный элемент. Его обнаруживают в областях месторождений сульфидных медно-никелевых руд и железо-никелевых руд [167]. По распространенности в земной коре он занимает пятое место после железа, кислорода, магния и кремния. И его средняя концентрация в ней составляет приблизительно 0,008%. В почвообразующих породах Молдовы, в зависимости от состава

содержится от 7-58 мг/кг никеля [173]. Соединения никеля в поверхностных водах могут мигрировать во взвешенном, коллоидном и растворенном состоянии.

Количественные соотношения различных форм миграции никеля зависят от состава воды, значения рН и температуры. Чаще всего его растворенные формы образуют комплексные ионы с аминокислотами, гуминовыми и вульфокислотами [190]. Высокодисперсный карбонат кальция, глина, а так же гидроксид железа и органические вещества могут быть сорбентами соединений никеля. Доминирующей формой миграции никеля в незагрязненных поверхностных водах являются его двухвалентные ионы Ni^{2+} , и соединения трехвалентного никеля Ni^{3+} , которые образуются, в основном, в щелочной среде [189].

Атмосферные осадки, горные породы и почвы являются естественными источниками поступления никеля в поверхностные воды [190].

Одним из основных антропогенных источников выбросов никеля, является сжигание ископаемого топлива. Электростанции, работающие на угле, осуществляют выброс в атмосферу мельчайших частиц (диаметром не более 0,98 мкм) содержащих достаточно высокие концентрации никеля [191]. Более существенным источником загрязнения считается сжигание нефти [192, 193]. Так в образцах летучей золы, полученной от предприятий, работающих на нефти, было обнаружено 60-100% растворимых в воде компонентов никеля, а у предприятий, работающих на угле, количество растворимых в воде соединений составляло 20-80% [194].

Преобладающей формой никеля, присутствующей в выбросах электростанций, работающих на нефти и угле, является сульфат никеля. В незначительных количествах он представлен в виде окиси никеля и его соединений с другими металлами в составе различных оксидов [195]. В окружающей среде никель мигрирует и распространяется в зависимости от метеорологических условий и размера частиц. Большие частицы оседают, как правило, около источника их выброса, а мелкие разносятся на большие расстояния и более длительное время находятся в атмосфере (приблизительно 6-8 дней) [198].

В водные объекты никель попадает из почв, при распаде растительных и животных организмов, со сточными водами цехов никелирования, никелевых обогатительных фабрик, заводов по производству каучука и в результате деятельности ТЭС. В речных водах этот элемент мигрирует в основном в виде мелкодисперсных частиц и органоминеральных соединений, а ионная форма и соединения с органическими веществами преобладают в озерах [188, 197].

В Кучурганском водохранилище динамика концентрации никеля в воде, взвешенных веществах и донных отложениях и гидробионтах всецело зависит от функционирования станции. Его миграционную способность обуславливают тепловая нагрузка на водоем, pH воды и ее удельная электропроводность.

Среднемультилетняя величина концентраций представлена на рисунке 4.14.

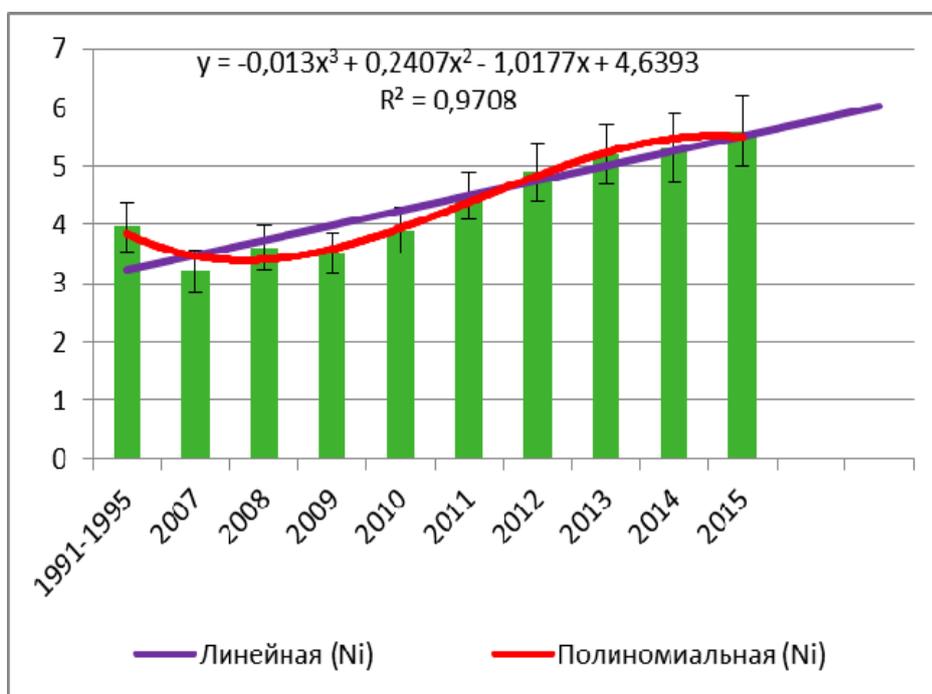


Рис. 4.14. Динамика среднегодовых величин концентраций никеля в воде Кучурганского водоема-охладителя (мкг/л) в 1991-1995 и 2007-2015 гг.

Начиная с 2010 года, мы наблюдали неуклонный рост его концентрации в воде водоема - охладителя. При этом в протоке Турунчук и реке Кучурган, концентрация никеля ниже более чем в 2 раза и не превышает 2,6 мкг/л, это еще раз свидетельствует о зависимости уровня содержания этого металла в водоеме-охладителе от функционирования станции. Повышение температуры воды и изменения величины pH, наряду с выбросами станции способствуют увеличению процессов миграции никеля в водной среде.

Если рассмотреть сезонную динамику никеля, то летом его концентрация была максимальная в среднем участке и достигла 6,8 мкг/л, а минимальная – 4 мкг/л, летом в среднем и осенью в нижнем участках водоема (рисунок 4.15).

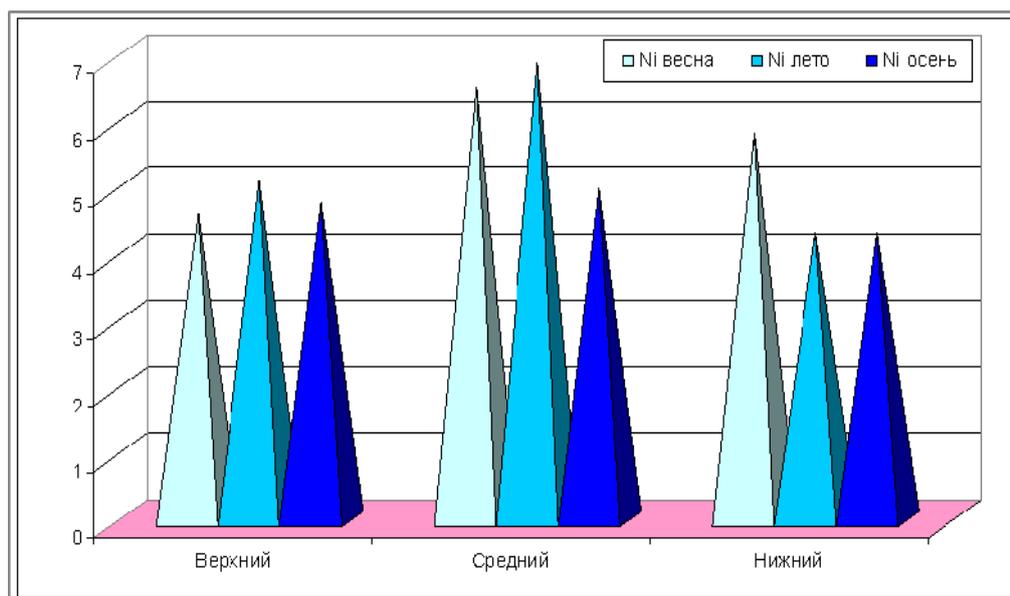


Рис. 4.15. Сезонная динамика величин концентраций никеля (Ni) в воде Кучурганского водоема-охладителя (мкг/л) по участкам в 2012 году.

Следует отметить наличие прямой корреляции между концентрацией никеля и сульфатов в воде водоема-охладителя ($r > 0,85$), это дополнительно подтверждает влияние функционирования теплоэлектростанции на динамику этого металла в экосистеме водоема - охладителя.

В атмосферных осадках концентрация никеля в зоне теплоэлектростанции составила 3,8-6,2 мкг/л, что заметно выше таковых вне станции -1,5-2,5 мкг/л.

Следует отметить, что и в водоотводящем канале Молдавской ГРЭС весной уровень растворенного никеля составлял 7,6 мкг/л, летом - 8,8- мкг/л и осенью - 5,8 мкг/л. Это еще одно подтверждение прямого влияния станции на уровень этого металла в экосистеме водоема - охладителя.

Уровень накопления никеля в донных отложениях Кучурганского водоема-охладителя достаточно высок, выше, чем в почвах региона. При этом максимальные концентрации обнаружены в пелитовых фракциях с диаметром менее 0,005 микрон в верхнем и среднем участках водоема, а минимальные в более крупных фракциях 0,010-0,100 микрон – в нижнем участке (рисунок 4.16).

Более 80% от валового содержания никеля сконцентрировано в иловых фракциях с диаметром менее 0,005мм. Валовое содержание никеля в илах Кучурганского водоема составляет от 205 до 230 мкг/ абс. сух. массы донных отложений, что в 5-6 раз выше, чем в почвах региона и оно находится в прямой корреляции с количеством пелитовых частиц и органического вещества в илах ($r > 0,75$).

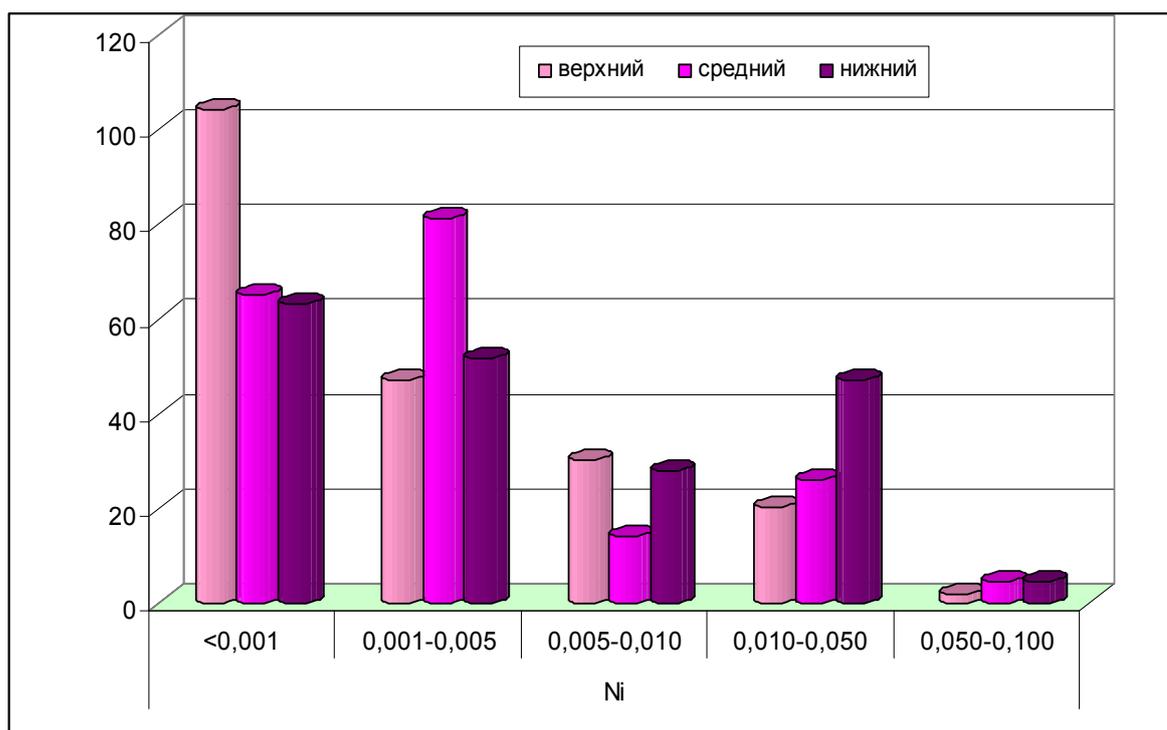


Рис. 4.16. Динамика содержания никеля в гранулометрических фракциях илов по участкам Кучурганского водоема-охладителя, мкг/г абс. сух. массы

В иловых растворах концентрации никеля в 3-5 раз выше, чем в водной среде водоема охладителя и варьируют в диапазоне от 15,8 до 21,9 мкг/л. Это свидетельствует о миграции никеля из водной толщи в донные отложения.

К осени прослеживается увеличение концентраций никеля в иловых растворах донных отложений водоема-охладителя. Максимальные концентрации никеля отмечены в среднем участке, минимальные – в нижнем (Таблица. 4.7).

Таблица 4.7. Средние концентрации никеля мкг/л в иловых растворах и придонной воде из Кучурганского водоема-охладителя, мкг/л

сезон	верховье		середина		низовье	
	Вода	Иловый раствор	Вода	Иловый раствор	Вода	Иловый раствор
весна	5,6	17,8	5,9	19,0	4,8	15,8
лето	6,0	18,8	6,7	19,9	5,8	16,8
осень	5,0	19,7	5,7	21,9	5,2	17,8

Миграция никеля в системе вода - иловые растворы - иловые отложения зависит от целого комплекса природных и антропогенных факторов, но в большинстве случаев она идет сверху вниз. Диффузии никеля из илов в водную толщу нами не было отмечено, но оно возможно в верхних мелководных участках, при интенсивных процессах сульфатредукции.

Анализ подвижных форм никеля в донных отложениях водохранилища показал, что максимальные количества поверхностно - сорбированного никеля отмечено в илах нижнего (до 50%) и среднего участков (до 40 %) Кучурганского водохранилища, и минимальное – в верхнем участке - до 25-30%. В ассоциации с органическими веществами находится 10-15 процентов подвижного никеля. Это обусловлено гранулометрическим составом илов и количеством в них органических веществ. Подвижность никеля выше в илах с меньшим количеством пелитовых фракций и органического вещества.

Накопление никеля в гидробионтах. Установлено, что более токсичными в сравнении с комплексными соединениями являются свободные ионы никеля Ni^{2+} . Соединения никеля играют важную роль в кроветворных процессах живого организма, являясь катализаторами. В тоже время, повышенное содержание никеля оказывает негативное воздействие на сердечно - сосудистую систему теплокровных животных, в том числе и человека [198].

Доказана способность никеля вызывать респираторные заболевания и его принадлежность к числу канцерогенных элементов [199].

Влияние никеля на продукционно-деструкционные процессы в водоемах, зависит от целого комплекса факторов среды обитания. Проведенные ранее эксперименты с рыбами свидетельствуют, что по отношению к карповым рыбам никель менее токсичен, чем кадмий и свинец, но более токсичен, чем медь и цинк [179].

В водных растениях Кучурганского водоема никель варьирует в концентрациях от единиц до нескольких десятков мкг/г абс. сух. массы растений в зависимости от видового разнообразия растений, сезонов года и в целом от состояния среды их прорастания [169].

Уровень накопления никеля в листьях и стеблях тростника *Phragmites australis* варьировал в диапазоне 3,2-35,6 мкг/г абс. сух. массы, в рдестах: *Potamogeton crispus* - 4,8-30,6 мкг/г абс. сух. массы и в *Potamogeton perfoliatus* - 5,0-32,2,0 мкг/г абс. сух. массы, в роголистнике *Ceratophyllum demersum* - 8,2-27,5 мкг/г абс. сух. массы и в водокрасе *Hydrocharis morsus-ranae* в диапазоне 7,8-29,6 мкг/г абс. сух. массы. Таким образом, водные растения являются мощными аккумуляторами никеля и, полученные нами данные,

превышают значения, полученные в восьмидесятые - девяностые годы прошлого столетия [169].

