



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГУМАНИТАРНО-
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
КАФЕДРА ХИМИИ, ЭКОЛОГИИ И МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

Загрязнение озера Первое тяжелыми металлами

Выпускная квалификационная работа
по направлению 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями
подготовки)
Направленность программы бакалавриата
«Биология. Химия»

Проверка на объем заимствований:
69,88 % авторского текста

Работа рекомендована к защите
рекомендована/не рекомендована
« 07 » 06 2018 г.
зав. кафедрой Химии, экологии и МОХ
(название кафедры)
Ср Сутягин А.А.

Выполнила:
Студентка группы ОФ-501/068-5-1
Вылегжанина Евгения Сергеевна

Научный руководитель:
к.х.н., доцент
Ср Сутягин Андрей Александрович

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ	
1.1. Источники и пути поступления тяжёлых металлов в водоемы..	5
1.2. Миграция тяжёлых металлов в водной среде.....	8
1.3. Накопление тяжёлых металлов в водных экосистемах	13
1.4. Биоиндикация тяжёлых металлов	21
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	
2.1. Характеристика озера Первое.....	25
2.2. Отбор проб воды для гидрохимического анализа.....	31
2.3. Методы анализа.....	32
ГЛАВА 3. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДЕ	
3.1. Содержание тяжелых металлов в воде озера Первое.....	37
3.2. Динамика изменения содержания тяжелых металлов в воде озера Первое.....	41
ГЛАВА 4. МЕТОДИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ЭКСКУРСИИ НА ВОДООЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ПО ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД	
ВЫВОДЫ.....	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	47
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	48
ПРИЛОЖЕНИЯ	53

ВВЕДЕНИЕ

Водные экосистемы представляют собой естественную водную среду, в которой живые и неживые составляющие связаны в единое функциональное целое обменом вещества и энергии, что сопровождается трансформацией веществ под воздействием ряда физических, химических и биологических факторов [28]. На современном этапе водные экосистемы активно вовлечены в жизнедеятельность людей. Ежегодно общий забор вод для различных целей составляет около 86 км^3 . Из них на нужды промышленности расходуется 57,9%, на хозяйственно-питьевую – 20,3%, орошения - 13,7%, сельскохозяйственные водоснабжения – 2,1%, прочие нужды - 6%. Общий объем сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водные объекты, составляет более $6 \cdot 10^{10} \text{ м}^3$, из них $2,2 \cdot 10^{10} \text{ м}^3$ составляют неочищенные и сильно загрязнённые воды. В результате антропогенный фактор становится ведущим при формировании, химического состава природных вод. Нарастающее загрязнение обуславливает возникновение дефицита водных ресурсов.

Одними из основных видов токсикантов и экотоксикантов, поступающих в водоемы города Челябинска и активно загрязняющих водные объекты, выступают тяжелые металлы, поступающие от предприятий металлургической отрасли, машиностроения, энергетики и других видов деятельности человека.

Одним из водоемов, расположенных на территории города Челябинска и используемых в хозяйственной и рекреационной деятельности, является озеро Первое – объект исследования данной работы. Вода озера используется для полива расположенных рядом с водоемом садовых участков, а также в качестве технической воды для ряда промышленных объектов. На побережье озера обустроены песчаные пляжи, производится зарыбление некоторыми видами промысловых рыб.

В то же время, водоем испытывает техногенную нагрузку в виде стоков предприятий города, таких как ЧТЗ, ТЭЦ-2, ЖБИ, завод шлифизделий, в него путем воздушного переноса могут поступать загрязнители от промышленных объектов, расположенных вокруг водоема, а также сточные воды Северо-Восточного микрорайона и садоводческих товариществ. Интенсивное антропогенное воздействие на водоем приводит к его интенсивному загрязнению, что требует выполнения мониторинговых исследований для контроля качества воды.

Целью работы является количественное определение содержания тяжелых металлов в воде озера Первое города Челябинск.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести обзор литературы, посвященной путям поступления и поведению тяжелых металлов в водных объектах;
- определить количественное содержание некоторых тяжелых металлов в воде озера Первое;
- сравнить полученные результаты с имеющимися данными предыдущих лет, а также нормативами ПДК для вод различного назначения;
- разработать методические рекомендации для проведения экскурсии на предприятие «Водоочистные сооружения городской канализации» для ознакомления с методами очистки сточных вод от тяжелых металлов.

Объектом исследования являются поверхностные воды озера Первое.

Предмет исследования – количественное содержание тяжелых металлов в воде озера Первое.

Для реализации поставленных целей применены следующие методы:

- анализ и обобщение литературного материала;
- отбор проб воды (подготовка смешанной пробы);
- спектрофотометрический метод анализа в варианте спектрофотометрии в видимой области;
- титриметрический метод анализа в варианте комплексонометрии.

ГЛАВА 1. ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

1.1. Источники и пути поступления тяжёлых металлов в водоемы

Тяжелые металлы могут поступать в водоемы как в результате природных процессов (выветривание и вымывание горных пород и минералов, наличие эрозийных процессов, селевые смывы, поступление паводковых вод, перенос с дымом пожаров), так и от техногенных (предприятия по добыче и переработке полезных ископаемых, отрасли энергетики, металлургическая отрасль, машиностроение и т.д.) и не техногенных антропогенных (транспорт, сельское хозяйство, бытовые стоки) источников [20]. К вероятным источникам загрязнений биосферы тяжелыми металлами относятся предприятия черной и цветной металлургии, машиностроения (гальванические ванны меднений, никелирований, хромирований, кадмирований), предприятия по переработке аккумуляторных батарей, а также автомобильный транспорт [28]. В водоёмы Челябинска тяжелые металлы поступают со стоками металлургических заводов, а также организаций химической и легкой промышленности, там их соединения применяют в разных технологических процессах.

Важнейший источник поступлений меди в природные воды – предприятия цветной металлургии, выбросы транспорта, медьсодержащих удобрений, пестицидов, процесса сварки, сжиганий топлива в разных отраслях промышленности. Вынос с загрязненными металлами речными водами, стоками, осадений из воздушной среды, а также в итоге жизнедеятельности людей, может приводить к росту концентраций меди в поверхностных водах, а также в донных отложениях [23].

Выбросы предприятий, особенно, по производству цветных металлов и стали, являются активными источниками поступлений хрома в водоемы. Помимо этого, хром может выделяться и энергично рассеиваться в атмосфере, поступая в дальнейшем в водоемы, при сжигании твердых видов топлива. Важнейшие поставщики хромосодержащих аэрозолей при уменьшении масштабов выбросов - это производство и переработка феррохрома, при изготовлении огнеупорных материалов, сжиганий угля и производства хромовых сталей. Вследствие большой температуры кипения пары хрома стремительно конденсируются в пленку окиси на частицах аэрозолей и могут разноситься ветром на значительные расстояния. При этом высокие концентрации хрома могут быть в выбросах легкой, машиностроительной, деревообрабатывающей и химической промышленности [26].

Другой источник поступления хрома в поверхностные воды – это стоки гальванических мастерских, в частности отходы при травлении и полировки металлов. Значительный вклад в загрязнение этим элементом вносится коммунальными сточными водами.

Важными источниками поступлений свинца являются продукты, которые образуются в процессе высокотемпературных технологических процессах, выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания. С выхлопными газами в атмосферу может поступать до 260 000 тонн свинца. Особенную опасность в гидросфере представляют сточные воды производственных предприятий. Территория рассеиваний свинца вокруг производств может достигать 30-40 километров.

Вред экологии Челябинска и Челябинской области наносит МУП «Производственное объединение водоснабжения и водоотведения». Это предприятие ежегодно выполняет сброс в основной водоём города на уровне 160–170 млн. м³. Кроме того, предприятие ОАО «ЧМК», ежегодно сбрасывает по выпускам: Першинский, Каштакский и Баландинский почти 30 млн. м³ практически неочищенных водостоков. Основной состав

сточных включает в себя значительное количество биогенных и органических соединений, большие объёмы металлов и синтетических поверхностно-активных веществ. Из более чем тридцати активно загрязняющих водоносные источники соединений значительное количество приходится на фториды, сероводород и цианиды, тяжелые металлы. В результате в ряде районов области в подземных водах отмечена повышенная минерализация и содержание железа.

Результатом промышленной деятельности является непрекращающиеся ухудшения качества воды. В 2016 году из природных водных объектов забрали 305,45 млн. м³ воды. Важнейший объем воды - 301,64 млн. м³, был получен из поверхностных источников. На разные нужды использовано – 236,67 млн.кубических метров, из них 118,74 (50%) - на хозяйственно-питьевые, 79,85 (33,6%) – на производственные нужды. В 2016 году в поверхностные водоемы сбросили 205,58 млн. м³ сточных, транзитных и прочих вод, в частности 205,56 млн. кубических метров (99,99%) сбросили загрязненными.

Тяжелые металлы характеризуются различными путями поступления в объекты гидросферы. Основным источником является сброс металлов в растворенной форме при попадании сточных вод или с подземными загрязненными водами. Помимо прямого сброса возможен приток металлов атмосферным путем за счет осадков. Выброс в атмосферу и последующий перенос в гидросферу в большинстве случаев не учитывается, так как считается, что он пренебрежительно мал. В то же время, некоторые техногенные выбросы, поступающие в природную среду в виде тонких аэрозолей, воздушным путем переносятся на большие расстояния и вызывают глобальное загрязнение гидросферы за счет сорбционных процессов. Также загрязнения вод возможно путем самоосаждения загрязняющих веществ из воздуха, в котором содержатся выбросы промышленных заводов, выхлопных газов. Имеющиеся в воздухе частицы увлекаются осадками на поверхности водоемов [27].