Следует заметить, что и в *донных беспозвоночных гидробионтах* уровень накопления никеля тоже заметно выше, чем в прошлые годы. В двустворчатом моллюске *Dreissena polymorpha* он составляет – 7,8-70,9 мкг/г абс. сух. массы, для *Viviparus viviparus* – 28,8-89,2 мкг/г абс. сух. массы, для *Lithoglyphus naticoides* - 30,2-92,3 мкг/г абс. сух. массы, для *Mysidae* 11,2-35,1 мкг/г абс. сух. массы и для личинок *Chironomidae* 25,8-500,6 мкг/г абс. сух. массы.

Ниже показаны средние величины концентраций никеля в моллюсках *Dreissena polymorpha* за последние 8 лет, из которых следует, что уровень накопления никеля имеет четкую тенденцию увеличения во времени (рисунок 4.17).

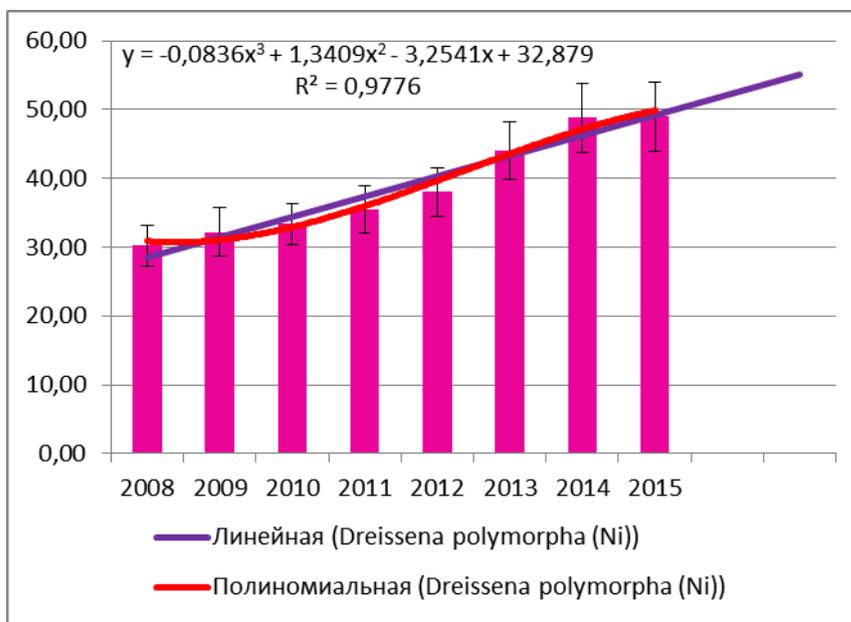


Рис. 4.17. Динамика среднегодовых концентраций никеля в *Dreissena polymorpha*, из Кучурганского водоема - охладителя, мкг/г абс. сух. массы

Как и в динамике накопления свинца, мы обнаружили высокое содержание никеля в личинках хирономид *Chironomidae* - более 500 мкг/г абс. сух. массы беспозвоночных, такие концентрации характерны для грязных водоемов. Учитывая факт, что *Chironomidae* являются кормом для рыб, это не может не вызывать опасения накопления никеля по трофической цепи.

Все вышеизложенное свидетельствует о загрязнении водоема-охладителя во времени никелем, так как указанные концентрации в большинстве своем превышают значения, полученные в прошлые годы, когда станция работала на угле и имела самую

высокую мощность [176]. Коэффициент биологического накопления никеля для донных беспозвоночных достигает величины в 10^5 - 10^7 .

Представляет интерес динамика **накопления никеля в органах и тканях рыб**. Как и для других металлов мы исследовали карповые и окуневые виды рыб. Уровень накопления в мышцах туловища неполовозрелых особей *Aristichthys nobilis* был в диапазоне - 4,4- 7,7 мкг/г абс. сух. массы, *Carassius auratus gibelio* - 3,8 -5,6 мкг/г абс. сух. массы, *Perca fluviatilis* - от 2,9-4,4 мкг/г абс. сух. массы. При этом минимальные количества были отмечены весной, а максимальные – летом для толстолобиков и карася, а осенью – для речного окуня. Эти величины концентраций никеля выше таковых в молоди рыб из рек Днестр и Прут [180] и превышают в 2-3 раза значения, полученные в водоеме-охладителе в восьмидесятые - девяностые годы прошлого столетия (Таблица 4.8).

Таблица 4.8. Содержание никеля в органах и тканях половозрелых особей рыб из Кучурганского водоема-охладителя Молдавской ГРЭС мкг/г абс. сух. массы, 2013 г.

Вид рыб	Ni, µg/g абс. сух. массы					Вес рыбы сырой, грамм	Влажность %
	Мышцы туловища	Гонады	Печень	Жабры	Кожа		
<i>Carassius auratus gibelio</i>	12,5	4,8	11,6	10,2	13,5	320	76,4
	15,6	5,4	12,2	9,0	16,8	440	74,8
<i>Perca fluviatilis</i>	8,5	5,5	8,8	9,1	12,6	380	78,8
	10,9	4,3	10,1	8,1	12,7	400	80,2
<i>Aristichthys nobilis</i>	9,4	6,6	18,8	12,7	35,8	2600	72,5
	16,4	7,6	22,1	18,2	44,7	5100	79,2

Минимальные количества, как и для большинства металлов, отмечены в гонадах и мышцах туловища, а максимальные - в печени, коже и жабрах, то есть в органах непосредственно контактирующих с водной средой.

В целом динамика накопления никеля в водных растениях, донных беспозвоночных и органах и тканях исследованных карповых и окуневых рыб зависит от динамики никеля в воде и донных отложениях водоема-охладителя, которая находится в прямой зависимости от функционирования теплоэлектроцентрали. К сожалению, нам не удалось собрать образцы крупных особей рыб, в особенности толстолобиков (более 10 кг), для сопоставления с материалами за прошлые годы.

4.5. Динамика содержания и распределение меди в экосистеме водоема.

Медь это один из важнейших микроэлементов, физиологическую значимость которого трудно переоценить, так как это элемент от которого зависят окислительно-восстановительные процессы, протекающие в природе. Естественная концентрация меди в земной коре составляет около 60 мг/кг [200].

Медь является составной частью более чем 155 природных минералов, уровень содержания меди в почвах зависит от типа самих почв, почвообразующих пород, наличия в них органических веществ, самой структуры почв и целого комплекса физико-химических и биологических параметров [201, 202]. В пресной воде и в незагрязненных водах содержание меди варьирует от 0,01 до 20 мкг/л [203].

Формы миграции меди многочисленны: растворенные минеральные, органические соединения, коллоидные формы, в большинстве своем, это комплексы с гумусовыми и вульфокислотами, взвешенные формы – адсорбированные, органоминеральные. В растворенном виде чаще встречаются соединения двухвалентной и реже - одновалентной меди, а также труднорастворимые в воде окислы, сульфиды, хлориды и другие соли меди. Но самую большую группу химических соединений составляют комплексы меди с органическими кислотами и адсорбированные ассоциаты меди [204].

Медь крайне необходимый микроэлемент для роста и развития растений и животных, но при высоких концентрациях это высокотоксичный металл. Достаточно отметить, что при концентрации меди в 10 мкг/л – наблюдаются процессы тормозящие самоочищение водоемов, а концентрации более 20 мкг/л тормозят продукционные процессы [177], концентрации менее 5 мкг/л угнетают развитие икры осетровых рыб.

Около 66% меди, попадающей в окружающую среду, имеет антропогенное происхождение [205]. Из антропогенных источников поступления меди, следует отметить выбросы различных отраслей промышленности, сжигание угля на электростанциях, сжигание отходов.

В атмосфере медь большей частью, находится в виде мелкодисперстных твердых частиц, ее содержание в исходном угле составляет 5,6 мг/кг, а в золе 4,2 мг/кг [59]. В почвенном слое период вымывания меди составляет от 300- 500 лет [206].

Значительное количество меди поступает в окружающую среду, в том числе и в водные экосистемы, с поверхностным стоком с сельскохозяйственных территорий, так как

медь входит в состав многих агрохимикатов (медный купорос, купрозан, ценеб и другие), используемых для борьбы с болезнями и вредителями сельскохозяйственных культур.

В водных экосистемах интенсивность и формы миграции меди, определяются влиянием процессов образования комплексов с неорганическими и органическими лигандами, адсорбции меди на оксидах железа и марганца, а также процессами адсорбции и оседания меди на природных, глинистых частицах взвешенных веществ [207].

Миграционная способность меди увеличивается при увеличении кислотности поверхностных вод.

Количество водорастворимой меди в поверхностных водах, повышает наличие растворенных органических соединений, в частности вульфо-гуминовых кислот и других веществ, которые образуют водорастворимые высокоподвижные комплексные соединения меди [208].

В Кучурганском водоеме – охладителе динамика содержания меди так же, в определенной степени, зависит от функционирования теплоэлектростанции, но в отличие от молибдена и ванадия она не так явно выражена. В то же время нами отмечено, что уровень содержания меди в водоотводящих каналах зачастую в 2-3 раза выше, чем в водоподающих. Кроме того в атмосферных осадках, отобранных в зоне теплотстанции уровень меди варьировал от 1,2 до 4,2 мкг/л растворенной меди, вне станции - от 0,5 до 2,3 мкг/л.

Нами не установлено статистической зависимости уровня содержания меди от величин температуры, значений рН и удельной электропроводности воды в водоеме.

Среднее содержание растворенной меди в последние годы варьирует в интервале 1,4-5,4 мкг/л., а в протоке Турунчук и речке Кучурган ее содержание не превысило 2,8 мкг/л.

Многолетняя динамика меди в воде водоема-охладителя зависит от целого комплекса природных и антропогенных факторов. Очевидна тенденция постепенного повышения концентраций меди начиная с 2009 года (рисунок 4.18), в 2010 году содержание ее достигло величин сопоставимых с таковыми в 1991-1995 гг., но они еще значительно ниже тех, которые наблюдались в водоеме в восьмидесятые годы прошлого столетия, когда уровень металла достигал десятков мкг/л. Последнее было обусловлено интенсивным применением соединений меди в сельскохозяйственном производстве и сжигании на теплоэлектростанции большого количества угля и мазута.



Рис. 4.18. Динамика среднегодовых величин концентраций меди в воде Кучурганского водоема-охладителя (мкг/л) в 1991-1995 и 2007-2015 гг.

В сезонном аспекте уровень содержания растворенной меди был несколько ниже в летний период, что вероятнее всего можно объяснить использованием ее водной растительностью и несколько более высоким значением рН воды и температуры в этот период времени, что затрудняло миграцию растворенной меди. Осенью отмечены более высокие концентрации в среднем и верхнем участках водоема (рисунок 4.19).

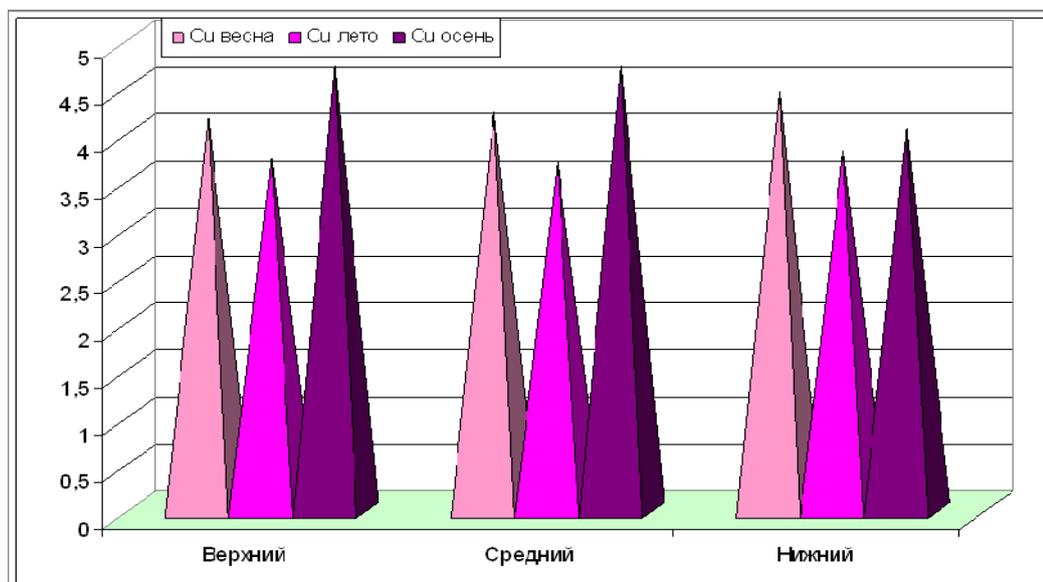


Рис. 4.19. Сезонная динамика величин концентраций меди (Cu) в воде Кучурганского водоема-охладителя (мкг/л) по участкам в 2012 году.

В донных отложениях содержание меди может достигать очень высоких концентраций - от 800 мг/кг до 5000 мг/кг [207]. Это обусловлено высокой способностью меди адсорбироваться на поверхности взвешенных веществ, гидроксидов железа и марганца, образовывать комплексы с высокомолекулярными органическими соединениями, участвовать в ионном обмене с глинистыми частицами и осаждаться в донные отложения [208].

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

О процессах осаждения меди в донные отложения Кучурганского водоема охладителя свидетельствует и то, что содержание ее в иловых растворах в 2-6 раз больше чем в придонных слоях воды.

Валовая концентрация меди в иловых отложениях верхнего участка водоема составила 64,5-94,0 мкг/г абс. сух. массы, в среднем участке - 150-166 мкг/г абс. сух. массы, и в нижнем участке – 90-120,5 мкг/г абс. сух. массы, что на 10-15% ниже чем в 80-е годы прошлого столетия.

Распределение меди по гранулометрическим фракциям илов (рисунок 4.20) показывает, что в пелитовых мелкодисперсных фракциях с диаметром частиц от менее 0,001 до 0,005 микрон сконцентрирована большая часть меди (59-62% от валового содержания).

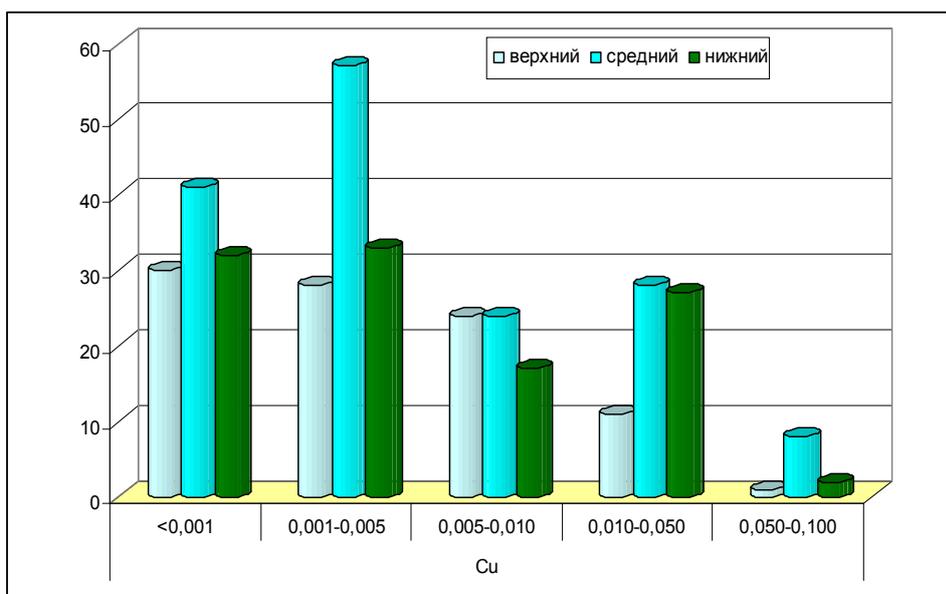


Рис. 4.20. Динамика содержания меди в гранулометрических фракциях илов по участкам Кучурганского водоема-охладителя, мкг/г абс. сух. массы

На втором месте находятся фракции с диаметром частиц 0,010-0,050 микрон, максимальные концентрации наблюдаются в среднем и нижнем участках. Но достоверной корреляции, между валовой концентрацией меди в илах с органическим веществом и пелитовыми фракциями илов, мы не установили.

Как было отмечено выше, более подвижной формой миграции металлов в илах является иловый раствор. Концентрация меди в иловом растворе практически была всегда выше, чем в воде (Таблица 4.9).

Таблица 4.9. Средние концентрации меди мкг/л в иловых растворах и придонной воде из Кучурганского водоема-охладителя, мкг/л

сезон	верховье		середина		низовье	
	Вода	Иловый раствор	Вода	Иловый раствор	Вода	Иловый раствор
весна	4,02	11,2	4,22	11,9	4,44	8,65
лето	3,73	16,2	3,69	20,2	3,81	19,9
осень	4,72	14,1	4,72	16,1	4,12	12,0

Как следует из данных таблицы, в иловых растворах максимумы отмечены летом, а в воде - наоборот концентрации растворенной меди летом минимальны. Последнее является подтверждением более интенсивной миграции меди из водных слоев в иловые, при повышенных температурах воды, уменьшении концентрации растворенного в воде кислорода, повышении величин рН и минерализации воды, что характерно для летнего периода времени.

Анализ подвижных форм металла в илах водохранилища показал, что количества поверхностно - сорбированной меди не превышает 10 %, в ассоциации с органическим веществом находится около 6 %, а вот в ассоциации с аморфными гидроксидами железа и марганца - более 25-45 % от валового количества, при этом, максимумы отмечены в нижнем участке водоема - охладителя. Все это и подтверждает отсутствие четкой корреляции концентраций меди от органических веществ и количеств мелкодисперсных фракций илов.

Накопление меди в гидробионтах. Общеизвестно, что соединения меди, зачастую используют в борьбе с зарастанием и «цветением» водоемов, это связано с альдигидными свойствами меди. Но она обладает и особенностью интенсивно

накапливаться в растениях, об этом свидетельствует уровень ее накопления в макрофитах из Кучурганского водоема.

Проведенные исследования показали, что **уровень накопления меди, в растениях**, отобранных из Кучурганского водоема-охладителя составляет; для рдестов *Potamogeton crispus* - 17,8-32,6 мкг/г абс. сух. массы, *Potamogeton perfoliatus* - 22,2-36,5 мкг/г абс. сух. массы, для водокраса *Hydrocharis morsus-ranae* - 26,8-50,6 мкг/г абс. сух. массы, для роголистника – *Ceratophyllum demersum* - 20,2-45,5 мкг/г абс. сух. массы и для листьев и стеблей тростника *Phragmites australis* - 4,5-28,8 мкг/г абс. сух. массы. Учитывая интенсивное развитие, указанных макрофитов, их роль в миграции меди в водоеме-охладителе трудно переоценить.

Особая роль в круговороте меди принадлежит и **донным беспозвоночным** [135]. Диапазон колебаний концентраций в исследованных нами донных животных достаточно большой и составляет; для *Mysidae* 15,9-124,6 мкг/г абс. сух. массы, для *Chironomidae* 25,9-380,6 мкг/г абс. сух. массы, для *Dreissena polymorpha* - 2,8-88,1 мкг/г абс. сух. массы, для *Viviparus viviparus* - 21,8-772,4 мкг/г абс. сух. массы, для *Lithoglyphus naticoides* 12,6-61,3 мкг/г абс. сух. массы. Столь высокие концентрации в донных беспозвоночных свидетельствуют о загрязненности водной массы и в особенности донных отложений водоема - охладителя, соединениями меди.

Проведенные исследования и имеющиеся материалы Лаборатории гидробиологии и экотоксикологии позволили сопоставить среднегодовые величины концентраций меди в моллюсках на примере *Dreissena polymorpha* из Кучурганского водоема за последние 8 лет (рисунок 4.21). Из представленных данных следует, что ее уровень накопления в дрейссене имеет четкую тенденцию к увеличению, и эти величины, полученные в последние 2 года, близки к таковым в восьмидесятые годы прошлого столетия [176].

Уровень накопления в исследованных представителях зообентоса является показателем загрязненности водоема медью, а коэффициент биологического накопления достигает высоких величины и составляет 10^5 - 10^6 .

Уровень содержания меди в органах и тканях рыб имеет особую значимость не только для мониторинга водных экосистем, но и в плане оценки пищевой ценности рыбной продукции. Нами было исследовано накопление этого металла на различных массово встречаемых видах карповых и окуневых рыб.

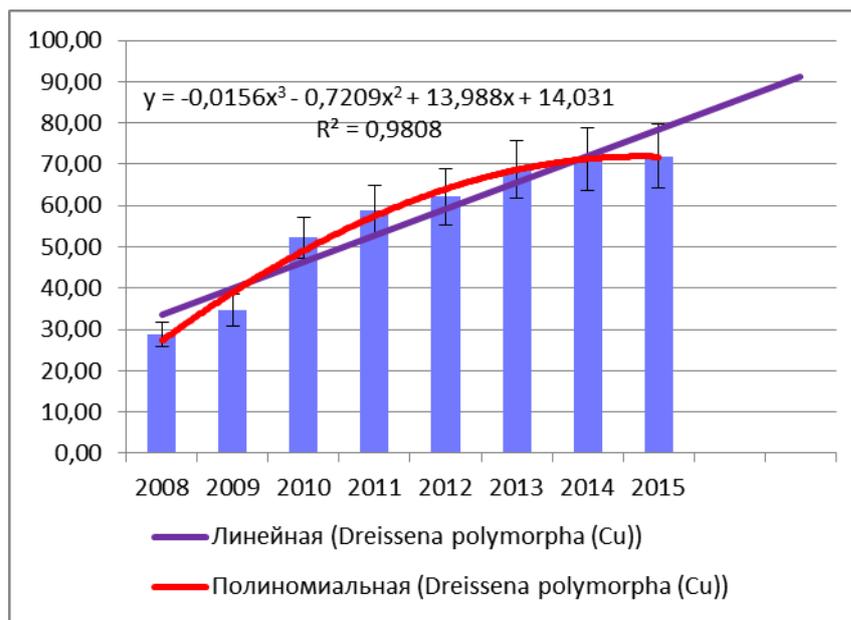


Рис. 4.21. Динамика среднегодовых концентраций меди в моллюске *Dreissena polymorpha*, из Кучурганского водоема - охладителя, мкг/г абс. сух. массы.

Величины концентраций меди в мышцах туловища неполовозрелых особей *Aristichthys nobilis* были в диапазоне от 2,4 до 3,6 мкг/г абс. сух. массы, *Carassius auratus gibelio* – от 2,2 до 2,8 мкг/г абс. сух. массы, в мышцах *Perca fluviatilis* - от 2,1 до 4,0 мкг/г абс. сух. массы. В большинстве случаев прослеживается увеличение концентрации меди в мышцах молоди рыб от весны к осени.

Уровень накопления меди в различных органах половозрелых особей карася *Carassius auratus gibelio*, речного окуня *Perca fluviatilis* и толстолобика *Aristichthys nobilis* показывает, что минимальные количества (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 (Таблица 4.10).

Для меди характерно высокое накопление в печени рыб, так как это элемент, участвует в липидном, белковом и углеводном обменах водных животных, а также в окислительно-восстановительных процессах. Минимальные концентрации отмечены в мышцах и гонадах исследованных рыб.

Следует отметить, что уровень меди в изученных видах достаточно высокий, превышающий средние данные для пресноводных экосистем, но ниже концентраций, наблюдаемых в восьмидесятые годы прошлого столетия в крупных особях рыб из Кучурганского водоема - охладителя [179].

Таблица 4.10. Содержание меди в органах и тканях половозрелых особей рыб из Кучурганского водоема-охладителя Молдавской ГРЭС мкг/габс. сух. массы, 2013 г.

Вид рыб	Cu, $\mu\text{g/g}$ абс. сух. массы					Вес рыбы сырой, грамм	Влажность %
	Мышцы туловища	Гонады	Печень	Жабры	Кожа		
<i>Carassius auratus gibelio</i>	5,8	13,2	24,2	6,2	14,9	320	76,4
	6,0	16,4	28,2	6,4	18,1	440	74,8
<i>Perca fluviatilis</i>	4,6	6,2	23,0	9,8	20,6	380	78,8
	6,6	8,3	27,6	8,2	23,0	400	80,2
<i>Aristichthys nobilis</i>	14,0	6,1	29,9	12,7	22,8	2600	72,5
	17,22	7,7	32,6	18,9	36,8	5100	79,2

4.6. Динамика содержания и распределение цинка в экосистеме водоема.

Цинк это один из важнейших микроэлементов - металлов, участвующий во многих биохимических процессах, зачастую его называют “элементом жизни, размножения, роста”. Это довольно распространенный в природе элемент, он занимает 24 место по содержанию в земной коре, его кларк равен 76 мг/кг [209].

Процессы растворения и разрушения горных пород и таких минералов, как цинкит, каламин, смитсонит, сфалерит, являются природными источниками цинка в природных водах. В водные экосистемы значительная часть цинка попадает в результате техногенного загрязнения [209].

Антропогенными факторами поступления цинка являются сточные воды гальванических цехов и обогатительных фабрик, производств минеральных красок, вязкого волокна, пергаментной бумаги, а также поверхностный сток с сельскохозяйственных угодий, где используются агрохимикаты, содержащие цинк - цинк, трихлорфенолят, фосфид цинка и др. [210].

Сжигание топлива, процессы эрозии почв, автомобильные выбросы - это прямые источники поступления цинка в окружающую среду. Общий выброс этого металла в атмосферу составляет более 70,250-193,500 тонн в год [53, 211]. В составе мелкодисперсных частиц, цинк может переноситься на значительно большие расстояния от источника выброса. В летний период концентрация цинка в атмосфере обычно выше, чем в зимний [212].

Значительная часть цинка поступает на поверхность водоемов и водотоков с атмосферными осадками, как в растворенном, так и во взвешенном состоянии [213].

В поверхностных водах цинк мигрирует в растворенном состоянии (45-50%), в коллоидной и взвешенной формах миграции (50-55%). В растворенном виде цинк большей частью мигрирует в ионном виде или в комплексах с органическими или неорганическими соединениями [214, 215].

Миграционная способность цинка достаточно высокая и обусловлена его физико-химическими свойствами, величинами рН, окислительно-восстановительного потенциала, минерализации воды, количеством органических веществ [216].

В загрязненных водах цинк формирует комплексы с многочисленными неорганическими и органическими лигандами [181]. При пониженном количестве органических веществ в воде доминирующей формой цинка являются карбонаты и гидрокарбонаты.

В отличие от других металлов этот элемент может находиться в ионном состоянии при достаточно высоких значениях рН. В поверхностных природных водах доминирующей формой являются ионные формы цинка $[Zn(OH)]^+$ [217].

Цинк интенсивно адсорбируется взвешенными веществами, а также образует ассоциаты с гидроксидами марганца и железа и с органическими веществами глинистых минералов [221], что способствует его аккумуляции в иловых отложениях.

При увеличении солености и уменьшении рН происходит обратный процесс десорбции из донных отложений и взвешенных веществ в водную среду [218].

Содержание цинка в воде Кучурганского водоема в последние годы варьировало в диапазоне 18,4-32,8 мкг/л., в воде протока Турунчук и речки Кучурган его уровень был значительно ниже и составлял лишь 5,4-6,8 мкг/л.

Следует отметить, что начиная с 2010 года, прослеживается четкая тенденция увеличения концентрации цинка в воде водоема - охладителя. Но в настоящее время, концентрации цинка не достигли величин, характерных для девяностых годов прошлого столетия (рисунок 4.22). Тем более, их нельзя сравнивать с восьмидесятыми годами, когда концентрации этого элемента в водоеме, составляли несколько десятков мкг/л (45-70 мкг/л), что было обусловлено интенсивным применением в сельском хозяйстве различных цинксодержащих агрохимикатов, в частности цинеба [175].



Рис. 4.22. Динамика среднегодовых величин концентраций цинка воде Кучурганского водоема-охладителя (мкг/л) в 1991-1995 и 2007-2015 гг.

Необходимо отметить, что в водоотводящих каналах станции концентрация цинка временами в 2 раза выше, чем на акватории водоема у водозабора.

В протоке Турунчук и речке Кучурган содержание цинка в воде варьирует от 5,8 мкг/л до 8,4 мкг/л.

Содержание цинка в *атмосферных осадках*, собранных в зоне водоема-охладителя (10-38 мкг/л), и вне зоны станции (5-12 мкг/л) является подтверждением загрязнения окружающей среды в процессе функционирования теплоэлектростанции.

Сезонная динамика содержания цинка демонстрирует четкое увеличение концентраций от весны к осени, при этом максимальные концентрации характерны всегда для среднего, а минимальные для нижнего участков Кучурганского водоема - охладителя (рисунок 4.23).

Валовое содержание цинка в донных отложениях водохранилища варьирует в пределах от 185 до 196 мкг/г абс. сух. массы в верхнем участке водоема, от 195 до 209 мкг/г абс. сух. массы - в среднем участке и от 180 до 190 мкг/г абс. сух. массы в нижнем участке.

Динамика валового содержания цинка в иловых отложениях и распределение по гранулометрическим фракциям илов, как и количество его в подвижных формах находится в функциональной зависимости от количества пелитовых фракций и концентрации органического вещества в илах ($r > 80$).

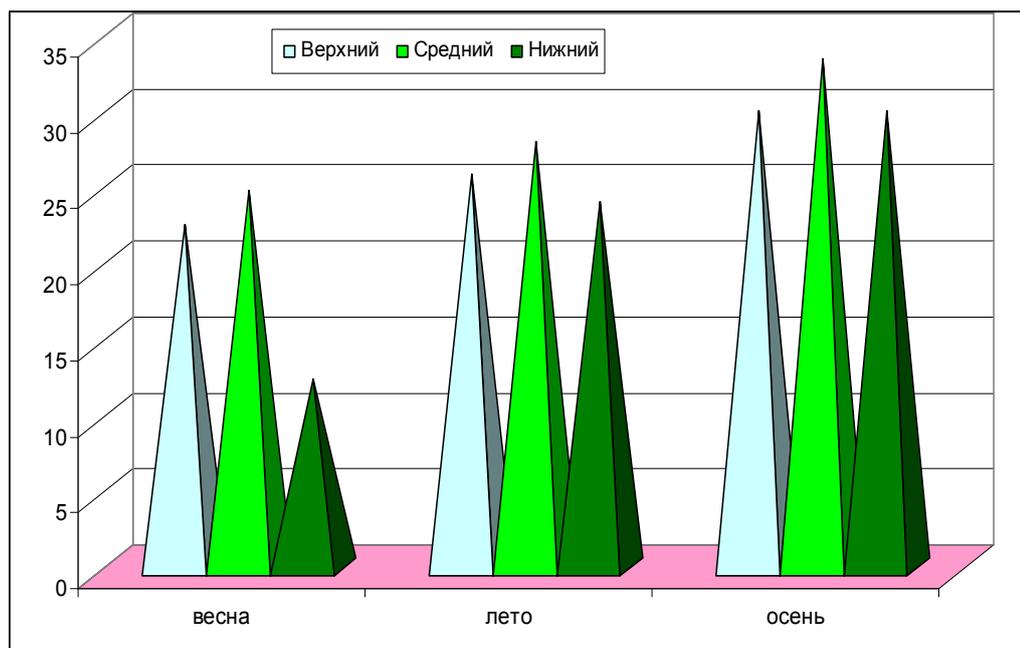


Рис. 4.23. Сезонная динамика величин концентраций цинка (Zn) в воде Кучурганского водоема - охладителя (мкг/л) по участкам в 2012 году.

В верхнем участке водохранилища-охладителя распространены мелкодисперсные и богатые органическим веществом илы, а в нижней части водоема - количество пелитовых фракций илов и органических веществ заметно ниже.

Исследования показали, что в пелитовых мелкодисперсных фракциях илов Кучурганского водохранилища с диаметром частиц менее $<0,001$ микрон, сконцентрировано более 40-41,4 % цинка от валового его содержания, во фракциях с диаметром 0,001-0,005 микрон -25-28,9%, (максимальные величины отмечены в среднем участке), а минимальное количество – 1,6-2,8% от валового содержания - во фракциях с диаметром 0,050-0,1 микрон (рисунок 4.24) .

Количества поверхностно-сорбированного цинка в илах водохранилища варьирует от 10 до 18%, в ассоциации с органическим веществом находится 2-10 %, и в ассоциации с аморфными гидроксидами железа и марганца - более 12-32 % от валового количества. Максимальные величины подвижных форм цинка отмечены в илах нижнего участка.

Соотношение концентраций цинка в придонной воде и самой подвижной части илов - иловом растворе (Таблица. 4.11) свидетельствует о том, что миграция цинка идет сверху – вниз, то есть из водной среды в донные отложения.