Рост концентрации металлов-токсикантов в поверхностных водах отдельных озер происходит в итоге кислотных дождей, которые приводят к растворению минералов и пород. Такие источники загрязнения вызывают в биосфере рост содержаний металлов-загрязнителей в сравнении с естественным, так называемым фоновым уровнем. Кроме того, дождевая вода может фильтроваться через отвалы, особенно при авариях различных химических установок и хранилищ. Закачка промышленных отходов в скважины, шахты и шурфы приводит к загрязнению тяжелыми металлами подземных вод, а через них, по «окнам» в водоупорных слоях, и по водоносным горизонтам – водоемов. В настоящее время водоемы можно рассматривать как мировые «склады отходов» активной человеческой деятельности, в том числе, тяжелые металлы [26].

Поступая в бессточные водоемы, тяжелые металлы накапливаются, прежде всего, в донных отложениях, которые становятся источником вторичного загрязнения [10]. Некоторые тяжелые металлы выявляют комплексообразующие свойства. Например, в водной среде ионы таких металлов гидратированы и могут образовывать разные гидроксокомплексы, составы которых зависят от кислотности растворов. Если в растворах есть некоторые анионы или молекулы органических соединений, то ионы таких металлов организуют многообразные комплексы разного строения и устойчивости. В таком случае, переход металла в донные отложения осложнен, и наблюдается загрязнение водной массы, часто, выше значений нормативов водопользования [19].

1.2. Миграция тяжёлых металлов в водной среде

Особенностью поведения тяжелых металлов в водных экосистемах является то, что они не подвержены радиоактивному распаду как радионуклиды, не разлагаются и не деградируют, как токсичные органические вещества. Металлы-токсиканты, попав в водоем,

распределяются между компонентами данной водной экосистемы, часто нарушая экологическое равновесие. Они могут накапливаться в гидробионтах различных трофических уровней. В то же время, буферная способность водоемов (буферная емкость) способствует снижению внешнего воздействия и ограничивает влияние токсиканта. Буферной емкостью пресноводных экосистем по отношению к тяжелым металлам называется такое число металлов - токсикантов, поступление которых значительно не нарушит естественный характер функционирования данной экосистемы. При этом сами токсиканты распределяются на несколько форм [20]:

- 1) растворенные формы;
- 2) формы, сорбированные и аккумулярованные на фитопланктоне, то есть на растительных микроорганизмах;
- 3) формы, удерживаемые донными отложениями в итоге седиментаций взвешенных органических и минеральных частиц из водной среды;
- 4) формы, адсорбированные на поверхности донных отложений из водной среды в растворимых формах;
- 5) формы, находящиеся в адсорбированных формах на частицах взвеси.

В зависимости от формы тяжелого металла, он будет характеризоваться различной степенью доступности для гидробионтов. Так, незакомплексованные ионы, находящиеся в свободной растворенной форме, наиболее доступны для поглощения, а связывание их в комплексные соединения, например, с растворенным органическим веществом, а также адсорбция на взвешях, значительно снижают доступность, т.е. токсичность металла.

На формы нахождения тяжёлых металлов в водах могут оказывать воздействие гидробионты (к примеру, моллюски). Например, при изучении поведения меди в поверхностных водах были отмечены сезонные

колебания ее концентраций: зимой они наибольшие, а в летний период из-за активного роста биомассы понижаются.

При осаждении взвешенных органических частиц, обладающих адсорбированием ионов меди, они переходят в состав донных отложений. При этом интенсивность данного процесса зависит от скорости седиментаций взвесей, то есть косвенно – от размеров и заряда адсорбирующих ионы меди частиц.

Помимо аккумуляций металлов посредством адсорбции и последующих седиментаций в поверхностных водах могут происходить и прочие процессы, которые отражают устойчивость экосистем к токсическим воздействиям данного рода загрязнителей. Самый важнейший из них – это связывание ионов металлов в водных средах растворенными органическими веществами. Нужно отметить, что общая концентрация токсикантов в водной среде не изменяется. Однако, максимальную токсичность имеют гидратированные ионы металлов, а металлы, соединенные в комплексы менее опасны или даже практически безвредны. Согласно результатам специальных исследований, между общей концентрацией металлов-токсикантов в природных поверхностных водах и их токсичностью нет однозначных зависимостей.

В природной поверхностной водной среде может содержаться значительное количество органических веществ, 80% из которых составляют высокоокисленные полимеры типа гумусовых веществ, которые проникают в водную среду из почвы. Другая часть органических веществ, которые растворимы в водной среде – это продукты деятельности организмов (полипептидов, полисахаридов, жирных и аминокислот) или же похожие по химическим свойствам примесей антропогенных происхождений. Все они могут претерпевать разные превращения в воде. Однако, все они одновременно являются комплексообразующими реагентами, которые связывают ионы металлов в комплексы и понижающими этим токсичность водной среды.

При миграции тяжелых металлов донные отложения рассматриваются как сложные многокомпонентные, открытые неравновесные физико-химические системы, которые образованы совокупностью некоторых твердых и жидких фаз. Жидкой фазой называется водный раствор, который заполняет поровое пространство отложений [15].

Состав раствора меняется при переходе от одной точки пространства к другой и его рассматривают как жидкую фазу. При взаимодействии водных растворов с минеральными фазами, а также при распадах органических веществ может происходить их обогащения одними компонентами и снижение концентрации других. В итоге этого в донных отложениях возникают градиенты концентраций химических компонентов, что может определять вероятность массообменных потоков.

Химические процессы в донных отложениях сочетаются с физико-химическими явлениями, с биологическими и биохимическими превращениями и сопровождаются молекулярной диффузией в поровых растворах. При этом, молекулярные диффузии играют ведущую роль в перераспределениях растворенных веществ в отложениях и в массообменах через границы раздела вода – донные отложения.

На миграционные процессы, приводящие к распределению и накоплению тяжелых металлов в системе вода – донные отложения оказывают влияние такие факторы, как водородный показатель (рН) среды, окислительно-восстановительный потенциал (Eh) системы, жесткость воды. Воздействие рН среды и окислительно-восстановительных условий (Eh) на миграции элементов в воде выражено в том, что эти факторы могут контролировать осаждения тяжелых металлов из растворов, коагуляции коллоидов, подвижности металлов. При повышении рН воды растворенные катионные формы металлов переходят в нерастворенные формы, адсорбируются на поверхности твердых частиц взвешенных веществ, которые находятся в водной среде, и осаждаются в донных

отложениях. Самым активным, естественно участвующим в обменном процессе с поровой и придонной водной средой является верхний (0–10 см) слой донных отложений [14].

Зная значения pH, при котором происходит осаждение того или иного металла из водных растворов в виде гидроксида, можно прогнозировать тенденцию его поведения при попадании в водную экосистему (табл. 1).

Таблица 1.

Формы тяжелых металлов в воде в зависимости от pH среды [14]

Металл	Форма металла
Zn	Zn^{2+}_{aq} (pH < 7); $[Zn(OH)]^+$ (pH = 7–8); $Zn(OH)_2$ (pH > 8)
Cu	CuL (pH < 7); Cu^{2+}_{aq} (pH < 7); $CuHPO_4$ (pH < 4); $Cu(OH)_2$; $[Cu(OH)_3]^-$ (pH > 8); $CuCO_3$ (pH > 5)
Ni	Ni^{2+}_{aq} (pH < 7); NiL (pH < 9); $NiCO_3$, $[Ni(OH)]^+$; $Ni(OH)_2$ (pH = 6–9)
Pb	Pb^{2+}_{aq} (pH < 4); PbL (pH = 5–7); $[Pb(OH)]^+$ (pH = 6–10); $Pb(OH)_2$ (pH > 10); $PbCO_3$ (pH = 5 – 7)
Cd	Cd^{2+}_{aq} (pH < 7); CdL (pH = 5–7); $Cd(OH)_2$; $[Cd(OH)]^+$, $[Cd(OH)_3]^-$ (pH = 6–10); $CdCO_3$ (pH > 8)
Fe (III)	FeL ; Fe^{3+}_{aq} (pH < 3); $[Fe(OH)]^{2+}$, $[Fe(OH)_2]^+$, $Fe(OH)_3$ (pH > 6)

где L – лиганд

В зависимости от гидрологических сезонов в водоеме преобладают или окислительные ($Eh > 0$), или восстановительные условия ($Eh < 0$), определяющие формы нахождения тяжелых металлов [19]. Окислительные условия в воде преобладают весной, когда отмечается увеличенное содержание растворенного кислорода в водной среде. В летне-осенний период при снижении концентрации растворенного кислорода за счет его интенсивного расходования на биохимические процессы в поверхностных слоях донных отложений устанавливаются восстановительные условия.

1.3. Накопление тяжелых металлов в водных экосистемах

Ртуть, свинец, кадмий входят в общий перечень самых важных загрязняющих веществ окружающей среды, который согласован государствами, входящими в ООН.

В качестве токсикантов в водоемах рассматриваются соединения ртути, свинца, кадмия, олова, цинка, марганца, никеля, при этом существует высокая токсичность прочих тяжелых металлов - кобальт, серебро, золото, уран и других. Высокая токсичность для живых существ – это характерное свойство соединений и ионов тяжелых металлов.

К тяжелым металлам относятся также необходимые для жизнеобеспечения живых организмов так называемые биогенные элементы. Ряд других могут вызывать противоположный эффект и, при попадании в живые организмы, могут приводить к отравлению или даже гибели. Такие металлы относятся к классу ксенобиотиков, то есть чуждых живым. Среди металлов-токсикантов выделяется приоритетная группа, к которой относятся металлы кадмия, меди, мышьяка, никеля, ртути, свинца, цинка и хрома как наиболее опасных для здоровья людей и животных. При этом ртуть, свинец и кадмий являются самыми токсичными.