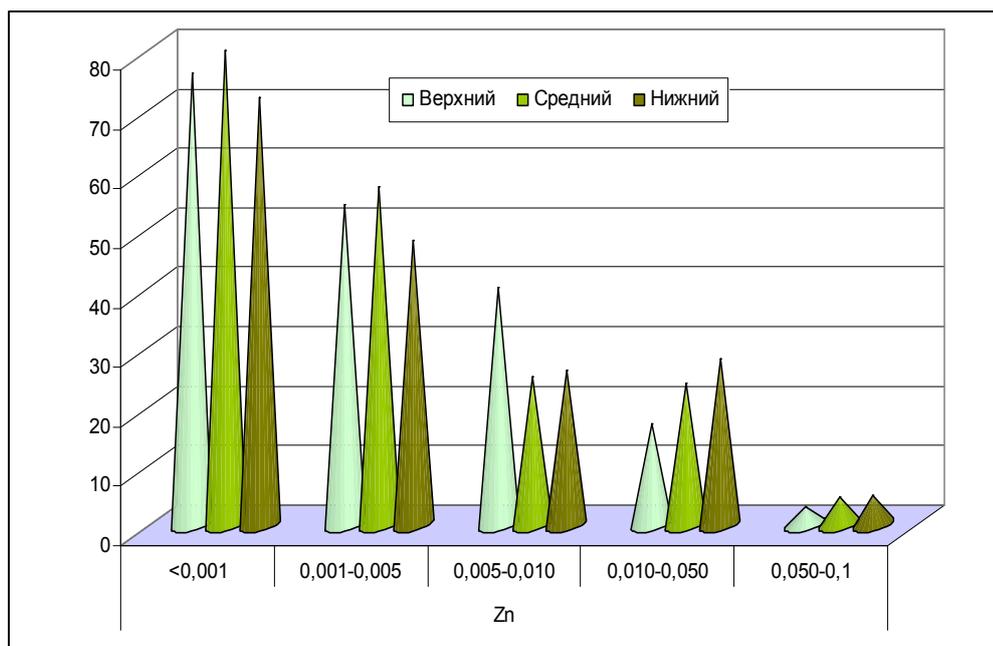


Рис. 4.24. Динамика содержания цинка в гранулометрических фракциях илов по участкам Кучурганского водоема-охладителя, мкг/г абс. сух. массы

Диапазон концентраций цинка, как в придонной воде (20-60 мкг/л), так и в иловых растворах (74-116 мкг/л) достаточно большой, максимумы характерны для иловых растворов из среднего участка водоема - охладителя, а в сезонном аспекте наблюдается увеличение концентраций от весны к осени на всех участках водоема-охладителя (Таблица. 4.11).

Таблица 4.11. Средние концентрации цинка мкг/л в иловых растворах и придонной воде из Кучурганского водоема-охладителя, мкг/л

сезон	верховье		средина		низовье	
	Вода	Иловый раствор	Вода	Иловый раствор	Вода	Иловый раствор
весна	28	95	42	120	20	74
лето	30	108	50	135	24	80
осень	45	116	60	152	30	93

Накопление цинка в гидробионтах. Цинк играет большую роль в процессах роста и размножения водных животных и растений. Поэтому процесс его накопления в водных растениях и животных зависит от интенсивности их пластического и генеративного обменов, состояния среды обитания и непосредственно обусловлено физико-химическими особенностями соединений цинка.

Уровень накопления цинка, в растениях из Кучурганского водоема-охладителя достаточно высок и составляет для рдестов *Potamogeton crispus* - 48,5-102 мкг/г абс. сух. массы, *Potamogeton perfoliatus* - 30,2-110 мкг/г абс. сух. массы, для водокраса *Hydrocharis morsus-ranae* - 39,8-137 мкг/г абс. сух. массы, для роголистника *Ceratophyllum demersum* - 41,1-125 мкг/г абс. сух. массы и для листьев и стеблей тростника *Phragmites australis* - 11,9-92,6 мкг/г абс. сух. массы.

Столь высокий уровень накопления этого металла в водных растениях свидетельствует не только о большой роли этого микроэлемента в их метаболизме, но и о значительном вкладе макрофитов в миграцию цинка в экосистеме водоема.

Диапазон колебаний концентраций цинка в донных беспозвоночных очень большой и обусловлен как средой обитания, так и особенностями донных беспозвоночных. Концентрация цинка составляет для *Mysidae* 50,9-320 мкг/г абс. сух. массы, для *Chironomidae* 44,8-680 мкг/г абс. сух. массы, для *Dreissena polymorpha* – 30,5-3800 мкг/г абс. сух. массы. для *Viviparus viviparus* -45,8-660 мкг/г абс. сух. массы, для *Lithoglyphus naticoides* - 352,0-440 мкг/г абс. сух. массы. Достаточно высокий уровень цинка в гидробионтах – показатель загрязненности среды обитания этим металлом.

Мы систематизировали многолетние данные по накоплению цинка в *Dreissena polymorpha* за 2008-2015 годы, среднегодовые величины его концентраций в моллюске за последние 8 лет, представлены на рисунке 4.25.

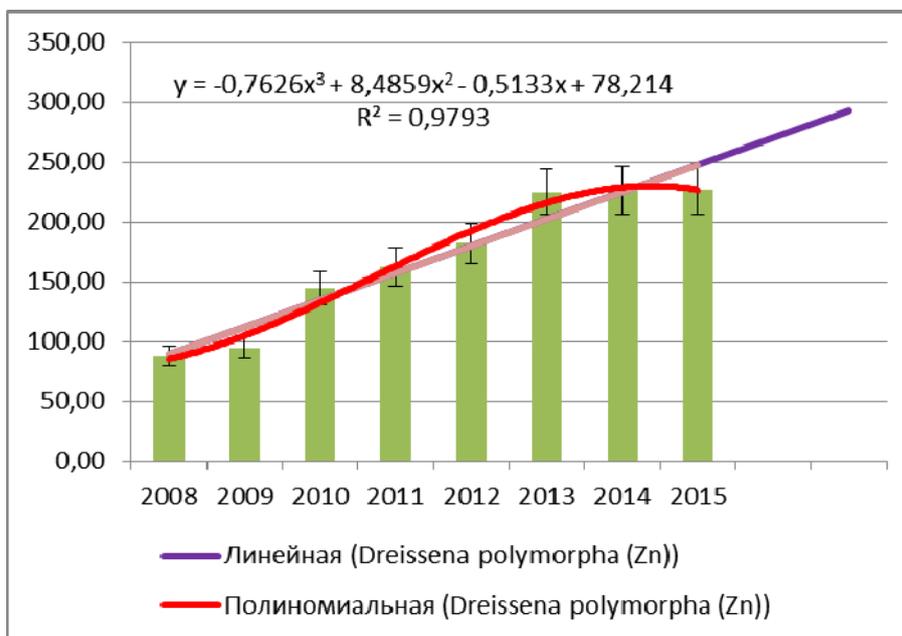


Рис. 4.25. Динамика среднегодовых концентраций цинка в моллюске *Dreissena polymorpha*, из Кучурганского водоема - охладителя, мкг/г абс. сух. массы

Как следует из представленных данных, прослеживается четкая тенденция к увеличению концентрации цинка в моллюсках во времени. Здесь следует отметить, что в последние годы, мы не смогли собрать крупные особи дрейссены. По всему водоему-охладителю мы обнаружили, начиная с 2013 года, очень много мертвых особей моллюсков и не только на дне водоема, но и в обрастаниях тростниковых зарослей, в которых по биомассе более 60% составляли ракушки мертвой дрейссены.

Коэффициент биологического накопления цинка в исследованных гидробионтах достаточно велик и варьирует в диапазоне 10^5 - 10^7 , являясь дополнительным подтверждением загрязненности экосистемы водоема этим металлом.

Динамика концентраций цинка в органах и тканях рыб показывает достаточно большой диапазон колебаний в больших пределах, что связано, как с состоянием среды обитания, так и с видовыми и возрастными особенностями, исследованных видов рыб. Так в мышцах туловища неполовозрелых особей *Aristichthys nobilis* содержание цинка варьирует в диапазоне от 18,4 до 33,6 мкг/г абс. сух. массы, *Carassius auratus gibelio* – от 16,2 до 25,8 мкг/г абс. сух. массы, в мышцах *Perca 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. В жабрах и коже прослеживается зависимость не по сезонам, а от концентрации цинка в воде, хотя следует отметить, что летом уровень цинка в жабрах несколько выше.

Для половозрелых особей рыб характерно перераспределение цинка, как и других биологически важных микроэлементов, между различными органами, в зависимости от интенсивности пластического и генеративного обмена. Результаты исследования цинка в половозрелых особях карася *Carassius auratus gibelio*, речного окуня *Perca fluviatilis* и толстолобика *Aristichthys nobilis* представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12. Содержание цинка в органах и тканях половозрелых особей рыб из Кучурганского водоема-охладителя Молдавской ГРЭС мкг/г абс. сух. массы, 2013 г.

Вид рыб	Zn, µg/g абс. сух. массы					Вес рыбы сырой, грамм	Влажность %
	Мышцы туловища	Гонады	Печень	Жабры	Кожа		
<i>Carassius auratus gibelio</i>	32,2	34,1	30,1	35,1	36,4	440	74,8

<i>Perca fluviatilis</i>	22,2	29,6	34,2	38,8	36,6	380	78,8
	29,9	30,5	36,5	34,4	32,2	400	80,2
<i>Aristichthys nobilis</i>	30,8	34,5	40,2	38,5	37,7	2600	72,5
	40,1	58,9	60,2	42,2	48,6	5100	79,2

Заметно, что в гонадах исследованных рыб уровень цинка выше, чем в мышцах туловища, но ниже, чем в печени, жабрах и коже. Его содержание, как и большинства других микроэлементов - металлов в рыбах из Кучурганского водоема, значительно выше таковых из Днестра, Прута, Дубоссарского и Костештского водохранилищ [179].

4.7. Динамика содержания и распределение кадмия в экосистеме водоема.

Кадмий занимает одно из приоритетных мест среди загрязняющих компонентов окружающей среды, это один из довольно токсичных металлов и один из менее изученных металлов в поверхностных водах Молдовы. В тоже время кадмий, относится к широко распространенным химическим элементам. Он является постоянным спутником цинка. В земной коре, его средняя концентрация составляет 1,1 мг/кг.

Прямым источником загрязнения пахотных земель кадмием считают применение на сельскохозяйственных угодьях фосфатных удобрений [219]. В почвах рядом с металлургическими предприятиями, где имеется источник постоянного техногенного воздействия, концентрация кадмия может достигать 160 мг/кг [220].

В зависимости от типа почв, концентрации кадмия в них варьирует от 0,1 до 0,4 мг/кг [17, 236]. Его уровень в почвах населенных пунктов может быть в 2 раза выше, чем в нетронутых незагрязненных зонах [222].

Многие авторы считают глобальный атмосферный перенос кадмия одним из основных источников содержания его в окружающей среде [223].

Среди основных антропогенных источников загрязнения окружающей среды кадмием следует выделить: сжигание топлива и места шлаковых отходов на ТЭС, цветную металлургию и обработку цветных металлов, а так же сжигание мусора. Установлено, что растения, произрастающие возле автотрасс, накапливают высокие концентрации кадмия [224, 225].

Поступление кадмия в природные воды происходит за счет выщелачивания почв, медных и полиметаллических руд, а так же за счет высокой способности водных

организмов накапливать кадмий. В поверхностные воды его соединения поступают со сточными водами свинцово-цинковых заводов, некоторых химических предприятий, рудо-обогатительных фабрик, гальванических, лакокрасочных и других производств.

В природных водах кадмий находится в виде свободных ионов, неорганических и органических соединений. В сравнении с другими тяжелыми металлами его способность образовывать комплексы выражена слабее.

Среди неорганических форм миграции наиболее распространенными являются карбонаты, хлориды и сульфаты кадмия. Наиболее характерной его формой для поверхностных пресных вод является гидроксоформа: $[Cd(OH)]^+$, а также нитратные и сульфатные комплексы. Кадмий способен образовывать достаточно прочные комплексы с органическими лигандами естественного происхождения [226].

Основной взвешенной формой кадмия, являются его сорбированные соединения и ассоциации с органическими веществами, в том числе и с метаболитами гидробионтов. Являясь типичным поллютаном кадмий способен накапливаться в илах и, наоборот, в процессе диффузии, переходить в водные слои из донных отложений.

Исследования кадмия в воде Кучурганского водоема - охладителя показали, что с 2007 года по 2015 год прослеживается постепенное увеличение концентрации кадмия на всех участках водоема-охладителя (рисунок 4.26).

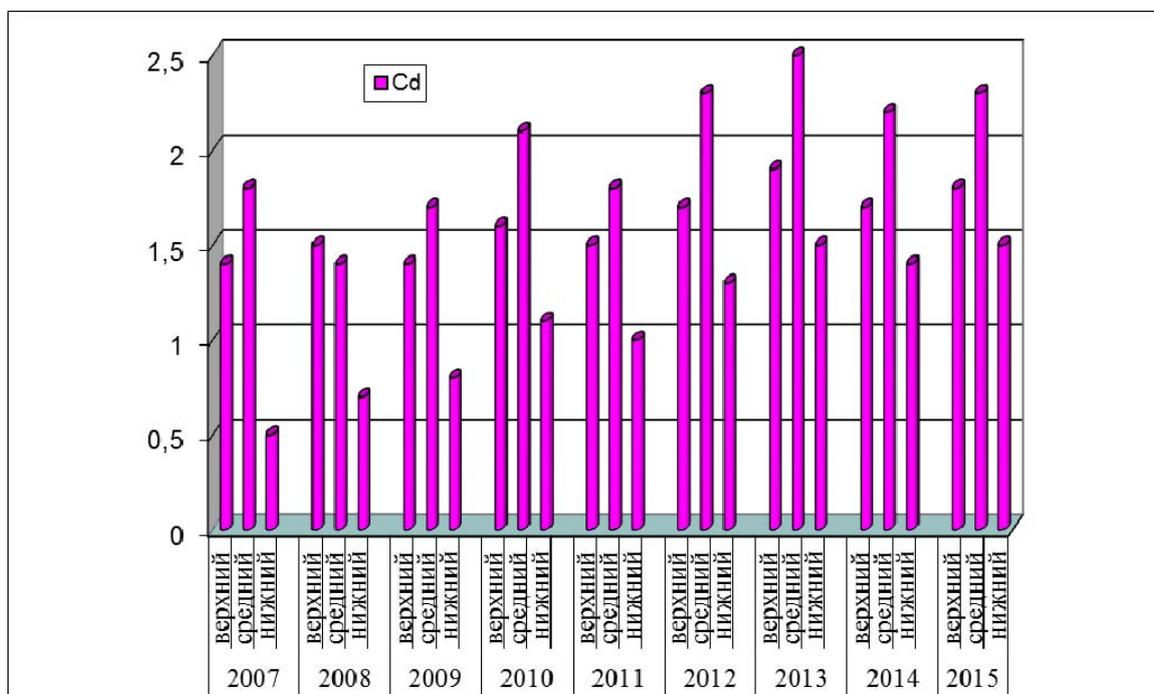


Рис. 4.26. Динамика концентраций кадмия (мкг/л) в воде из Кучурганского водоема-охладителя по участкам за 2007-2015 годы

Максимальные концентрации характерны для среднего участка водоема, а минимальные – для нижнего, при этом его концентрации в воде протока Турунчук и реки Кучурган не превышала 0,1-0,4 мкг/л.

В свежевыпавшем снеге 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 абс. сух. массы, в среднем - 1,75-3,00 мкг/г абс. сух. массы и в нижнем участке - 0,85-2,14 мкг/г абс. сух. массы.

Концентрации кадмия в водных растениях, исследованных нами, варьировали для тростника *Phragmites australis* от 0,28 до 1,15 мкг/г абс. сух. массы, для рдестов *Potamogeton crispus* от 0,22 до 0,43 мкг/г абс. сух. массы и *Potamogeton perfoliatus* от 0,34 до 0,65 мкг/г абс. сух. массы, для водокраса *Hydrocharis morsus-ranae* 0,13-0,43 мкг/г абс. сух. массы, для роголистника *Ceratophyllum demersum* 0,42-0,85 мкг/г абс. сух. массы.

Концентрации кадмия в *Dreissena 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 реке Прут [170].

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

Для половозрелых рыб характерно перераспределение кадмия в органах, в зависимости от пластического и генеративного обмена.

Наши исследования показали, что в большинстве случаев максимальные концентрации кадмия были зафиксированы в коже и жабрах, а минимальные – в гонадах рыб (Таблица 4.13).

Таблица 4.13. Содержание кадмия в органах и тканях половозрелых особей рыб из Кучурганского водоема-охладителя Молдавской ГРЭС мкг/г абс. сух. массы, 2013 г.

Вид рыб	Cd, µg/g абс. сух. массы					Вес рыбы сырой, грамм	Влажность %
	Мышцы туловища	Гонады	Печень	Жабры	Кожа		
<i>Carassius auratus</i>	0,24	0,11	0,32	0,44	0,65	320	76,4

<i>gibelio</i>	0,27	0,14	0,41	0,57	0,84	440	74,8
<i>Perca fluviatilis</i>	0,25	0,15	0,46	0,54	0,48	400	80,2
	0,56	0,18	0,52	0,48	0,42	380	78,8
<i>Aristichthys nobilis</i>	0,58	0,66	1,15	2,11	2,05	2600	72,5
	1,25	0,82	2,44	3,56	3,48	5100	79,2

Весной в преднерестовый период, концентрация кадмия в гонадах *Carassius auratus gibelio* была близка к аналитическому нулю, а в осенний период достигала 0,4 мкг/г абс. сух. массы, а в печени наоборот, весной она была в 2 раза выше (0,84 мкг/ г абс. сух. массы), чем осенью (0,39 мкг/г абс. массы).

Как следует из представленных данных, для *Aristichthys nobilis* с увеличением массы тела и возраста рыбы прослеживается четкое увеличение концентрации кадмия во всех органах и тканях (Таблица 4.12), что отмечено и для молибдена (Таблица 4.4), свинца (Таблица 4.6), никеля (Таблица 4.8), меди (Таблица 4.10) и цинка (Таблица 4.12).

Так, как кадмий это металл, являющийся одним из “сателитов” теплоэлектростанций, необходим дальнейший, постоянный контроль, за его миграцией в водоеме - охладителе.

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

После приобретения нового оборудования (спектрофотометр с индуктивно-связанной плазмой ICP-OES) в Лаборатории гидробиологии и экотоксикологии Института зоологии АН Молдовы появилась возможность исследовать целый ряд не исследованных ранее химических элементов, в том числе, стронция, висмута и мышьяка и многих других металлов и неметаллов.

Стронций это один из широко распространенных в окружающей среде щелочно-земельных металлов, биологически важный микроэлемент, которому принадлежит особая значимость в развитии костной структуры человека и животных. Общеизвестно, что соотношение между кальцием и стронцием может стать причиной уроновской болезни человека, вызванной избытком стронция в питьевой воде.

Стронций в определенной степени является антагонистом кальция и кремния и при этом эти элементы чаще всего мигрируют в водных экосистемах вместе. Так, например, соотношение кальция к стронцию менее 100 ($Ca/Sr < 100$) в питьевой воде может привести

в дисфункции в функционировании и развитии костной системы человека [227]. Источниками загрязнения стронцием могут быть фосфорные удобрения, сброс сточных вод, сжигание топлива.

Согласно неопубликованным данным Лаборатории гидробиологии и экотоксикологии в основных реках Днестр и Прут содержание стронция не превышает 700 мкг/л.

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 более чем в 2 раза ниже оптимальной величины (Таблица 4.1, рисунок 4.27)

Очевидно, что минимальные концентрации стронция прослеживаются в нижнем участке водоема, а максимальные – в верхнем и среднем (рисунок 4.27). Сезонная динамика выражена слабо, но минимальные концентрации зарегистрированы весной и максимальные – осенью. Нужно отметить, что в протоке Турунчук и речке Кучурган концентрации стронция варьировали в диапазоне 618-880 мкг/л, а соотношение Ca/Sr составляло 96-114 мкг/л.

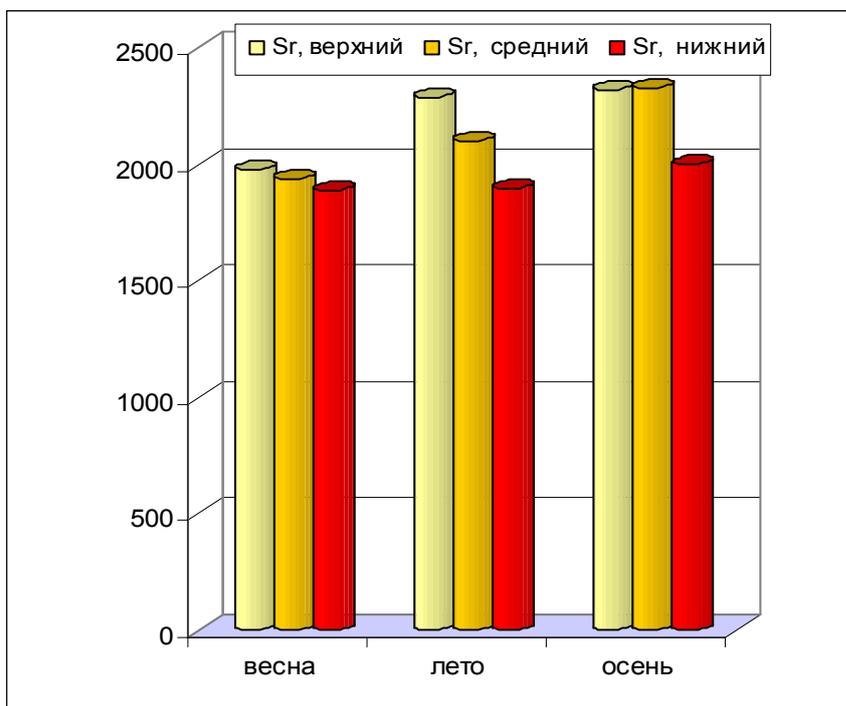


Рис. 4.27. Динамика концентраций стронция (мкг/л) в воде из Кучурганского водоема-охладителя по участкам, средние величины за 2014-2015 годы

Вышеизложенное, позволяет сделать вывод о влиянии функционирования теплоэлектростанции на динамику содержания стронция в Кучурганском водоеме - охладителе.

Мышьяк это один из высокотоксичных химических элементов, отнесенный ВОЗ к приоритетным загрязняющим металлам, мониторинг которого в водоеме должен быть обязательным.

Максимально допустимый уровень мышьяка для питьевой воды, установленный Всемирной организацией здравоохранения равен 10 мкг/л. Токсичность мышьяка и по отношению к гидробионтам достаточно высока. Уже при концентрации 3 мкг/л в воде, блокируется развитие карповых рыб в период раннего онтогенеза [179].

Одним из источников загрязнения водных ресурсов и окружающей среды, этим металлом в целом, являются выбросы при сжигание топлива на теплоэлектростанциях.

Ранее мышьяк, в небольших концентрациях (не более 0,5 мкг/л) встречался в менее 50% анализируемых проб воды из рек Днестр и Прут, теперь он встречается практически повсеместно и диапазон его концентраций достаточно большой [228].

В воде Кучурганского водоема - охладителя 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 4.28).

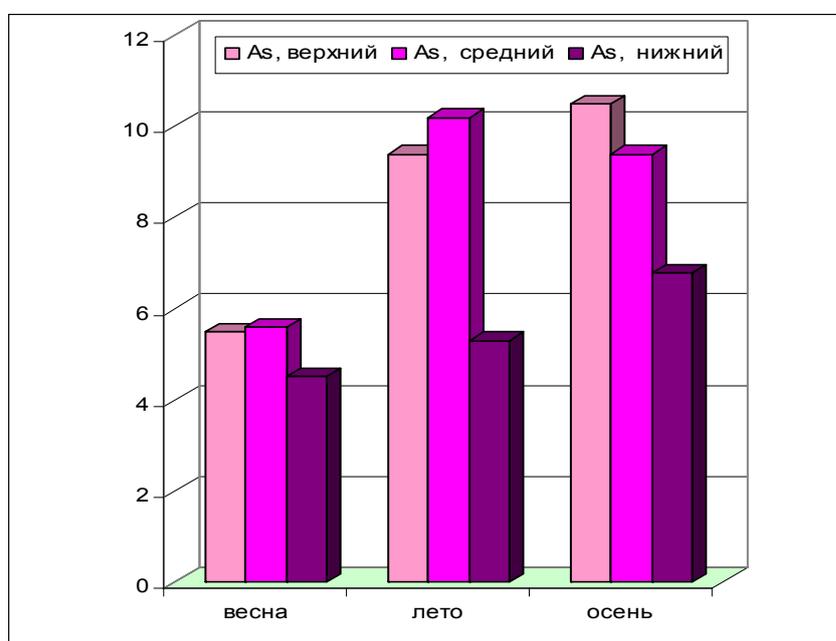


Рис. 4.28. Динамика концентраций мышьяка (мкг/л) в воде из Кучурганского водоема-охладителя по участкам, средние величины за 2014-2015 годы

В протоке Турунчук и речке Кучурган концентрации мышьяка составляли 0,2-1,1 мкг/л, что значительно ниже, чем в Кучурганском водоеме (рисунок 4.28). Следует отметить, что в атмосферных осадках (дождевая профильтрованная вода) в зоне теплоэлектростанции концентрация мышьяка составила 0,68 мкг/л, а вне зоны влияния станции - 0,06 мкг/л.

Висмут это один из слабо изученных металлов в окружающей среде, особенно в водных экосистемах. В последние годы, в связи с широким применением этого металла в фармацевтической и косметологической промышленности, возрос интерес к его исследованию. Одним из источников загрязнения висмутом могут быть и выбросы при сжигании жидкого и твердого топлива.

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 4.29)

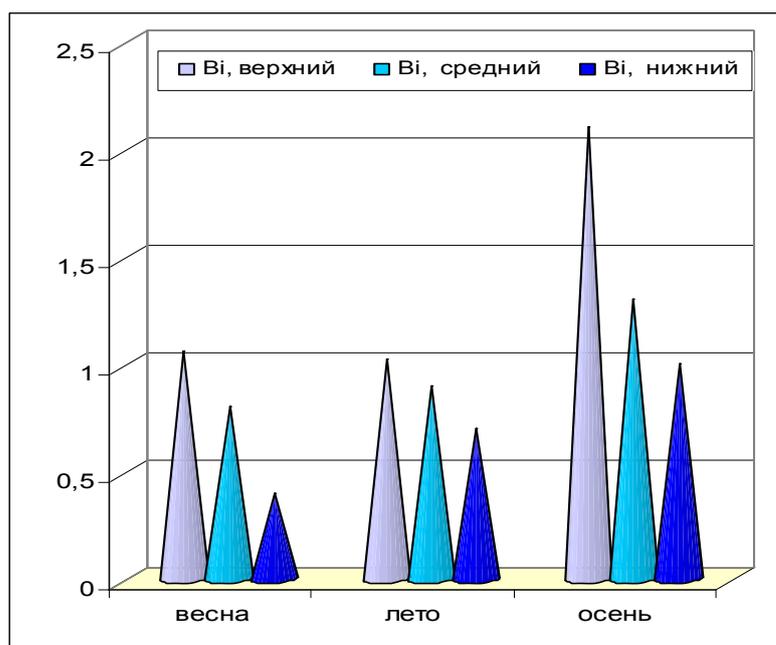


Рис. 4.29. Динамика концентраций висмута (мкг/л) в воде из Кучурганского водоема-охладителя по участкам, средние величины за 2014-2015 годы

В протоке Турунчук концентрации висмута варьировали от 0,1 мкг/л до 0,42 мкг/л. В последние годы этот металл встречается и в воде основных водных артерий Молдовы - в реках Днестр и Прут [229].

4.9. Выводы к главе 4.

1. Исследована многолетняя динамика и факторы, определяющие миграцию ванадия, молибдена, свинца, никеля, меди, цинка, кадмия в системе «вода - иловые отложения - макрофиты - донные беспозвоночные - рыбы» а также впервые исследована динамика стронция, мышьяка и висмута в воде Кучурганского водоема - охладителя Молдавской ГРЭС.
2. Установлено, что многолетняя динамика **ванадия** в воде и зообентосе коррелирует с количеством сжигаемого топлива на ГРЭС. Уровень ванадия в атмосферных осадках (16-18 мкг/л) свидетельствует о наличие загрязнения через дымовые выбросы. Выявлена диффузия ванадия в водные слои из илов. Валовое содержание ванадия в илах (130 - 201 мкг/г абс. сух. массы) выше, чем в почвах региона.
3. С 2007 года по 2013 год концентрации **молибдена** увеличились в 2-3 раза в воде - с 6 до 14 мкг/л и моллюсках - с 13 до 33 мкг/г абс. сух. массы. Максимальные величины молибдена установлены летом в среднем участке водоема. Уровень накопления молибдена в растениях и мальках рыб растет с весны к осени, а в органах половозрелых рыб зависит и от интенсивности пластического и генеративного обмена рыб.
4. Уровень **свинца** в воде не имеет четкой тенденции к увеличению, несмотря на высокие его концентрации в атмосферных осадках у станции (7,4-24,5 мкг/л), последнее связано с интенсивным осаждением и аккумуляцией его в илах из-за повышенных значений рН и минерализации воды. Более 50% свинца сконцентрировано в пелитовых фракциях илов. Установлен рост концентраций свинца в илах и донных беспозвоночных, в которых коэффициент биологического накопления достигает величины 10^7 .
5. Выявлен рост концентрации **никеля** в воде и гидробионтах водоема, их уровень превышает значения, полученные в 1980-1990 гг. Установлена тесная корреляция между содержанием никеля и сульфатов в воде ($r > 0,85$). В атмосферных осадках у станции (3,8-6,2 мкг/л) уровень никеля, выше в 2-3 раза. Концентрации никеля в илах (205-230 мкг/г абс. сух. массы.), в 5-6 превышают таковые в почвах региона. Коэффициент биологического накопления никеля составляет в 10^5 - 10^7 , особенно он высок для *Mysidae* и *Chyromiidae*.
6. Начиная с 2010 года, наблюдается повышение концентрации **меди** в водоеме, (3,8-4,4 мкг/л), но эти величины не достигают значений, полученных в 80-е годы прошлого

столетия. В иловых растворах уровень меди в 2-6 раз больше чем в воде. Содержание ее в илах достигает 64,5-166,0 мкг/г абс. сух. массы, из которых около 60% меди сконцентрировано во фракциях с диаметром <0,005 микрон. Высокие концентрации меди в гидробионтах, свидетельствуют о загрязнении илов медью.

7. Многолетняя динамика **цинка** в воде водоема (18,4-32,8 мкг/л) схожа с таковой для меди. Цинк мигрирует из воды в илы, где его валовое содержание составляет 180-209 мкг/г абс. сух. массы, в фракциях с диаметром частиц менее <0,005 микрон, сконцентрировано более 70% цинка. Коэффициент биологического накопления в гидробионтах достаточно велик - 10^5 - 10^7 .
8. Кадмий это один из “сателитов” теплоэлектростанций, наблюдается четкое увеличение его содержания в воде по всем участкам (0,4-2,8 мкг/л), в дождевой воде у станции- 0,4-0,8 мкг/л, в илах - 0,85-3,12 мкг/г абс. сух. массы, в макрофитах 0,13-1,15 мкг/г абс. сух. массы, в моллюсках 0,62-1,80 мкг/г абс. сух. массы. Содержание кадмия, как и большинства других металлов в рыбах из Кучурганского водоема заметно выше, чем у особей из Днестра, Прута, Дубоссарского и Костештского водохранилищ.
9. Впервые исследована динамика стронция, мышьяка и висмута в воде. Соотношение $Ca/Sr < 50$, при оптимуме > 100 , концентрации стронция в воде водоема достигают 2320 мкг/л, мышьяка – 11,8 мкг/л, висмута - 2,1 мкг/л, что в 2-3 раза выше, чем в протоке Турунчук и речке Кучурган.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Проведенные комплексные исследования и оценка воздействия функционирования Молдавской ГРЭС на экологическое состояние Кучурганского водоема - охладителя позволяют сделать следующие выводы и рекомендации.