Токсическое действие тяжёлых металлов на организм может усиливаться за счет проявления выраженных комплексообразующих свойств. Например, в воде ионы таких металлов гидратированы и могут образовывать гидроксокомплексы, состав которых зависит от кислотности растворов. Если в растворах присутствуют ряд анионов или молекул органических соединений, то ионы тяжёлых металлов могут образовывать разные комплексы разных строений и устойчивости [29].

Тяжелые металлы накапливаются в водоемах, особенно на их поверхности, и медленно удаляются при потреблении водными растениями, животными и микроорганизмами. Время полуудаления (удаления половины от начальной концентрации) составляет

продолжительный период: цинк – от 70 до 510 лет, кадмий – от 13 до 110 лет, медь – от 310 до 1500 лет, свинец – от 740 до 5900 лет.

Тяжелые металлы могут обладать значительной способностью к разнообразным химическим, физико-химическим и биологическим реакциям. Некоторые имеют переменные валентности и принимают участие в окислительно-восстановительных процессах. Тяжелые металлы и их соединения, перемещаются и перераспределяются в средах жизнедеятельности, то есть мигрируют. Миграции соединений тяжелых металлов происходят в основном в виде органоминеральных составляющих. Некоторые органические соединения, с которыми связываются металлы, представлены продуктами микробиологической жизнедеятельности [3].

Особо опасны выбросы в водную среду ртути, так как в итоге деятельности живущих на дне микроорганизмов происходят образования растворимых в водной среде токсичных органических соединений ртути, значительно более токсичных, нежели неорганических. При этом живущие микроорганизмы могут превращать их в диметилртуть $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$, относящуюся к наиболее ядовитым веществам. Диметилртуть затем легко может переходить в водорастворимый катион HgCH_3^+ . Эти частицы поглощаются водными организмами и попадают в пищевую цепочку: первоначально они скапливаются в растениях и мельчайших организмах, потом – в рыбах. Метилированная ртуть очень медленно выводится из организмов – месяцами у человека и годами у рыб.

Причинами токсичных действий тяжелых металлов на растения и прочие живые организмы являются [18]:

- 1) все тяжелые металлы располагают сильным денатурирующим действием и могут вызывать понижение активности ферментов и прочих метаболически значительных белков клетки: они повреждают мембраны клетки, при этом нарушается их проницаемость;

2) вероятно конкуренция тяжелых металлов с необходимыми растениям элементами питания, что приводит к дефициту последних и нарушает нормальный ход метаболических процессов. Например, кадмий может замещать цинк, барий и стронций замещать кальций, цезий может замещать калий.

Токсичность хрома (Cr^{3+} , Cr^{6+}) для водных организмов в целом низкая. Степень токсичности для растений определяется кислотностью среды и зависит от доступности свободных и связанных в хелаты ионов. Хром не вызывает значительного загрязнения растительных тканей, за исключением специфических участков сброса стоков. Содержания в пресноводных растениях в промышленных зонах обычно колеблются в пределах до 50 мг/кг сухого веса, а в незагрязненных областях редко превышают 5 мг/кг. Содержание хрома в организме беспозвоночных на участках загрязнения составляет до 25 мг/кг сухого веса, тогда как в незагрязненных водах – менее 5 мг/кг [29].

В определенных условиях летальные концентрации, при которых погибает 50 % особей, находятся в пределах 0,006-225,0 мг/л, хотя, как правило, они менее 0,5 мг/л. Токсичность меди выше в пресноводных системах, нежели в морских, что отражает относительную долю токсичных свободных ионов в воде. Содержание меди в прикрепленных видах водорослей из загрязненных водных объектов составляет примерно 10-100 мг/кг сухого веса. Факторы концентрирования меди меньше подобных коэффициентов, которые известны для ряда прочих металлов, в частности ртуть, кадмий, свинец, цинк, никель. Усиливаясь в зоне интенсивного загрязнения, фактор концентрирования может меняться от 10^2 до $> 10^5$, что может зависеть от их видовых принадлежностей.

Темп поглощений меди водными растениями зависит от первоначальных содержаний в среде обитания. При этом сорбция в высокой степени реализуется при наличии Na^+ и Mg^{2+} , интенсивность поглощений ингибируется ионами H^+ . Помимо этого, она может зависеть

от вида растений, что и может приводить к вариабельности содержаний в них меди. Однако, медь способствует росту проницаемости клеточных оболочек в водных растениях, что увеличивает их чувствительность к влиянию прочих металлов [37].

В мягких тканях беспозвоночных из загрязненных водных сред содержание меди может колебаться в границах 5-200 мг/кг сухого веса.

Темп поглощений меди планктонными беспозвоночными зависят в основном от ее концентраций в водной среде, а для бентосных видов они отображают уровни содержаний в донных отложениях.

Неорганический свинец менее токсичен для водных растений, чем медь. Острые и хронические его воздействия проявляются в основном при концентрации примерно 0,1-5 мг/л. Факторы окружающей среды (показатели температуры, освещенности, химического состава воды) возможно, также воздействуют на токсикологическое свойство свинца. Острое влияние свинца на беспозвоночных отмечается при концентрации в водной среде 0,1-10 мг/л. Отдельные виды водных растений и животных могут обладать устойчивостью к влиянию свинца. В природных условиях токсичное воздействие свинца обнаруживается достаточно редко. Зачастую, токсичность свинца для водных организмов может зависеть от их толерантных способностей и вероятной адаптации к его влиянию.

Значительные концентрации свинца свойственны для прикрепленных растений, которые обитают в загрязненных водных средах. Факторы концентрирования свинца в системе «вода-растения» чаще всего изменяются от 5000 до 15000. Свинец может сорбироваться растениями из водной среды главным образом, в виде твердых частиц, а не в растворенном виде. Темп поглощений зависит от вида растения и усиливается с увеличением концентраций металлов в воде. Сорбция понижается при увеличении кислотности. Десорбция свинца из растений проходит существенно интенсивнее, чем ртути и кадмия.

Многие бентосные и планктонные виды беспозвоночных не могут извлекать свинец из пищи и из водной среды. Небольшая аккумуляция свинца имеет место на высоких трофических уровнях. Так как пищевые связи организмов в естественных условиях многообразны, нередко затруднительно определять точный источник поступлений свинца в организмы, который связан с ними уровень загрязнений и соответствующую долю поступающих с пищей металлов.

Для некоторых моллюсков интенсивные накопления свинца наблюдаются в органах пищеварительных систем и в раковинах. Связь между размером и возрастом беспозвоночных и содержанием в них свинца зачастую отсутствует. Для ряда беспозвоночных поглощения и выделения свинца из организмов находятся в прямой зависимости от концентраций свинца как в донных отложениях, так и в водной среде [35].

В похожих условиях никель менее токсичен для водных растений, чем ртуть, медь, кадмий, серебро и таллий, но более токсичен, чем свинец и цинк. Чаще всего, значительное понижение интенсивности фотосинтеза и темпов увеличения растений отмечен при содержании 0,1-0,5 мг/л. Тем не менее, модификации в составе ряда видов бентосных водорослей отмечен и при 0,002 мг/л [9], а при концентрации 700 мг/л у *Elodea canadensis* интенсивность фотосинтеза понижается на 50 % [8]. Такие отличия, определены доступностью свободных ионов никеля для растений и наличием органических и неорганических хелатов в воде в период проведения опытов. Чувствительность к влиянию никеля в основном зависит от видов растений.

При общем воздействии никеля и меди на некоторые растения отмечается синергизм, а при общем влиянии никеля и кадмия, никеля и цинка, никеля, кадмия и ртути – антагонизм. К примеру, при предварительной обработке водорослей никелем или ртутью снижается токсичность кадмия.

Для водных беспозвоночных никель является менее токсичным тяжелым металлом. Чаще всего, никель менее токсичен, чем ртуть, кадмий, медь, свинец и серебро, а зависимо от условий окружающей среды он и менее опасен, чем цинк, хром и мышьяк.

Острая токсичность никеля снижается при добавлении кальция, магния и прочих катионов. Антагонизм и синергизм никеля с прочими химическими элементами изучены недостаточно, но полученные данные для водных растений могут быть применены и для беспозвоночных. Хроническое влияние сублетальных концентраций никеля может приводить, в основном, к понижению темпов роста организмов [9].

Интенсивность поглощения никеля водными растениями увеличивается с ростом его содержания в воде и вследствие применения фосфатов. Большая часть поглощаемого металла проникает глубоко в клетки, тогда как оставшаяся часть свободно сорбируется внешними их оболочками. Как и у других металлов, сорбция никеля растениями снижается в присутствии хелатов. Хотя точный механизм поглощения никеля растениями неизвестен, можно предполагать, что в большинстве случаев имеют место процессы ионного обмена. К ним относятся освобождение кальция и других катионов из клеток растений и последующее замещение их Ni^{2+} . Интенсивность обмена зависит от pH культуры и уменьшается со временем в результате сокращения участков связи.

Поскольку содержание никеля в водорослях и других продуктах питания, как правило, невысокое, сравнительно мало данных и о значимых его концентрациях в пресноводных беспозвоночных.

Наиболее высокие содержания никеля характерны для тканей с высокой метаболической активностью. Это почки, пищеварительные органы, а в некоторых случаях внешние скелеты ракообразных. Как правило, уровни содержания никеля в мышцах ниже, чем в других тканях.