ВЫВОДЫ:

1. Тепловые и дымовые выбросы теплоэлектростанции и не соблюдение нормативов водообмена в водоеме-охладителе, привели к коренным изменениям гидрохимического режима водоема, а так же 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. Вода стала непригодной для иригации на всех участках водоема [105 ,229].
2. Вода относится к третьему - «загрязненная», четвертому - «грязная» и пятому - «очень грязная» классам качества по величине перманганатной и бихроматной окисляемости. Их соотношение свидетельствует о наличие постоянного источника свежего загрязнения и увеличении количества трудно-окисляемых органических веществ в водоеме-охладителе в отличие от воды протока Турунчук и реки 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, с наличием гнилостных процессов, низким уровне минерализации и окисления органических веществ, и с превалированием вторичного загрязнения над процессами самоочищения воды [230].
4. Количество и качество сжигаемого на ГРЭС топлива, определяет состав атмосферных осадков в зоне станции. Они загрязнены соединениями серы, азота, хлора, магния, натрия, ванадия, молибдена, кадмия, никеля, свинца, меди, цинка, стронция, мышьяка, висмута. Многолетняя динамика перечисленных металлов имеет четкую тенденцию к увеличению их содержания, как в воде, так и в иловых отложениях водоема – охладителя [13, 197]

5. В большинстве случаев миграция металлов идет из водных слоев в донные отложения, но при интенсификации процессов сульфатредукции, гниения, при уменьшении концентрации растворенного кислорода и величины рН воды, возможна и обратная диффузия металлов из илов в воду. Илы содержат в 2-8 раз больше металлов в сравнение с почвами регионов. Основная масса металлов сконцентрирована в фракциях илов с диаметром менее 0,005 микрон. Подвижность металлов в илах зависит от наличия в них пелитовых мелкодисперсных фракций и количества органических веществ [197].
6. 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 - 10^7 и он определяется уровнем содержания этих элементов в среде обитания, имеет сезонный характер, обусловлен особенностями гидробионтов и свойствами самих металлов [175].
7. Уровень накопления металлов в органах и тканях молоди 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 [177].
8. Кучурганский водоем на современном этапе, это трансграничный водный объект и в соответствии с Директивами ЕС по воде, его экологическое состояние зависит от природоохранных мер, проводимых обеими странами, причем эти меры должны опираться на результаты постоянного научно-обоснованного комплексного экологического мониторинга [13, 100, 133].

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 ГРЭС, природоохранными организациями, а также специалистами экологами, гидробиологами, ихтиологами, гидрохимиками при оценке экологического состояния водоемов и при подготовке специалистов, студентов ВУЗов в области экологии, биологии и охраны окружающей среды.
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 следующих дисциплин: «гидробиология», «гидроэкология», «биоэкологический мониторинг», «химия окружающей среды», читаемых на кафедрах Зоологии и общей биологии, Биоэкологии, Химии и методики преподавания химии естественно-географического факультета Приднестровского государственного университета им. Т.Г.Шевченко 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.

Личный вклад автора состоит в анализе и синтезе научной литературы по теме диссертации, проведении экологических исследований на водоеме - охладителе Молдавской ГРЭС, сбор и анализ проб воды, донных отложений, водных растений и животных, в том числе рыб. Систематизация, обобщение и описание полученных результатов, публикация и презентация результатов на различных форумах.

БИБЛИОГРАФИЯ:

1. International Energy Outlook, 2015. 15 p.
2. International Energy Outlook, 2012. 15 p.
3. U.S. Department of Energy, Energy Information Administration, 2007. 18 p.
4. International Energy Outlook, 2007. 24 p.
5. ENERDATA, 1999. Energy statistics year book, ENERDATA, Paris, 2000. 15 p.
6. IEA, 2007. 18 p.
7. World Energy Outlook, 2010. 21 p.
8. 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.
9. Nebel В. Environmental Science: The Way the World Works. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1990, p.15-26;
10. Логинов В. Глобальные и региональные изменения климата. Причины и следствия. М.: Тетрасистемс, 2008. 495 с.
11. World Energy Outlook, 2013. 18 p.
12. Серебряков П.В. и др. Профессиональный канцерогенный риск на горнорудных и металлургических предприятиях заполярья. В: Уральский медицинский журнал, 2008, №11, с. 67-71.
13. Тихоненкова Л.А. Миграция загрязнителей, как один из аспектов охраны окружающей среды (на примере Молдавской ТЭС). 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
14. Бойкова О.Ш. Экологическое состояние снежного покрова на территории, прилегающей к Тюменской ТЭС-2. В: Актуальные проблемы архитектуры строительства экологии и энергоснабжения в условиях Западной Сибири: Сб. мат. Международной научно-практической конференции в 2-х томах – Тюмень: РИО ТЮМ ГАСУ, 2015, с. 232-235.
15. Oglesby S.A Survey of technical information related to fine particle control. Southern research institute, Birmingham, Alabama, pub. No EPRI 259. Electric power research institute, 1975. 246 p.
16. Davidson R.L. and all, Trace elements in fly ash: dependence of concentration on particle size. In: Environ. Sci. Technol., 1974, p. 1108-1113.

17. Page A.L., and all. In: Lepp, N.W., ed. Effect of heavy metal pollution on plants. In: Applied Science, London, 1981, vol.1, p. 77-109.
18. Howes R. and Fainberg A. The Energy Sourcebook: A Guide to Technology, Resources and Policy. In: American Institute of Physics, 1991, p.17-28.
19. Fulkerson W., and all. Energy from fossil fuels. In: Energy for planet earth, readings from Scientific American. New York, NY: W. H. Freeman, 1991, p. 83-94.
20. Джуймс Г., Спейт. Анализ нефти. Справочник//перевод с английского под ред. Л.Г. Нехамкиной, Е.А. Новикова – В: ЦОП «Профессия», 2010. 480 с.
21. Саранчук В.И., Ошовский В.В., Власов Г.А. Физико-химические основы переработки горючих ископаемых. – Донецк. – ДонГТУ; Східний виавничий дім, 2001. 304 с.
22. János O. and Szabina T. Case Study of the Emissions from a Heavy-Oil-Fueled Hungarian Power Plant. In: Energy Fuels, 2000, vol. 14, nr.5, p. 986-993.
23. Roughton F.J.W. and Darling R.C. The effect of CO on the oxy hemoglobin dissociation curve. In: Am. J. Physiol., 1974, vol.141, p.17-31.
24. Council on Environmental Quality. First annual report. Washington, DC. In: Council on Environmental Quality, 1970, p. 67-69.
25. Лужников Е.А. Медицинская токсикология. М.: ГЭОТАР – Медия, 2012. 928 с.
26. Ahlberg M., Berghem L. and Nordberg G. Chemical and biological characterization of emissions from coal- and oil-fired power plants. In: Environ Health Perspect., 1983, vol.47, p.85-102.
27. Sharma M., McBean E.A., and Ghosh U. Prediction of Atmospheric Sulfate Deposition at Sensitive Receptors in Northern India. In: Atmospheric Environ., 1995, vol.29, p. 2157-2162.
28. Robertson L., Rodhe H., and Granat L. Modelling of Sulfur Deposition in the Southern Asian Region. In: Water, Air and Soil Pollution, 1995, vol. 85, p. 2337-2334.
29. Abbey D.E., Lebowitz M.D. and Mills P.K. Long-term ambient concentrations of particulate and oxidants and development of chronic disease in a cohort of nonsmoking California residents. In: Inhale. Toxicol, 1995, vol. 7, p.19-34.
30. Ware J.H. and all. Effects of ambient sulfur oxides and suspended particles on respiratory health of preadolescent children. In: Am. Rev. Respir.Dis., 1986, vol.133. p.834-842.
31. Nuvolone D. and.all. Short – Term Association between ambient air pollution and risk of hospitalization for acute myocardial infarction: recurs of the cardiovascular risk and air pollution in Tuscany (Riscat) Hudy. In: Am. Epidemiolol, 2011, 174 (1), p. 63-71.

32. Ito K. and all. Fine particulate matter constituents associated with cardiovascular hospitalizations and mortality in New York City Environ. In: High Perspect, 2011, 119 (4), p. 467-473.
33. Sillman S. The relation between ozone, NO_x and hydrocarbons in urban and polluted rural environments. In: Atmos. Environ., 1999, vol.33, p.1821-1845.
34. Hamade A.K. and all. Age related Changes in Cardial and respiratory adaptation to acute ozone and carbon black exposures. In: Interstrain variation in mice Inhalation Toxicol, 2010, 22 (S 2), p. 84-94.
35. Ostro B.D. and all. Asthmatic responses to airborne acid aerosols. In: Am .J. Public Health, 1999, vol.81, p. 694-702.
36. Brauer M. and all. Air pollution and development of asthma, allergy and infections in a birth cohort. In: Eur Respir.J., 2007, p. 879-880.
37. Pattenden S. and all. NO₂ and Children's respiratory Symptoms in the PATY study. In: Occup Environ. Med., 2006, vol. 63, №12, p. 828-835.
38. Lipsett M.J. and all. Long-term exposure to air pollution and cardiorespiratory disease in the California Teachers Study cohort. In: Am. J. Respir. Care Med, 2011, p. 828-835.
39. Pope C.A. and all. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults. In: Am. J. Respir. Crit. Care. Med., 1995, vol.151, p.669-674.
40. Петров С.Б., Онучина Е.Н., Петров Б.А. Эколого-эпидемиологическое исследование по оценке влияния взвешенных веществ в атмосферном воздухе городской среды на развитие болезней органов дыхания. В: Фундаментальные исследования, 2011, №11, с.146-149.
41. Zhang J. and all. Children's respiratory morbidity prevalence in relation to air pollution in fouser Chinese Citus. In: Ervironmental health Perspective, 2002, vol.110, №9, p. 961-967.
42. Brook R.D., Rajagopalan S., Pope C.A. American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention. Council on the Kidney in Cardiovascular Diseases, end Council on Nutrition. Physical Activity and Metabolism. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to the scientific statement from the American Heart Association. Circulation, 2010, p. 2331-2378
43. Сапега В.А. Изменение основных параметров выбросов, загрязняющих веществ и охрана атмосферного воздуха в Тюменской области. В: Актуальные проблемы архитектуры строительства экологии и энергоснабжения в условиях Западной Сибири: Сб. мат. Международной научно-практической конференции в 3-х томах – Тюмень: РИО ТЮМ ГАСУ, 2014, с.185-191.

44. Mutius E.V. and all. Air pollution and upper respiratory symptoms in children from East Germany. In: *Eur. Respir. J.*, 1995, vol.8, p.723-728.
45. Gold D.R., Metteman M.A. New insights into pollution and the cardiovascular system 2010 to 2012. In: *Circulation*, 2013, vol. 127, p. 1903–1913.
46. Frischer J. Ambient Ozone Causes Upper Airways Inflammation in Children. In: *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1993, vol.148, p. 961-964.
47. Alberini A. and all. Valuing Health Effects of Air Pollution in Developing Countries: The Case of Taiwan. In: *Journal of Environmental Economics and Management*, 1997, vol.34, p.107-126.
48. Hollingsworth J.W., Kleeberger S.R., Foster W.M. Ozone and pulmonary innate immunity. In: *Proc. Am. Thorac. Soc.*, 2007, nr. 4, p. 240–246.
49. Molfino N.A. and all. Effect of low concentrations of ozone on inhaled allergen responses in asthmatic subjects. In: *Lancet*, 1991, nr. 8761, p.199-203.
50. Abbey D.E. and all. Long-term ambient concentrations of total suspended particulates, ozone, and sulfur dioxide and respiratory symptoms in a nonsmoking population. In: *Arch. Environ. Health*, 1993, vol. 48, p.33-46.
51. Devlin R.B. and all. Controlled exposure of healthy young volunteers to ozone causes cardiovascular effects. In: *Circulation*, 2012, vol. 126, p. 104–111.
52. Бахшалиева Н.З. и др. Антимутагенная активность ряда новосинтезированных антиоксидантов у семян пшеницы разных сортов, хранившихся в условиях озона. В: *Вестник №3, Серия: «Естественных наук»*, 2010, с. 25-31.
53. Environmental Protection Agency (EPA). Progress Report on Clean and Efficient Automotive Technologies Under Development and EPA: Interim Report .Report EPA420-04-002. January, 2004. 198 p.
54. Gratt L.B., Parkhurst W.J. and Levin L. Toxic Release Inventory (TRI) Screening Risk Assessments for Risk Management Strategy Alternatives; Electric Utilities Environmental Conference. In: *Air & Waste Management Association: Pittsburgh, PA, January, 1999, Paper nr. R7.3, p.3062-3067.*
55. Rubin E.S. and Berkenpas M.B. A National Analysis of Toxic Releases from Electric Power Plants. In *Proceedings of Air & Waste Mangement Association Annual Meeting*. In: *Air & Waste Management Association: Pittsburgh, PA, June, 1999, p.99-714.*
56. Nriagu J. & Pacyna J.M. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water, and soils by trace metals. In: *Nature (Lond.)*, 1988, vol.333, p.134-139.

57. Laamanen A. Functions, progress and prospects for an environmental subarctic base level station. In: *Work environ. Health*, 1972, vol.9, p.17-25.
58. Nriagu J., Pirrone N. Emission of vanadium into the atmosphere. In: Nriagu J., ed. *Vanadium in the environment. Part 1: Chemistry and biochemistry*. New York, NY, John Wiley & Sons, 1998, p.25–36.
59. Mamane Y., Pirrone N. Vanadium in the atmosphere. In: Nriagu J., ed. *Vanadium in the environment. Part 1: Chemistry and biochemistry*. New York, NY, John Wiley & Sons, 1998, p.37–71.
60. OECD. Risk Reduction Monograph No. 1: Lead background and national experience with reducing risk. In: Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris, 1993. Report nr. OCDE/GD. 93.67. 277 p.
61. Зубкова Е.И. Динамика содержания и закономерности миграции микроэлементов в Кучурганском водохранилище. В: *Известия АН МССР*, 1988, №6, с. 38-40.
62. Chappell W.R. et.al. Human health effects of molybdenum in drinking water. U. S. Environ. Protection Agency, 1979, Rep.nr. 600/1-79-006. 101 p.
63. «Key World Energy Statistics» - 2007. The International Energy Agency. 2007. 82 p.
64. Sweet J. Meeting Critical Loads for Sulfur: A Study of Energy Use and Emission Reduction Strategies in Europe. In: WWF, Gland Switzerland, 1993, p.2385-2388.
65. Haigh N. New tools for European air pollution control. In: *International Environmental Affairs*, 1989, vol.1, nr.1, p.26-37
66. Eshleman K.N. and all. Modeling episodic acidification of surface waters: The state of the science. In: *Environmental Pollution*, 1992, vol.77, p. 287-295.
67. Fry G. Acid rain and the management of protected areas. In: *Ecos. (U.K.)*, 1987, vol.8, nr.1, p. 40-44.
68. Тарасова Т.Ф., Чаловская И.Г. Оценки воздействия кислотных дождей на элементы экосистемы промышленных городов. В: *Вестник ОГУ. Серия. Естественные и технические науки*, 2005, т.5, с. 80-84.
69. Wigington P.J. and all. Comparison of episodic acidification in Canada, Europe and the United States. In: *Environmental Pollution*, 1992, vol.78, p. 29 -35.
70. Mosello R. and all. Chemistry of alpine lakes in Aosta Valley (N. Italy) in relation to watershed characteristics and acid deposition. In: *Ambio*, 1991, vol.20, nr.1, p.7-12.
71. Sharpe W.E. and all. In-situ Bioassays of Fish Mortality in Two Pennsylvania Streams Acidified by Atmospheric Deposition. In: *Northeast. Environ. Sci.*, 1983, vol.2, p.171-178

72. Drent P.J. and Wildendorp J.W. Acid Rain and Eggshells. In: *Nature*, 1989, vol.339, p.431-433.
73. Shofield C.L. and Trojnar J.R. Aluminum Toxicity to Brook Trout in Acidified Waters, in Toribara, T.Y., Miller, M.W., and Morrow, P.E., eds., *Polluted Rain*, Plenum Press, New York, 1980, p.341-366.
74. Baker J.P. and Christensen S.W. Acidic Deposition and Aquatic Ecosystems-Regional Case Programs, D.F. Charles, ed., Springer-Verlag, New York, 1991, p. 83-106.
75. Brodeur J.C. et.al. Increase of Heart Rate Without Elevation of Cardiac Output in Adult Atlantic Salmon Exposed to Acidic Water and Aluminum. In: *Canadian Journal of Fish. Aquat. Sci.*, 1999, vol. 56, p.184-190.
76. Spry D.J. and Wiener J.G. Metal bioavailability and toxicity to fish in low-alkalinity lakes: a critical review. In: *Environ. Pollut.*, 1991, vol.71, p. 243.
77. Stripp R.A., Heit M. and Bogen D.C. Trace element accumulation in the tissues of fish from lakes with different pH values. In: *Water, Air, and Soil Pollut.*, 1990, vol.51, p.75-79
78. Blaustein A.R. and Belden L.K. Where Have All the Frogs Gone? A Crisis in Biodiversity. In: *Earth in the Classroom*, Summer, 1998, vol.1, nr.5, p.1100-1105.
79. Мартемьянов В.И. Методы оценки воздействия неблагоприятных факторов среды на гидробионтов по показателям ионного обмена. В: *Всероссийский научный журнал. Вода, химия. Экология*. Москва, 2013, №3, с. 52-63
80. Владимиров В.А., Чураков Ю.И. Проблемы глобального изменения климата как природная опасность. В: *Журнал Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования*, 2014, вып. 2, т. 4, с. 506-520.
81. Santer B.D. and all. Search for Human Influences on the Thermal Structure of the Atmosphere. In: *Nature*, 1996, vol.382, p.39-46.
82. Jutro P.R. Biological diversity, ecology, and global climate change. In: *Environmental Health Perspectives*, 1991, vol.96, p.167-170.
83. IPCC. Climate change 1995 - the science of climate change, summary for policymakers and technical summary of the working group I report. Cambridge University Press, Cambridge, UK., 1996. 56 p.
84. Матвеева Е.В. Проблемы изменения климата и мировое сообщество. В: *Журнал «ПолитЭкс»*. Санкт-Петербург. Университет, 2014, №1, с.248-254.
85. Keeling R.F., Piper S.C. and Heimann M. Global and Hemispheric CO₂ sinks deduced from changes in atmospheric O₂ concentration. In: *Nature*, 1996, vol.381, p.218-221.

86. Houghton R.A. Tropical Deforestation and Atmospheric Carbon Dioxide. In: Climatic Change, 1991, vol.19, p. 99-118.
87. Tans P.P. and Bakwin P.S. Climate Change and Carbon Dioxide Forever. In: Ambio, 1995, vol.24, p.376-78.
88. Perry J.S, Augustine S.J. and Sillman M.S. Linkages Between Global Climate Warming and Ambient Air Quality. Global Climate Change Linkages: Acid Rain, Air Quality, and Stratospheric Ozone. Ed. James C. White New York: Elsevier, 1989, p.79-94.
89. Jonathan A. and Patz A. Global Climate Change and Emerging Infectious Diseases. In: Journal of the American Medical Association, 1996, vol.275, p. 217-223.
90. Brooks N., Hoberg E. Evolution in action: climate change, biodiversity dynamics and emerging infectious disease. In: Philosophical Transactions of the Royal Society B., 2015. 370 p.
91. Проскуряков М.А. Хронобиологический анализ растений при изменении климата. Алматы: LEM, 2012. 228 с.
92. Knutson T.R., Tuleya R.E. and Kurihara Y. Simulated Increase of Hurricane Intensities in a CO₂-Warmed Climate. In: Science, 1998, vol.279, p.1018-1020.
93. Здравовец Л.И. Глобальные изменения климата. Угрозы и меры противодействия. В: аналитический вестник, 2009, №7, с. 36-44.
94. Parmesan C. Climate and species range. In: Nature, 1996, vol.382, p.765-766.
95. Porter J.H., Parry M.L, and Carter T.R. The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. In: Agric. For. Meteorol., 1991, vol. 57, p. 221-240.
96. Фридман В.С., Ремник Г.С. Глобальное потепление и роль биоты: противодействие изменениям. В: Современные проблемы эволюции и экологии. XXIX Люблищевские чтения. Ульяновск, 2015, с. 151-156.
97. World Energy Outlook, 2012. 15 p.
98. Eaton J.G. and Sheller D. A field information based system for establishing fish temperature tolerances. In: Fisheries, 1996, vol.20, nr.4, p.10-18.
99. Зубкова Е.И. Динамика главных ионов и минерализация воды Кучурганского водоема-охладителя Молдавской ГРЭС. В: Материалы Международной конференции «Управление бассейном трансграничной реки Днестр и водная рамочная директива Европейского союза». Кишинев, 2-3 октября 2008 г., с.378-382
100. Тихоненкова Л.А. Действие современных тепловых электростанций на окружающую среду на примере Молдавской ТЭС. В: Материалы Международной научно-

- технической конференции «Наука, образование, производство в решении экологических проблем. «Экология-2013»». Уфа, 2013, с. 382-386.
101. Olmstead J. and Williams G. M. Spontaneity of chemical processes. In: Chemistry, 1994, vol.17, p. 598-632.
102. Крепис О. И др. Изменение биоразнообразия ихтиофауны Кучурганского водохранилища в процессе его экологической сукцессии. В: Материалы Международной конференции «Управление бассейном трансграничного Днестра в условиях нового бассейнового договора». Кишинев, 20-21 сентября 2013 г., с.178-182.
103. Kennish M.J. Ecology of Estuaries: Anthropogenic Effects. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL., 1992, p.46-56.
104. Brucet S. and all. Factors influencing zooplankton size structure at contrasting temperatures in coastal shallow lakes: Implications for effects of climate change. In: Limnol. Oceanogr. 2010, vol. 55, nr.4, p.1697 - 1711.
105. 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.
106. Протасов А.А. и др. Техно-экосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки. Киев: Институт гидробиологии НАН Украины, 2011. 234 с.
107. Андреев А. В., Филипенко С. И. Влияние климата на природные экосистемы и меры адаптации. В: Концепция региональной стратегии адаптации к изменению климата Приднестровья. Бендеры: Экоспектр, 2012, с.51-81.
108. Лунева Е.В. Оценка влияния атомных электростанций России к экосистеме водоема - охладителя. В: Известия КГТУ, 2014, №34, с. 21-33.
109. Ярошенко М.Ф. Кучурганский лиман - охладитель Молдавской ГРЭС. Кишинев: Штиинца, 1973. 207 с.
110. Атлас Молдавской ССР. М., 1978. 131 с.
111. Крупеников А.И. Атлас почв Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1984, с. 83-87.
112. Рымбу Н.Л. Некоторые особенности оползневого рельефа на территории Молдавской ССР. В: Проблемы географии Молдавии. Кишинев, 1966, вып.1, с.16-20.
113. Мельник Е.Г. Карстовые воронки в Молдавии. В: Охрана природы Молдавии. Кишинев, 1972, вып.10, с. 7-9.
114. Гораш И.К. Природные ресурсы и условия приднестровского левобережья Молдавии. В: Физико-географические особенности Молдавии. Кишинев, 1982, с.3-12

- 115.Билинкис Г.М. Неотектоника Молдавии и смежных районов Украины. Кишинев: Штиинца, 1971. 117 с.
- 116.Лунгерсгаузен Л.Ф.Террасы Днестра. В: ДАН СССР, 1938, 19, вып.4, с. 34-37.
- 117.Гожик П.Ф., Чепалыга А.Л. О синхронизации террас Днестра и Прута. В: Изв. АН МССР, 1964, с.22-25.
- 118.Негадаев-Никонов К.Н. Фауна остракод верхнечетвертичных отложений среднего Припутья Молдавии. В: Изв. АН МССР, 1966, №8, с.12-19.
- 119.Чепалыга А.Л. Позднеледниковое обводнение в Понто-Каспийском бассейне как прототип Всемирного потопа. В: Экология антропогена и современности: природа и человек. СПб.: Гуманистика, 2004, с.83-89.
- 120.Бибииков С.Н. О времени образования надпойменного уступа в долине среднего течения Днестра, 1958, №3, с.27-30.
- 121.Иванова И.К., Попов Г.И. Новые данные о возрасте высоких днестровских террас в связи с находками фауны моллюсков. В: ДАН СССР, 1961, т. 136, с. 1425-1427.
122. Давид А.И., Редкозубов О.И. Надпойменные террасы Днестра - страницы палеонтологической летописи Р. Молдова. В: Управление бассейном трансграничной реки Днестр и Рамочная Директива Европейского союза. Кишинев: Eco-Tiras, 2008. 80 с.
- 123.Давид А. и др. Молдавский фаунистический комплекс позвоночных из плиоценовых отложений Р. Молдова. В: Академику Л.С. Бергу – 130 лет. Сборник научных статей. Кишинев: Eco-Tiras, 2006, с. 146-148.
- 124.Кирилюк В.П. Микроэлементный состав почвообразующих пород Молдовы. В: Международная экологическая ассоциация хранителей реки «Eco-Tiras». Академику Л.С. Бергу 135 лет: Сбоник научных статей. Бендеры, 2011, с.32-36.
- 125.Атлас Украинской ССР и Молдавской ССР. Малышенко А.Г., Цокало С.Л. (отв.ред.). М.: ГУГК, 1983. 69 с.
- 126.Рабинович И.З., Тома С.И. Молдавская ССР. В: Микроэлементы в почвах СССР. М., 1981, с. 183-200.
- 127.Кирилюк В.П. Геохимический состав донных отложений и их изменение в результате почвообразовательного процесса. В: Международная экологическая ассоциация хранителей реки «Eco-Tiras». Академику Е.К. Федорову - 100 лет: Сборник научных статей. Бендеры, 2010, с.57-61.
- 128.Лях Т.Г. Экологическое состояние почв Молдовы – пути охраны и рационального использования. В: Международная экологическая ассоциация хранителей реки «Eco-

- Tiras». Академику Е.К. Федорову - 100 лет: Сборник научных статей. Бендеры, 2010, с.71-74.
- 129.Аникеев Е.А., Шеларь И.Н., Захаров Д.С. Развитие деградационных процессов почвенного покрова. В: Экологические проблемы Приднестровья. Бендеры, 2010, с. 16-22.
- 130.Пузанов А.В., Бабошкина С.В. Микроэлементы в поверхностных водах Алтая. В: Изв. самарского научного центра Российской академии наук, 2009, т. 11. №1(3), с. 344-346.
- 131.Буторин Н.В. и др. Горизонтальная циркуляция вод в Рыбинском водохранилище и возможные ее изменения при перераспределении стока. В: Экологические исследования водоемов волго-Балтийской и Северо-Двинской водных систем. Л.: Наука, 1981, с. 150-167.
- 132.Коробов Р. И др. Уязвимость к изменению климата: Молдавская часть бассейна Днестра – Eco-Tiras. Кишинев, 2014, с. 318-324.
- 133.Тихоненкова Л.А. Динамика содержания главных ионов и минерализации воды Кучурганского водохранилища – охладителя Молдавской ГРЭС. В: Материалы V Международной научно-практической конференции «Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья». Тирасполь, 14 ноября 2014, с. 263-265.
- 134.Алекин. О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 295 с.
- 135.Зубкова Е.И., Зубкова Н.Н. Исследование 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 2013 г., с. 111-118.
- 136.Шаларь В.М. Фитопланктон водохранилищ Молдавии. Ред. М.М. Голлербах; АН МССР; Ботанический сад. Кишинев: Штиинца, 1971. 202 с.
- 137.Смирнова-Гараева Н.В. Настоящее и будущее растительности водоема-охладителя Молдавской ГРЭС. В: Проблемы комплексного использования водоемов-охладителей тепловых электростанций. Кишинев, 1983, с.143-145.
- 138.Филипенко Е.Н. Высшая водная растительность Кучурганского водохранилища в различные периоды функционирования Молдавской ГРЭС. В: Материалы V Международной научно-практической конференции «Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья». Тирасполь, 14 ноября 2014, с. 278-283.

- 139.Чур С.В. Зоопланктон Кучурганского водохранилища за период 2009-2013 гг. В: Материалы V Международной научно-практической конференции «Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья». Тирасполь, 14 ноября 2014, с.319-321.
- 140.Филипенко С.И., Мошу А.Я., Канушина А.Л. Зообентос Кучурганского водохранилища – как один из факторов развития паразитарных сообществ в водоеме-охладителе Молдавской ГРЭС. В: Материалы Международной конференции «Управление бассейном трансграничного Днестра в условиях нового бассейнового договора». Кишинев, 20-21 сентября 2013, с.450-455.
- 141.Фулга Н.И., Стругуля О.В., Райлян Н.К. Репродуктивная биология самок *carassius gibelio* (Bloch, 1782). В: Материалы V Международной научно-практической конференции «Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья». Тирасполь, 14 ноября 2014, с. 301-304.
- 142.Усатый М. И др. Массовое развитие сине-зеленых водорослей в кучурганском водохранилище, его причины, последствия и предотвращение. В: Материалы Международной конференции «Управление бассейном трансграничного Днестра в условиях нового бассейнового договора». Кишинев, 20-21 сентября 2013, с.438-443.
- 143.Филипенко С.И. Экологические проблемы Кучурганского водохранилища. В: Материалы V Международной научно-практической конференции «Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья». Тирасполь, 14 ноября 2014, с.283-286.
- 144.Кольвенко В.В., Ершов Л.А. Комплексная оценка климатических изменений в Приднестровье второй половины XX века-начала XXI века. В: Материалы V Международной научно-практической конференции «Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья», Тирасполь, 14 ноября 2014, с. 134-137.
- 145.SM SR ISO 5667-6:2007 Calitatea apei. Prelevare. Partea 6: Ghid pentru prelevarea probelor din râuri și cursuri de apă, 10 p.
- 146.Гурвич В.В., Цееб Я.Я. Микробентометр для взятия проб микробентоса. В: Доклады АН УССР. 1958, №10, с. 1120-1123.
- 147.Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши/Отв.ред. А.Д.Семенов. Л.:Гидрометеиздат, 1977. 542 с.
- 148.ISO 9280:1990 Calitatea apei. Determinarea sulfatilor. Metodă gravimetrică cu clorid de bariu, 12 p.

- 149.SR ISO 6059:2012. Calitatea apei. Determinarea sumei de calciu și magneziu. Metoda titrimetrică cu EDTA, 9 p.
- 150.SM SR EN ISO 9963-1:2007 Calitatea apei. Determinarea alcalinității. Partea 1. Determinarea alcalinității totale și permanente, 10 p
- 151.SM SR EN ISO 9963-2:2007 Calitatea apei. Determinarea alcalinității. Partea 2. Determinarea alcalinității carbonatate, 9 p.
- 152.SM SR ISO 9297:2012. Calitatea apei. Determinarea conținutului de cloruri. Titrare cu azotat de argint utilizând cromatul ca indicator (Metoda Mohr), 9 p.
- 153.ISO 9964-1:1993 Water quality. Determination of sodium and potassium. Part 1: Determination of sodium by atomic absorption spectrometry, 12 p.
- 154.ISO 9964-2:1993 Water quality. Determination of sodium and potassium Part 2: Determination of potassium by atomic absorption spectrometry, 12 p.
- 155.SM SR ISO 7150-1:2005 Calitatea apei. Determinarea conținutului de amoniu (CFA și FIA) și detectivă spectrometrică, 9 p.
- 156.SM SR ISO 5664:2007 Calitatea apei. Determinarea conținutului de amoniu. Metoda prin distilare și titrare, 10 p.
- 157.SM SR ISO 7890-2:2006. Calitatea apei. Determinarea conținutului de azotați. Partea 1:Metoda spectrometrică cu 2,6-dimetilfenol, 18 p.
- 158.SM SR ISO 7890-3:2006. Calitatea apei. Determinarea conținutului de azotați. Partea 3: Metoda spectrometrică cu acid sulfosalicilic, 8 p.
- 159.SM SR EN 25663:2012. Determinarea conținutului de azot Kjeldahl. Metoda după mineralizarea cu seleniu, 42 p.
- 160.SM SR EN ISO 6878:2011. Calitatea apei. Determinarea fosforului. Metoda spectrophotometrică cu molibdat de amoniu, 9 p.
- 161.SM SR EN ISO 15681-1:2012. Determinarea conținutului de ortofosfat și fosfor total prin analiza în flux, 20 p.
- 162.SM SR EN ISO 8467:2006. Calitatea apei. Determinarea indicelui de permanganat. (Качество воды. Определение показателя перманганата), 16 p.
- 163.SM SR ISO 6060:2006. Calitatea apei. Determinarea consumului chimic de oxigen. (Качество воды. Определение химического потребления кислорода), 20 p.
- 164.SM SR EN ISO 15587-2:2012 Calitatea apei. Mineralizare pentru determinarea unor elemente din apă. Partea 2: Mineralizare cu acid azotic (Качество воды. Разложение для определения некоторых элементов в воде. Часть 2: Разложение азотной кислотой), 23 p.