Поэтому данные об уровнях концентрации этого элемента в мышцах не могут являться основой при биомониторинге качества водной среды.

Токсичность цинка для водных растений весьма различна: доза, при которой погибают 50 % особей, составляет от 0,0075 до 50 мг/л. Эти различия обусловлены способностью многих видов растений адаптироваться к высоким концентрациям цинка в воде. При этом существенное влияние оказывают физико-химические условия среды. В большинстве случаев цинк занимает промежуточное место в токсическом эффекте элементов: меди, ртути, хрома, кадмия, никеля, свинца.

Устойчивость растений к воздействию цинка увеличивается с уменьшением в оболочках клеток участков обмена с окружающей средой. С увеличением содержания в воде кальция, магния и фосфатов токсичность цинка для большинства видов снижается. Токсичность зависит также от кислотно-щелочных условий, контролирующей концентрацию Zn^{2+} в растворе, а также от присутствия в последнем органических хелатов. При совместном действии цинка и кадмия, а также цинка и меди характерен синергизм. С другой стороны, совместное действие цинка, меди и кадмия по токсическому эффекту может сравниться с действием равной концентрации одного цинка. Конкуренция за места и пути проникновения в растения является одним из механизмов взаимодействия цинка с другими металлами, что во многом определяется присутствием нетоксичных металлов, например марганца.

Содержание цинка в растениях из загрязненных пресноводных систем обычно изменяется от 100 до 500 мг/кг сухого веса. Более высокие концентрации отмечены в растениях ряда европейских рек, загрязненных сточными водами рудников по добыче металлов. В незагрязненных районах концентрация цинка в растениях не превышает 50 мг/кг [29].

Интенсивность поглощения цинка растениями невелика и зависит от скорости метаболизма и фотосинтеза, температуры, освещенности и уровня его содержания в водной среде. Сорбция цинка, как правило,

подавляется H^+ , хелатами и Na^+ . Предполагается, что только незначительная часть потребляемого водорослями цинка поступает в живые организмы в результате ионного обмена с внутриклеточными полисахаридами [35]. В мертвых водорослях сорбция была интенсивнее, поскольку в живых их представителях ненарушенная структура клеточной мембраны контролирует движение цинка в клетки.

Максимальное содержание цинка характерно для пищеварительной железы и гонад моллюсков, а его концентрация в раковинах, как правило, невысокая.

Концентрации цинка для всего тела возрастают с размером и возрастом беспозвоночных. Отмечена хорошая корреляция между концентрацией цинка в органах и их весом. В природных условиях самые высокие содержания цинка могут наблюдаться в зимнее и весеннее или летнее время года, но нередко сезонные вариации вообще отсутствуют. Указанные различия могут свидетельствовать об изменении условий воспроизводства и о влиянии температуры окружающей среды на интенсивность поглощения цинка. Темпы выведения цинка из тканей беспозвоночных могут значительно варьировать.

Острые токсические эффекты цинка для пресноводных беспозвоночных отмечаются редко. Как правило, ртуть, кадмий, медь, хром, никель и мышьяк более токсичны для этих организмов, нежели цинк. В целом молодые особи более чувствительны к воздействию цинка, нежели взрослые. Для пресноводных беспозвоночных LD_{50} колеблется от 0,2 до 3,5 мг/л. Отмечается чрезвычайно высокая чувствительность или, наоборот, высокая устойчивость к воздействию цинка, что во многом определяется условиями водной среды. Как и в случае других металлов, с увеличением жесткости воды токсическое воздействие цинка на беспозвоночных снижается. Ионы кальция в большей степени снижают токсичность цинка, нежели ионы магния. Таким образом, для правильной

оценки промышленного влияния на водные системы необходимо знать ионный состав воды.

Патологические изменения в организмах рыб позволяют определить токсическое воздействие на них водной среды и дать представление о потенциальной опасности воздействия группы веществ, поступающих в водоем. Актуальность выявления неблагоприятного качества воды на основе исследования рыб подтверждается тем, что многие физиологические системы рыб сходны с таковыми у теплокровных животных, и это позволяет прогнозировать отражение последствий присутствия токсикантов в водной среде на человеке. При изучении воздействия загрязнения в природных условиях наиболее удобны бентофаги, которые ведут достаточно оседлый образ жизни. Это позволяет получать аналитический материал по изменению физиологических показателей рыб с привязкой к конкретному району [29].

Наряду с прямым токсическим действием металлы, обладающие способностью аккумулироваться в телах гидробионтов, обуславливают отдаленные генетические, канцерогенные, гонадо- и эмбриотоксичные последствия [18]. Соотношения концентраций металлов в организмах устанавливались на протяжении всего периода эволюции органического мира. Значительные отклонения от этих соотношений приводят к нарушению обменных процессов в живых организмах. Аккумуляция металлов в организмах рыб может в ряде случаев отражать суммарную дозу металлов в водоеме в течение длительного периода (жизненного цикла рыб). В природе геохимическими аномалиями с высокими концентрациями тех или иных элементов обусловлено появление ряда эндемичных заболеваний, а техногенный фактор усиливает эти явления.

1.4. Биоиндикация тяжелых металлов

В настоящее время разработана концепция комплексного экологического мониторинга природной среды (Израэль, 1979), составной

частью которого должен быть биологический мониторинг, осуществляемый на станциях фонового мониторинга. Большое внимание, уделяемое ныне биологическому мониторингу, определяется рядом обстоятельств [3]. Во-первых, измерение физических и химических параметров загрязненности природной среды более трудоемко по сравнению с методами биологического мониторинга.

Во-вторых, в окружающей человека среде нередко присутствует не один, а несколько токсичных компонентов. При этом довольно часто возникает синергизм в их действии на живые организмы, при котором суммарный эффект превышает действие, оказываемое каждым компонентом в отдельности. В итоге, концентрация каждого отдельного компонента комплекса загрязнителей, фиксируемая с помощью физико-химических методов, может казаться неопасной для живых организмов, тогда как их совокупное влияние является угрожающим. Синергизм не учитывается физико-химическими методами анализа, но может быть выявлен при использовании биоиндикации, т.е. при наблюдении непосредственного воздействия загрязнителей природной среды на живые организмы.

Биологический мониторинг не подменяет и не вытесняет физико-химических методов исследования состояния природной среды. Его использование позволяет существенно повысить точность прогнозов сдвигов в экологической обстановке, вызванных деятельностью человека.

Принципы биологического мониторинга в настоящее время интенсивно разрабатываются. Весьма важным элементом его является растительный мир, который очень чутко реагирует на загрязненность окружающей человека среды. Не удивительно, что исследователи рассматривают растения как наиболее чувствительные и надежные индикаторы загрязненности атмосферы и гидросферы.

Для индикации среднего и высокого уровней загрязнения тяжелыми металлами чаще используют микроорганизмы (бактерии, грибы,

водоросли, простейшие). В частности, при концентрации меди 300-400, а никеля 600-700 мг/кг в почве начинает снижаться численность азотфиксирующих, нитрифицирующих, аммонифицирующих бактерий. Затем уменьшается количество целлюлозоразрушающих бактерий. При концентрации меди 400-1200, а никеля 600-700 мг/кг в почве происходит смена доминатов, снижается количество неспорообразующих сапрофитных бактерий [29].

Одной из перспективных групп организмов-индикаторов являются протисты, в том числе и инфузории. Они играют значительную роль в пищевых цепях. Как консументы II уровня инфузории являются важным звеном переноса энергии на более высокие трофические уровни. Также инфузории играют важную роль в процессах самоочищения водоемов. Высокая чувствительность инфузорий к токсическому действию различных поллютантов позволяет обнаруживать загрязнения на самых ранних стадиях и при незначительных концентрациях [1].

Индикаторами загрязнения воды кадмием являются *Chlorellapyrenoidosa*, *Scenedesmusquadricauda*, *Daphniamagna*, *Physaintegra*, *Tisbeholothuriae* и многие другие представители растительного и животного микро- и макромира [1].

Токсичность кадмия для пресноводных организмов в значительной степени зависит от продолжительности воздействия загрязнителя, вида организма и стадии его развития. Наиболее уязвимыми кадмием являются репродуктивная система и ранние стадии развития организма.

К биологическим индикаторам загрязнения среды кадмием относятся [1]:

- бактерии (*Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas marina*, *Nitrosomonaseuropean*, *Alcaligenesfaecalis*) – угнетается рост и развитие, изменяется экспозиция генерации;

- водоросли (*Chlorellapyrenoidosa*, *Chlorellavulgaris*, *Zoogloeara-migera*, *Dunabiellatertiolecta*, *Isochrysiagalbana*, *Thalassiosirarotula*,

Scenedesmusquadricauda, *Anlostrodesvulfate*, *Selenastrumcapriocornutum*) – угнетается рост и развитие, изменяется экспозиция генерации и плотность клетки, уменьшается биомасса;

– высшая водная растительность (ряска *Lemnaminor*, папоротник *Salvianatans*) – развивается хлороз, ингибируется рост и развитие;

– водяная блоха (*Daphniamagna*), водяная улитка (*Physaintegra*), веслоногий рачок (*Tisbeholothuriae*) – в зависимости от концентрации и экспозиции меняется количество потомства и его выживаемость.

Показателями ртутного загрязнения воды являются бактерии родов *Flavobacterium*, *Esaherichia*, *Sarcina*, *Enterobacter*, *Achromobacter*, *Brevidobacterium*; представители зоопланктона – *Temoruslongicornis*, *Pseudocolanuselongates*; водоросли – *Chlorellapyrenoidosa*, *Scenedesmuscutus*, *Chlamydomonassp* [7].

Среди рыб индикаторами загрязнения среды ртутью являются плотва (*Leuciscusrutilus*) и карась (*Carassiusauratus*). Среди водных растений – красные водоросли (*Plumariaelegans*, *Laminariahyperborean*), кувшинка (*Pistiastratiotes*).

Действие ртути на почвенные организмы зависит от характера почвы, pH среды, солености почвенной воды, температуры, концентрации ртути, ее химических соединений и пр. [7].

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Характеристика озера Первое

Озеро Первое размещено на восточной окраине Челябинска. По происхождению водоем является карстовым: равнинное озеро Зауралья на границе Зауральской возвышенной равнины с Западно-Сибирской низменностью. Вместе с озерами Второе (расположено восточнее) и Шелюгино (расположено южнее), за которыми следуют Третье и Четвёртое, объект входит в систему технологических водоемов. Его общая площадь составляет 18,7 кв.км., объем 145 млн.куб.м., глубина максимальная 10,5 м, средняя 7,7 м. [6]

Котловина озера полуэллипсоидная. Берега ровные, слабоизрезанные; западные и северо-западные относительно высокие. Острова отсутствуют. Дно выстлано плотными заиленными песками [6].

Юго-западный берег представляет собой городскую зону, заселенную многоэтажными домами, на восточном берегу расположена железнодорожная станция Межозерная, северный берег заполнен садоводческими товариществами. В связи с застройкой северо-восточного района Челябинска возросла рекреационная значимость озера. Новые микрорайоны: "Чурилово – Лейк Сити", "Заозерный", "Яблонево", "Солнечный берег", активно используют водоем для организации культурного отдыха. Популярность озеру среди горожан придают многочисленные песчаные пляжи, обилие рыбы (в озере водятся окунь, сиг, рипус, карп, щука, пелядь, ерш, судак, плотва, пескарь, лещ, карась).

В 1930-е годы в озеро Первое начали сбрасывать промышленные стоки. В настоящее время доля сточных вод в водном балансе достигает 86%. Из озера производится водозабор на технические нужды (ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ТЭЦ – 3, ЧТЗ – Уралтрак, ЧМК, ЧТПЗ, Профнастил и др.), а также

для полива садовых участков. Во избежание переполнения озера в 1958 был прорыт сбросный канал в реку Миасс, который регулярно использовался до 1984 г. В настоящее время канал используется только для аварийных спусков воды [6].

По минеральному составу вода озера преимущественно хлоридная, минерализация меняется по сезонам в пределах 0,9-1,5 г/л. В водоеме стабильно отмечается превышение ПДК хлоридов, сульфатов, азота аммонийного, нефтепродуктов, фенолов, меди и цинка. Качество воды соответствует 3-му классу (умеренно загрязненная).

Величины минерализации воды в течение 2016 г. изменялась от средней (258 мг/дм³) в период весеннего наполнения до высокой (1128 мг/дм³) во время зимней межени. По химическому составу вода относилась в подледный период (с ноября по апрель) к гидрокарбонатному классу, с мая по октябрь – к хлоридному, группе натрия. Кислородный режим в течение года удовлетворительный: содержание растворенного в воде кислорода варьировало от 8,64 до 11,3 мг/дм³ (70–98% насыщения). Среднегодовые концентрации биогенных соединений не превышали нормативных значений, однако в период весеннего наполнения отмечалось превышение ПДК азота аммония и железа общего в 1,5 раза, азота нитритов в 2,6 раза [6].

Среднегодовая концентрация органических веществ по БПК₅ составила 1,6 ПДК, максимальная величина БПК₅, обнаруженная во время весеннего наполнения - 2,8 ПДК. Среднее содержание в воде ХПК соответствовало 1,5 ПДК, максимальное - 1,9 ПДК.

Среднегодовая концентрация нефтепродуктов превысила норматив в 1,4 раза, максимальная – в 1,8 раза (октябрь).

Содержание фторидов было повышенным: средняя концентрация была на уровне 2,6 ПДК, наибольшая – 4,2 ПДК (октябрь).

Среднегодовые концентрации металлов составили: меди – 1,4 ПДК, цинка – 2,7 ПДК, марганца – 6,4 ПДК. Максимальное содержание цинка

(3,1 ПДК) и марганца (9,8 ПДК) наблюдалось в апреле, меди (1,6 ПДК) - в октябре. Концентрации мышьяка, СПАВ и никеля не превышали допустимых норм, фенолы и хром в воде не обнаружены (таблица 2) [15].

Таблица 2

Гидрохимический состав озера Первое в черте г. Челябинска в 2016 г.

Ингредиенты и показатели качества воды	Содержание химических веществ, мг/дм ³	
	Среднее значение	Максимальное значение
1	2	3
Взвешенные вещества	6,1	7,5
Растворенный кислород	10,1	8,64
Насыщение кислородом	80	70
Калий+натрий	143	205
Кальций	65,9	98,8
Магний	37,5	49,9
Сульфаты	120	202
Хлориды	185	239
Сумма ионов	817	1128
Жесткость общая, ммоль/л	6,37	8,24
Азот аммония	0,34	0,59
Азот нитритов	0,020	0,051
Азот нитратов	0,34	0,90
Фосфаты	0,101	0,184
Железо общее	0,09	0,15
Медь	0,0014	0,0016

Продолжение таблицы 2

1	2	3
Цинк	0,027	0,031
Марганец	0,064	0,098
БПК ₅	3,20	5,69
ХПК	21,9	28,0
Нефтепродукты	0,07	0,09
Фенолы	0,0	0,0
СПАВ	0,02	0,02
Хром общий	0,0	0,0
Мышьяк	0,018	0,026
Никель	0,006	0,012

К приоритетным загрязняющим веществам водной массы и донных отложений озера Первое относятся тяжелые металлы (Fe, Zn, Cu, Ni, Cd, Pb), которые отличаются наибольшей аккумуляционной способностью и высокой токсичностью (табл. 3).

Таблица 3

Сезонное содержание тяжелых металлов в воде (мг/л) и донных отложениях (мг/кг сухой массы) Первого озера города Челябинска за 2012–2017 гг.

Показатели, мг/л мг/кг сухой массы	Сезонность	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	ПДК
		1	2	3	4	5	6	
Zn	Весна	0,028*	0,025*	0,018*	0,025*	0,028*	0,022*	0,01
		22,78	29,32	32,32	25,36	21,78	23,98	
	Лето	0,016*	0,015*	0,012*	0,018*	0,013*	0,012*	
		41,90	40,28	43,2	35,96	41,24	51,24	
	Осень	0,011*	0,011*	0,009	0,011*	0,009	0,010	
		40,64	39,52	43,4	35,08	40,64	51,04	

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cu	Весна	0,0022*	0,0021*	0,0023*	0,0024*	0,0026*	0,0021*	0,00 1
		4,60	4,26	4,66	4,68	4,56	4,88	
	Лето	0,0030*	0,0031*	0,0032*	0,0035*	0,0035*	0,0030*	
		6,50	5,52	5,52	5,92	7,12	7,34	
	Осень	0,0024*	0,0029*	0,0028*	0,0028*	0,0030*	0,0025*	
		6,80	5,64	5,92	5,92	7,16	7,28	
Pb	Весна	0,0024	0,0017	0,0025	0,0025	0,0032	0,0025	0,01
		5,00	4,16	3,88	4,48	5,44	4,92	
	Лето	0,0042	0,0030	0,0036	0,0045	0,0048	0,0042	
		6,24	5,32	6,16	6,48	6,68	6,16	
	Осень	0,0009	0,0004	0,0008	0,0009	0,0009	0,0009	
		5,12	4,58	4,96	5,16	4,88	4,84	
Fe	Весна	0,28*	0,22*	0,24*	0,19*	0,26*	0,19*	0,10
		9,80	9,36	9,70	9,28	9,76	9,14	
	Лето	0,11*	0,11*	0,09	0,10	0,10	0,09	
		25,46	22,14	24,84	24,02	25,06	24,46	
	Осень	0,03	0,04	0,03	0,05	0,03	0,03	
		23,50	19,38	23,18	21,92	23,3	23,38	
Ni	Весна	0,0043	0,0042	0,0044	0,0045	0,0045	0,0043	0,01
		5,08	6,24	5,28	5,10	5,18	5,00	
	Лето	0,0092	0,0108*	0,0109*	0,0096	0,0112*	0,0094	
		5,96	7,14	6,16	6,02	6,70	5,84	
	Осень	0,0022	0,0028	0,0021	0,0024	0,0032	0,0021	
		25,88	22,34	25,72	23,86	27,84	25,76	
Cd	Весна	0,00060	0,00087	0,00053	0,00062	0,00090	0,00058	0,00 5
		0,240	0,134	0,228	0,204	0,270	0,248	
	Лето	0,00022	0,00059	0,00023	0,00031	0,00043	0,00025	
		0,282	0,192	0,244	0,232	0,314	0,286	
	Осень	0,00011	0,00020	0,00010	0,00011	0,00019	0,00011	
		0,352	0,270	0,358	0,296	0,388	0,370	

В таблице 3 в числителе указано содержание ТМ в воде (мг/л), в знаменателе – содержание ТМ в донных отложениях (мг/кг сухой массы);

ПДКв.р. – предельно-допустимые концентрации ТМ в водоемах рыбохозяйственного значения;

* – значения ТМ превышающие ПДКв.р.