165. SM SR EN ISO 11885:2012 Calitatea apei. Determinarea elementelor selectate prin spectroscopie de emisie optică cu plasma cuplată inductiv (ICP-OES), 35 p.
166. Шубернецкий И.В., Негру М.А. Качество воды среднего и нижнего участков реки Днестр при современном антропогенном воздействии. В: Academician Eugene Fiodorov – 130 years. Bender: Eco-TIRAS, 2010, с.100-103.
167. Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. Москва: Мир, 1987. 285 с.
168. Филипенко Е.Н., Тищенко В.С., Филипенко С.И. Заращение водоема-охладителя Молдавской ГРЭС массовыми видами Кучурганского водохранилища. В: Материалы Международной конференции «Управление бассейном трансграничного Днестра в условиях нового бассейнового договора». Кишинев, 20-21 сентября. 2013 г, с. 445-450.
169. Zubcov E. and all. Study 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.
170. 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.
171. Crans D., Amin S., Keramidis A. Chemistry of relevance to vanadium in the environment. In: Nriagu J, ed. Vanadium in the environment. Part 1: Chemistry and biochemistry. New York, NY, John Wiley & Sons, 1998, p.73–96.
172. Budavari S. and all. The Merck index - an encyclopedia of chemicals, drugs and biologicals, 12th ed. Whitehouse Station, NJ, Merck & Co., Inc., 1996, p.1691–1692.
173. Кирилюк В.П.. Микроэлементы в компонентах биосферы Молдовы. Chisinau: Pontos, 2006. 155 с.
174. Линник Р.П. Методы исследования сосуществующих форм металлов в природных водах (Обзор). В: Методы и объекты химического анализа./Р.П.Линник, П.Н.Линник, О.А.Запорожец, 2006, т.1, № 1, с. 4-26.
175. 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.
176. Toderas I. and all. Legitațiile acumulării metalelor în hidrobionți. In: Diversitatea și ecologia lumii animale în ecosisteme naturale și antropizate, Chișinău, 1997, p.146-150.

177. 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.
178. Atli G., Canli M. Alterations in ion levels of freshwater fish *Oreochromis niloticus* following acute and chronic exposures to five heavy metals. In: Turkish Journal of Zoology, 2010, №35, p. 725-736.
179. Зубкова Н. Закономерности накопления и роль микроэлементов в онтогенезе рыб, Chisinau: Ştiinţa, 2011. 88 с
180. Prange A., and Kremling K. Distribution of dissolved molybdenum, uranium and vanadium in Baltic Sea waters. In: Mar. Chem., 1985, vol.16, p.259-274.
181. Линник П.Н. и др. Методы и объекты химического анализа, 2007, т.2, №2, с. 130-145.
182. Логинова Е.В., Лопух П.С. Гидроэкология. Минск: БГУ, 2011. 300 с.
183. Титаева Н.А. Ядерная геохимия. М. Изд-во МЛУ, 2000. 336 с.
184. Хаин Г.Е. Нефть, условия залегания в природе и происхождение. В: Саровский образовательный журнал, 2001, т. 7, №7, с. 75-82
185. Nielsen T. Atmospheric occurrence of organolead compounds. In: Grandjean P ed. Biological effects of Organo lead compounds. Florida. Boca Raton, CRC Press, 1984, p. 43-62.
186. Капитальчук И.П. и др. Об аккумуляции некоторых металлов в донных отложениях водных объектов долины среднего и нижнего Днестра. В: Материалы V Международной научно-практической конференции «Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья». Тирасполь, 14 ноября 2014, с. 113-116.
187. Корбанова А.И. и др. Свинец и его действия на организм. В: Мед. труда и пром. Экология, 2001, с. 29 – 34.
188. Snodgrass W. Distribution and behaviour of nickel in the aquatic environment. In: Nriagu J.O. ed. Nickel in the environment, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, John Wiley and Sons, 1980, p. 203-274.
189. Richter O.R. & Theis T.L. Nickel speciation in a soil/water system. In: Nriagu, J.O. ed. Nickel in the environment, John Wiley and Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, 1980, p. 189-202.

190. Boyle R.W. Geochemistry of nickel. In: Effects of nickel in the Canadian environment, Ottawa, National Research Council of Canada, Publication No. NRCC 18568, 1981, p.31-44.
191. Milford J.B. & Davidson C.I. The sizes of particulate trace elements in the atmosphere - a review. In: J. air Pollut., 1985, vol.35, nr.12, p.1249-1260.
192. Cass G.R. & Mcrae G.J. Source-receptor reconciliation of routine air monitoring data for trace metals: An emission inventory-assisted approach. In: Environ. Sci. Technol., 1983, vol.17, nr.3, p.129-139.
193. Варламов Г.В., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Теплоэнергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. К.: Політехніка, 2003. 228 с.
194. Henry W.M. & Knapp K.T. Compound forms of fossil fuel fly ash emissions. In: Environ. Sci. Technol., 1980, vol.14, nr.4, p.450-456.
195. Hansen L.D. and all. Chemical speciation of elements in stack-collected, respirable-size coal fly ash. In: Environ. Sci. Technol., 1984, vol.18, p. 181-186.
196. Schmidt J.A. & Andren A.W. The atmospheric chemistry of nickel. In: Nriagu, J.O. ed. Nickel in the environment, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, John Wiley and Sons, 1980, p. 93-135.
197. 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.
198. Раевич В.А., Авалиаки С.А., Тихонова Г.И. Экологическая эпидемиология. Учебник для высших учебных заведений. Изд. Центр «Академия». М, 2004. 384с.
199. Stern A.C. and all. Fundamentals of air pollution, 2nd ed., Academic Press, Orlando, San Diego, San Francisco, 1984, p.103-113.
200. Минкина Т. Тяжелые металлы в почвах. Процессы миграции, трансформации и аккумуляции. Монография. Германия. LAP Lambert Academic Publishing, 2011. 518 с.
201. Каталымов М.В. Микроэлементы и микроудобрения. В: Рипол Классик, 2013. 91 с.
202. Чимитдоржиева Г.Д., Нимбуева А.З., Бодива Е.А. Почвоведение, 2012, №2, с.166-172.
203. Новиков В.В. и др. Пространственно-временная динамика распределения тяжелых металлов в донных отложениях Волгоградского водохранилища. В: Фундаментальные исследования, 2013, №6 (ч.2), с. 392-396.
204. Мелякина Э.И. и др. Особенности распределения рассеянных металлов в бентосных сообществах Северо-Западного Каспия. В: Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство, 2013, № 2, с.106-110.

205. Водяницкий Ю.Н. Учет геохимических особенностей территории и погодных условий при формировании тяжелых металлов в почвах. В: *Агрохимия*. 2014, №2, с. 66-72.
206. Туманян А.Ф. Загрязнение биосферы тяжелыми металлами. В: *Теоретические и прикладные проблемы сервиса*, 2010, №3, с.43-50.
207. Шарипова О.А. Распределение тяжелых металлов в донных отложениях озера Балхаш, в зависимости от антропогенных факторов. В: *Вестник Тюменского государственного университета*, 2015, с. 225-230.
208. Кадышников В.М. и др. Тяжелые металлы в донных отложениях Севастопольской бухты. *Mineral cal. Journal (Ukraine)*, 2011, №4, с. 73-79.
209. Lloyd T.B., Showak W. Zinc and zinc alloys. In: Grayson M., ed. *Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology*. 3rd Edition, vol 24. John Wiley and Sons, New York NY., 1984, p.835-836.
210. Бабкина С.С. Определение и прогнозирование содержания в природной воде ионов тяжелых металлов на примере меди, цинка, железа и марганца. В: *Учен. зап. казан. ун-та. Сер.: Естественных наук*, 2013, т. 155, кн.1, с. 87-94.
211. Голева О.М., Динесенко Д. Содержание тяжелых металлов в тканях пиявок, обитающих в среде с различной степенью антропогенного воздействия. В: *Материалы Всероссийской студенческой научной конференции «В мире научных открытий» - Ульяновск. ГСХВ им. П.А. Столыпина*, 2012, т.2, с. 118-123.
212. Daisey J.M. Chemical composition of inhalable particulate matter- seasonal and intersite comparisons. In: Lioy P.J., Daisey J.M., eds. *Toxic air pollution: A comprehensive study of non criteria air pollutants*. Lewis Publishing Incorporated, Chelsea, MI., 1987, p.47-63.
213. Муха Д.Э., Кондратьев И.И. Влияние трансграничного переноса на химический состав атмосферных осадков принесенными циклонами Восточной Азии на юг Приморского края. В: *Биогеохимия и биохимия микроэлементов в условиях техногенеза биосферы: Материалы VIII Биогеохимической школы, посвященной 150 – летию со дня рождения академика В.И. Вернадского, Граденский госуниверситет 11-14 сентября 2013*, с. 495–498
214. Скороходова А.А., О.Г. Савичев. Содержание и формы миграция меди и цинка в природных водах Васюганского болота. В: *Вестник Томского госуниверситета*, 2013, №368, с. 166-172.
215. Ваганова Е.С., Ваганов А.С., Давыдова О.А. Миграция ионов тяжелых металлов в системе «вода - донные отложения» в природных экосистемах. В: *Материалы*

- Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техногенной безопасности». М., 2013, с. 25-29.
216. Ваганова Е.С., Ваганов А.С., Давыдова О.А. Мониторинг влияния жесткости воды на распределения тяжелых металлов в водных экосистемах. В: Материалы V Всероссийской научно-практической конференции «Экологические проблемы промышленных городов». Саратов, 2011, с. 34-36.
217. Давыдова О.А. и др. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах. Ульяновск. УлГТУ, 2014. 167 с.
218. Bourg A.C., Darmendrail D. Effect of dissolved organic matter and pH on the migration of zinc through river bank sediments. In: Environmental Technol., 1992, vol.13, nr.7, p.695-700.
219. Потатуева Ю.А., Сидоренкова Н.К. Принцип агроэкологического загрязнения примесей тяжелых металлов и токсических элементов в удобрениях. В: Агрохимия, 2002, №1, с. 85-95.
220. Голдовская–Перистая Л.Ф. и др. Исследования валового содержания и содержания подвижных форм кадмия в почвах Губинско-Старооскольского промышленного района. В: Научные ведомости БелГУ. Серия «Естественные науки», 2006, №3 (23), вып.4, с. 65-68
221. Яковченко Н.А. и др. Влияние породных отвалов на экологическую систему Кемеровской области. ФГБОУ ВПО «Кемгхи». Кемерово, 2011, с.116-119.
222. Алексеенко В.А., Алексеенко А.В. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. Ростов-на-Дону: Изд. Южнофедерального университета, 2013. 177 с.
223. Топчай В.Ю., Виноградова А.А. Антропогенная нагрузка свинца и кадмия на окружающую среду Калининградской области РФ – по данным программы ЕМЕР. В: Фундаментальные исследования, 2014, №12, с. 1463-1467.
224. Hutton M. & Symon C. The quantities of cadmium, lead, mercury and arsenic entering the U.K. environment from human activities. In: Sci. total Environ., 1986, vol.57, p.129-150.
225. Байсегова Н.М., Сартаева Х.М. Фитотоксическое действие тяжелых металлов при техногенном загрязнении окружающей среды. В: Молодой ученый, 2014, №2, с. 382-384.
226. Роева Н.Н., Прилепа М.В. Определения микроконцентрации кадмия в поверхностных водах. В: Материалы V научно-практической конференции «Наука. Образование. Производство». Калуга, 2006, с. 182-188.

- 227.Полякова Е.В. Стронций в источниках водоснабжения Архангельской области и его влияние на организм человека. В: Экология человека, 2012, №2, с.9-14.
- 228.Zubcov E ș.a. Cooperare transfrontalieră: evaluarea migrației metalelor și determinarea toleranței ecosistemelor acvatice In: Akademos, 2015, nr.2, p.66-72.
- 229.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 Științe a Moldovei. Științele vieții, 2016. № 2 (239). p. 86-94
- 230.Zubcov E., Tihonenkova L., Biletchi 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.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ИНСТИТУЦИЯ
ДЕ БИВЭЦЭМЫНТ ДЕ СТАТ
«УНИВЕРСИТАТЯ ДЕ СТАТ
НИСТРЯНЭ Т.Г. ШЕВЧЕНКО»



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

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

10.06.2016 № 05-08/224

АКТ

о внедрении результатов исследований Лилии Анатольевны Тихоненковой, включенных в материалы диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук на тему: «Оценка экологического состояния Кучурганского водохранилища в зависимости от воздействия теплоэлектростанции».

Настоящим подтверждается, что результаты исследований Тихоненковой Л.А. включены в курсы лекций следующих дисциплин: «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.

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



 В.Г. Фоменко

Приложение 2. Акт о внедрении

МИНИСТЕРУЛ АГРИКУЛТУРИЙ ШИ
РЕСУРСЕЛОР НАТУРАЛЕ
РЕПУБЛИЧЬИЙ МОЛДОВЕНЕШТЬ НИСТРЕНЕ

ИНСТИТУЦИЯ ДЕ СТАТ
«ИНСТИТУТУЛ ШТИИНИЦИФИК 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 № 02-04/168

АКТ

о внедрении результатов исследований Лилии Анатольевны Тихоненковой, включенных в материалы диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук на тему: «Оценка экологического состояния Кучурганского водохранилища в зависимости от воздействия теплоэлектростанции».

Настоящим подтверждается, что результаты исследований Тихоненковой Л.А. включены в систему экологического мониторинга Кучурганского водохранилища, методы исследований применимы для оценки экологического состояния водоемов бассейна нижнего Днестра.

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 *Тихоненкова Лилия*

Подпись _____

Дата _____

CURRICULUM VITAE



Nume:	Tihonencova Lilia
Data și anul nașterii:	25 august 1967, Usti-Camenogorsk, Kazahstan
Cetățenia:	Republica Moldova
Studii:	1. Doctorat la Universitatea Academiei de Științe a Moldovei (2011-2015); 2. Institutul pedagogic de stat din Tiraspol, Facultatea, Biologie și chimie specialitatea Biologie și chimie (1984-1989).
Domeniile de interes științific:	chimia și biologia acvatică
Carierea profesională:	1. 1999-2016 lector superior catedrei de chimie, Universitatea de Stat Nistreenă 2. 1992-1999 lector la școala medicală din Tiraspol 3. 1989-1992 laborant catedrei de chimie, Universitatea de Stat Nistreenă
Participări la foruri științifice (naționale și internaționale)	1. «Инновации в науке производстве и образовании», Рязань, 2013; 2. «Наука, образование, производство в решении экологических проблем», Уфа, 2013; 3. «Геоэкологические и Биоэкологические проблемы Северного Причерноморья», Тирасполь, 2012; 4. «Геоэкологические и Биоэкологические проблемы Северного Причерноморья», Тирасполь, 2014; 5. «Гуманитарные и естественно научные факторы решения экологических проблем и устойчивого развития», Новомосковск, 2014; 6. «Конференция памяти к.б.н. доцента Л.Л. Попа», Тирасполь, 2015; 7. «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве», Тирасполь, 2015; 8. «Академику Л.С. Бергу – 140 лет», Бендеры, 2016.
Lucrări științifice și științifico-metodice publicate	Lucrări științifice publicate: 9, dintre care: Articole în reviste recenzate: 1, fără coautori: 1; Materiale ale comunicărilor științifice: 7; Teze: 1.
Cunoașterea limbilor:	rusă, germană.
Contacte:	tel. (+373)77812021 E-mail: ltikhonenkova@mail.ru
Adresa:	domiciliu –MD-3300, or. Tiraspol, str. Lunaciarscii 28/73; serviciu – catedra de chimie, Universitatea de Stat Nistreenă, MD-3300, or. Tiraspol, str. 25 Octombrie, 128