Данные таблицы 3 позволяют рассмотреть миграционную способность тяжелых металлов из водной массы озера Первое в донные отложения с помощью коэффициента распределения [19]:

$$\lg K_{\text{распр}} = [M]_{\text{до}} / [M]_{\text{вода}}$$

где $\lg K_{\text{распр}}$ – коэффициент распределения; $[M]_{\text{до}}$ – содержание металла в донных отложениях, мг/кг; $[M]_{\text{вода}}$ – содержание металла в воде, мг/л. Применение этой характеристики в сезонной динамике тяжелых металлов определяет стадии наибольшего их содержания в донных отложениях и становится возможно прогнозирование воздействия изучаемых факторов на миграционные процессы металлов в системе вода – донные отложения (рис. 1).

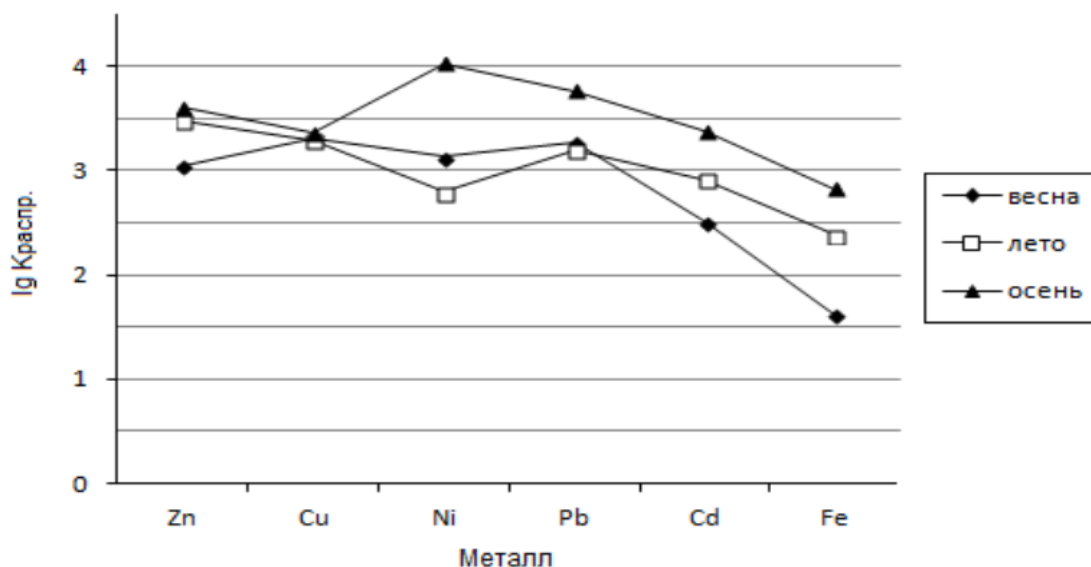


Рис. 1. Сезонная динамика распределения тяжелых металлов в системе вода – донные отложения

Данные, отраженные на рис. 1, показывают, что в осенний период в экосистеме озера Первое возрастает миграция и накопление всех

исследуемых тяжелых металлов из воды в донные отложения, что согласуется с повышением рН водной среды до 8,15. Наиболее интенсивные процессы осаждения отмечены для никеля, свинца, цинка. Средний характер миграции наблюдается для меди и кадмия.

2.2. Отбор проб воды для гидрохимического анализа

Пробы воды с территории озера отбирались с трех точек, из которых составлялась смешанная проба для определения содержания тяжелых металлов [12].

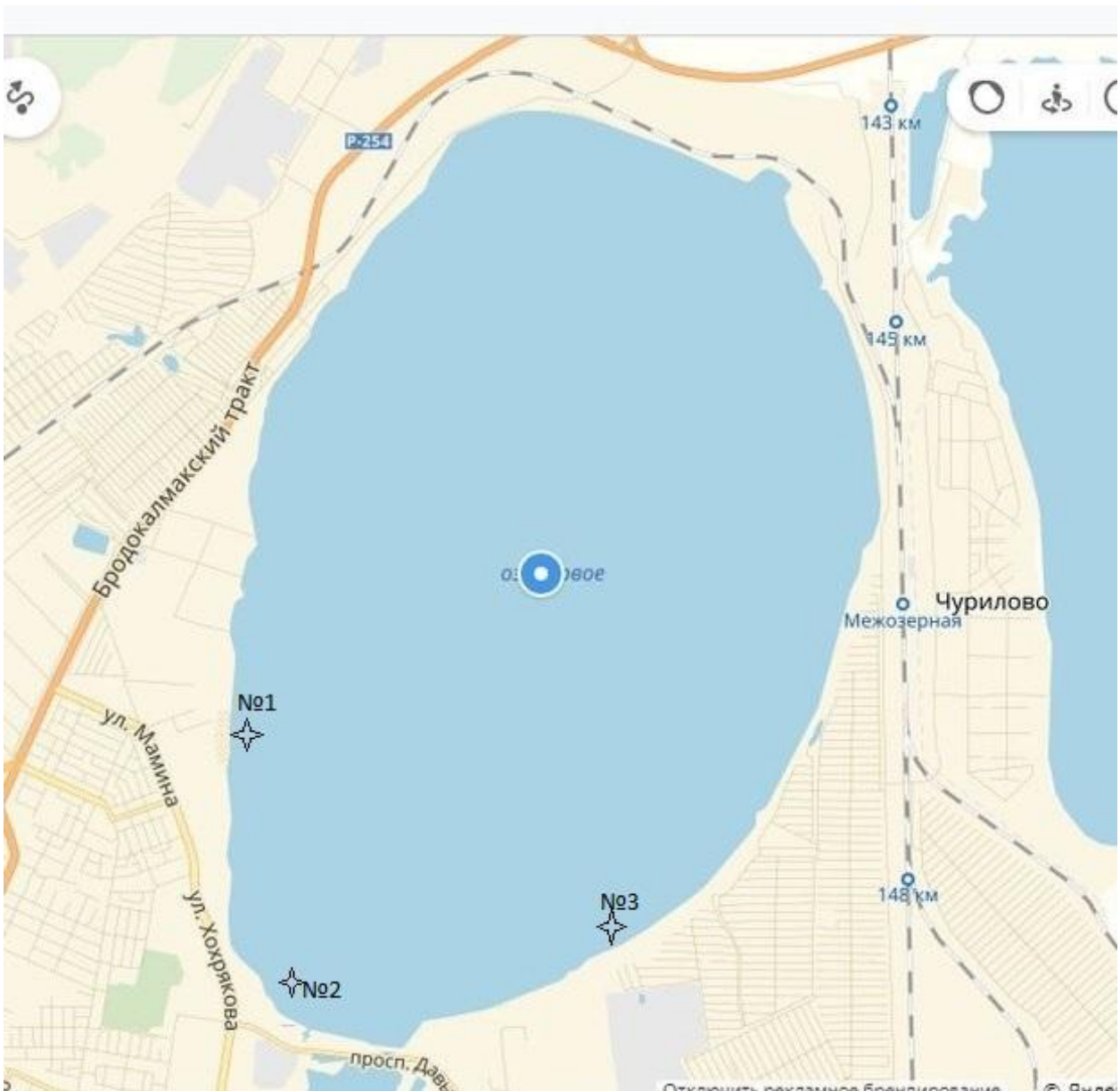


Рис.2 Карта мест отбора проб поверхностных вод озера Первое

Точки отбора (рис. 2) характеризовались наименьшей степенью антропогенного воздействия: отсутствие на побережье и в воде мусора, отдаленность от дорог, отсутствие стоянок.

Отбор проводился с приповерхностных слоев водной массы на глубине до 25 см. Пробы отбирались в емкости из полимерных материалов, разрешенных для контакта с водой – бутылки из ПЭТФ. Объем одной пробы составлять 3 литра.

Перед отбором пробы емкости для отбора сначала ополаскивались дистиллированной водой, затем на местности – водой, подлежащей анализу. Для возможности проведения анализа на содержание тяжелых металлов проба консервировалась прибавлением концентрированной азотной кислоты и хранилась в холодильнике.

2.3. Методы анализа

Количественное определение содержания железа в воде выполняли с помощью сульфосалицилатного метода анализа [31]. Данный метод фотометрического анализа основан на определении массовой концентрации общего железа по образованию окрашенных комплексов (сульфосалицилатов) при взаимодействии ионов железа с сульфосалициловой кислотой или ее натриевой солью.

В зависимости от pH раствора железо (III) может образовывать три типа комплексов различного состава и окраски:

- при $\text{pH} = 1,8 - 2,5$ образуется красно- фиолетовый комплекс с соотношением железо: реагент 1:1. ($\lambda_{\text{max}} = 510 \text{ нм}$; $\varepsilon = 1800$) – моносульфосалицилат железа — фиолетовый,
- в интервале $\text{pH} = 4-7$ преобладает коричневато-оранжевый комплекс дисульфосалицилата железа;
- в щелочной среде при $\text{pH} = 8-10$ устойчив желтоватый комплекс с соотношением компонентов 1:3 ($\lambda_{\text{max}} = 416 \text{ нм}$; $\varepsilon = 5800$) – трисульфосалицилат железа (рис. 3).

ГЛАВА 3. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДЕ

3.1. Содержание тяжелых металлов в воде озера Первое

Отобранные в осенний (сентябрь 2018 г) и весенний (апрель 2018 г) пробы воды анализировались на количественное содержание тяжелых металлов на базе лаборатории кафедры химии, экологии и МОХ ЮУрГГПУ.

При определении содержания общего железа сульфосалициловым методом построены градуировочные графики зависимости оптической плотности раствора от концентрации Fe (III) и общего железа (рис. 7,8).

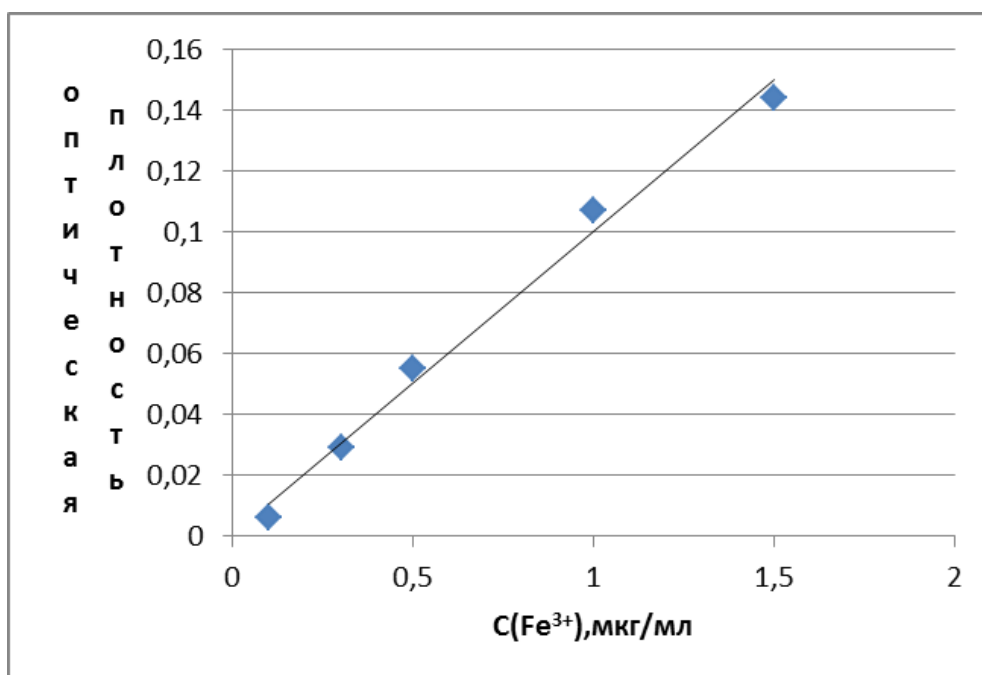


Рис. 7. График зависимости оптической плотности раствора от содержания Fe(III)

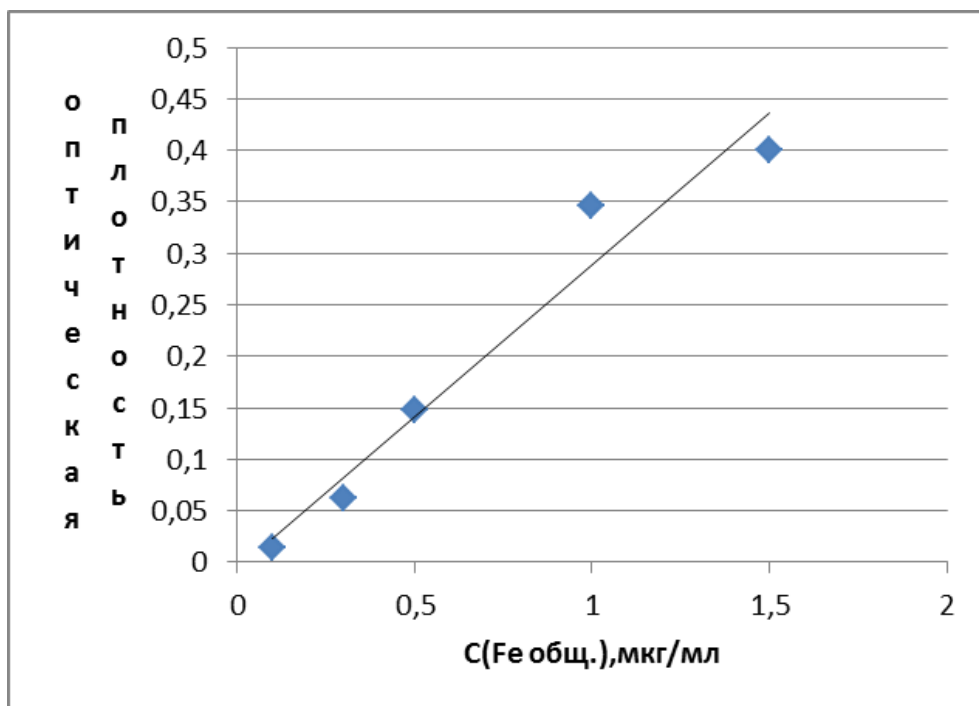


Рис. 8. График зависимости оптической плотности раствора от содержания Fe (общего)

По полученным данным определяли содержание железа в исследуемых образцах. Результаты показали, что среднее содержание Fe(III) в осенний период составляет 0,04 мг/л, в то время, как в весенний период оно возрастает до 0,13 мг/л. Содержание общего железа в осенний период составляет 0,09 мг/л, а в весенний период оно возрастает до 0,19 мг/л. Таким образом, содержание Fe(II) в исследуемой воде практически постоянно (0,05 мг/л осенью и 0,06 мг/л весной). Возрастание количества Fe(III) в весенний период может быть связано с поступлением талых вод, обогащенных кислородом, что способствует стабилизации окисленной формы металла. Общее же возрастание содержания металла можно объяснить частичным выходом металла в водную массу при изменении гидрологических условий.

Градуировочный график зависимости оптической плотности раствора от концентрации кобальта представлен на рис. 9.

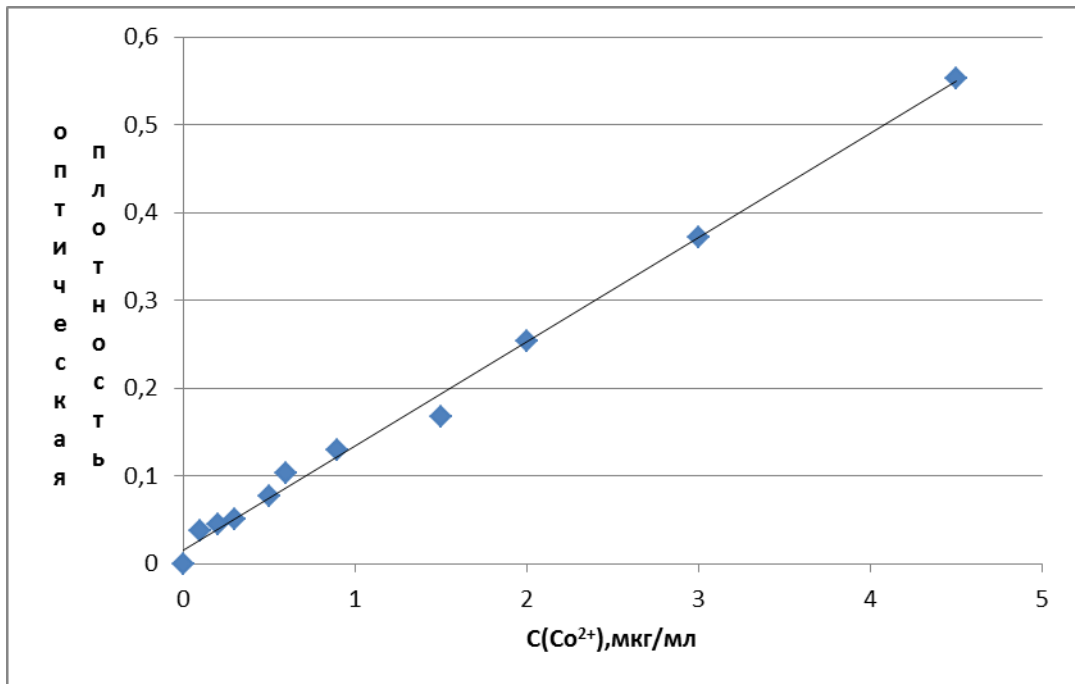


Рис. 9. График зависимости оптической плотности раствора от концентрации кобальта

Полученные результаты показали, что содержание металла по сезонам остается неизменным и составляет 8 мкг/л, что может свидетельствовать об отсутствии вноса загрязнителя от техногенных источников.

На рис. 10 показан график зависимости оптической плотности раствора от концентрации меди.

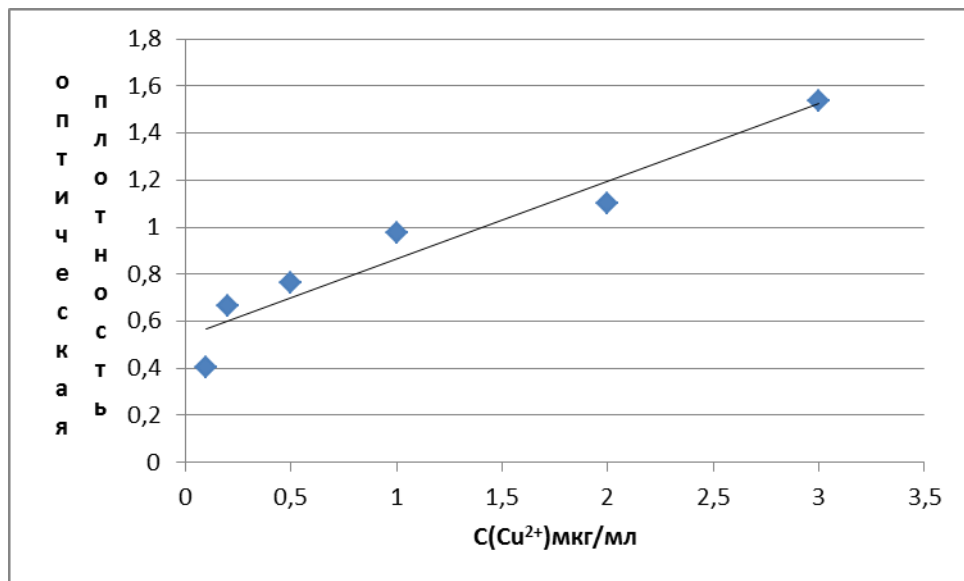


Рис. 9. График зависимости оптической плотности раствора от концентрации меди

Полученные результаты показывают, что содержание поллютанта в воде незначительно как в осенний, так и в весенний период (1,8 мкг/л и 2,6 мкг/л), в то же время, в весенний период наблюдается практически 1,5-кратное возрастание его содержания в воде по сравнению с осенним периодом. Такое возрастание, как и увеличение содержания железа, можно объяснить возрастанием в осенний период содержания в воде органического вещества, которое переводит ионы металлов в нерастворимую форму и способствует их выходу в илы.

Подобное возрастание содержания металлов в весенний период отмечается и для соединений цинка и свинца. Так, содержание цинка в воде в осенний период составляет 7 мкг/л, а в весенний период – 15 мкг/л. Содержание цинка в воде возрастает от 1 мкг/л осенью до 6 мкг/л весной.

В целом, для всех тяжелых металлов содержание в воде не превышает значений ПДК для вод любого назначения. Исключение составляет медь, содержание которой в осенней воде в 1,8 раза превышает ПДК для вод рыбохозяйственного назначения.

Качество воды по содержанию тяжелых металлов ухудшается в весенний период, во время которого содержание железа в 1,9 раза, меди – в 2,6 раза и цинка – в 1,5 раза превышают значения ПДК для вод рыбохозяйственного назначения (табл. 4).

Таблица 4

Соответствие определенных показателей содержания тяжелых металлов в воде озера Первое с величинами ПДК

Показатели, мг/л	ср. знач., осень, мг/л	ср. знач., весна, мг/л	ПДК хоз-пит, мг/л	ПДК рыб-хоз, мг/л
Fe	0,0900	0,1900	0,3000	0,1000
Co	0,0080	0,0080	0,1000	0,0100
Cu	0,0018	0,0026	0,1000	0,0010
Zn	0,0070	0,0150	1,0000	0,0100
Pb	0,0010	0,0060	0,0100	0,0060

3.2. Динамика изменения содержания тяжелых металлов в воде озера Первое

В таблице 5 приведена динамика изменения содержания исследуемых металлов в воде озера Первое.

Таблица 5

Изменение содержания тяжелых металлов в воде озера Первое в период 2012-2017 гг. [16]

T, мг/л	Сезон	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г	2016 г	2017 г.	2018г.	ПДК
Zn	Весна	0,0280	0,0250	0,0180	0,0250	0,0280	0,0220	0,0150	0,0100
	Осень	0,0110	0,0110	0,0090	0,0110	0,0090	0,0070		
Cu	Весна	0,0022	0,0021	0,0023	0,0024	0,0026	0,0025	0,0026	0,0010
	Осень	0,0024	0,0029	0,0028	0,0028	0,0030	0,0018		
Pb	Весна	0,0024	0,0017	0,0025	0,0025	0,0032	0,0025	0,0060	0,0100
	Осень	0,0009	0,0004	0,0008	0,0009	0,0009	0,0010		
Fe	Весна	0,2800	0,2200	0,2400	0,1900	0,2600	0,1900	0,1900	0,1000
	Осень	0,0300	0,0400	0,0300	0,0500	0,0300	0,0900		
Co	Весна	0,0230	0,0200	0,0220	0,0190	0,0200	0,0210	0,0080	0,0100
	Осень	0,0120	0,0080	0,0110	0,0100	0,0130	0,0080		

В целом в разные годы для воды соблюдается тенденция повышения содержания тяжелых металлов (цинка, свинца, кобальта, железа) в весенний период по сравнению с осенним. Такая закономерность в целом не соблюдается только для меди, но ее содержание по сезонам остается практически постоянным. Так, весной концентрация общего железа и кобальта возрастает до 3 раз. Такое повышение можно объяснить тем, что на время зимы происходит замедление интенсивности биологического круговорота, характеризующееся общим снижением рН, а также повышением содержания органического углерода в осенний период, что вызывает осаждение поллютантов осенью и их выход в воду зимой (вторичное загрязнение водной массы илами).

ГЛАВА 4. МЕТОДИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ЭКСКУРСИИ НА ВОДООЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ПО ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД

Название: Экскурсия на очистные сооружения канализаций г. Челябинск

Цель: Познакомить учащихся с историей предприятия, содействовать обобщению и систематизации понятий о методах разделения смесей и способах очистки веществ на примере работы городских очистных сооружений.

Задачи:

- Выявить последовательность технологического процесса и особенности очистки на каждом этапе.

– Содействовать экологическому воспитанию подростков, приобщению их к задачам связанных с загрязнением сточных вод.

Контингент: 11 класс.

Форма: внеурочная.

Этапы проведения экскурсии:

- I. Предварительная подготовка;
- II. Организационный;
- III. Деятельностный;
- IV. Обобщающий;
- V. Творческий.

I. Предварительная подготовка

На данном этапе учитель сообщает, где будет проходить экскурсия. Выдает текст описания работы очистных сооружений.

Использует прием “Необъявленная тема”. Учащиеся самостоятельно пытаются определить тему экскурсии после прочтения текста. После определения темы экскурсии учащиеся вовлекаются в постановку учебных задач и цели.

II. Организационный этап

Чтобы включить учеников в деятельность учитель использует прием «Верите ли вы?»

Например:

Верите ли вы, что вода очищается после прохождения всех этапов очистки?

Верите ли вы, что посл экскурсии вы сможете сделать проект?

Вспоминаем правила поведения на экскурсии:

- 1) соблюдать тишину и не отвлекать товарищей;
- 2) руками ничего не трогать, без разрешения экскурсовода;
- 3) вопросы задавать по окончанию рассказа экскурсовода.

Формирование групп для выполнения творческого задания на отчёт. Объединяются по 3-4 человека.

Выдается задание для учащихся:

Составить отчет об экскурсии по предложенному плану:

- 1) Краткая характеристика предприятия: история, назначение, объемы производства.
- 2) Оборудование, используемое на каждом этапе очистки воды, его производственные характеристики.
- 3) Наиболее важные производственные процессы, время их протекания.
- 4) Перспективы развития и основные профессии работников производства.

III. Деятельностный этап

Экскурсию проводит экскурсовод с предприятия.

Непосредственное проведение экскурсии по плану:

- История развития очистных сооружений канализации г. Челябинска;
- Общая характеристика площадки очистных сооружений;
- Существующие объекты станции очистки сточных вод;
- Характеристика объектов станции очистки сточных вод.

После прослушивания экскурсии учащимся учитель предлагает сформулировать по три «тонких» и три «толстых» вопроса.

Тонкий вопрос предполагает однозначный краткий ответ. Толстый вопрос предполагает ответ развернутый. Стратегия позволяет формировать: умение формулировать вопросы; умение соотносить понятия.

Например:

«Тонкий» вопрос: Когда введены в действие очистные сооружения блочного типа с полной биологической очисткой?

«Толстый» вопрос: В чем различие механической очистки от биологической?

IV. Обобщающий этап

Включает в себя вопросы от учителя и обобщение по полученной информации.

Для обобщения полученной информации можно применить прием «Кластер». В центре учитель пишет словосочетание, например: «очистка воды». Ученики должны вокруг этого словосочетания написать смысловые единицы.

Вопросы:

1. В каком году начинает устраиваться канализационное хозяйство? (1932)
2. Общая площадь очистных сооружений? (130 га)
3. Номинальная производительность станции? (530000 м³/сут.)
4. Какая двухступенчатая схема очистки существует? (механическая и биологическая)
5. Что такое механическая очистка?
6. Что такое биологическая очистка?
7. Перечислите основные объекты станции очистки сточных вод?

V. Творческий этап

На данном этапе можно применить метод проектов. Группы детей выполняют творческое задание и представляют его в виде отчета.

Работа проходит в группах, обсуждаются источники, подбирается информация, консультация учителя, разбираются положения об оформлении работы. Затем учащиеся представляют свои проекты-исследования. Обязательно создается экспертная группа (по одному из учащихся от группы), вместе с детьми определяются критерии оценки, после каждого выступления эксперты высказываются по работе группы. Продуктом данного этапа является презентация, фотоотчёт, статья и т.д.

ВЫВОДЫ

По проделанной работе можно сформулировать выводы, соответствующие поставленным задачам.

1) Анализ литературного материала показывает, что пути поступления и поведение тяжелых металлов в окружающей среде – сложный многофакторный процесс, приводящий как к самоочищению водной массы, так и к вторичному загрязнению ее от других компонентов экосистемы водоема.

2) Количественное содержание тяжелых металлов (железа, меди, цинка, свинца) в исследуемой воде возрастает в весенний период по сравнению с осеннему, что можно объяснить изменением гидрологического и гидрохимического режима и деятельностью живого вещества.

3) Для воды озера Первое выявлено превышение значений ПДК для вод рыбохозяйственного назначения по железу, меди и цинку. В целом в разные годы для воды соблюдается тенденция повышения содержания тяжелых металлов в весенний период по сравнению с осенним.

4) Разработаны методические рекомендации по проведению экскурсии на водоочистные сооружения городской канализации с целью знакомства обучающихся с процессами очистки сточных вод от соединений тяжелых металлов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы осуществлен обзор литературы по поведению тяжёлых металлов в водной среде, пути их попадания и места их накопления.

В 2018 году произведен отбор проб на озере Первое проведены химические исследования на базе Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета.

Полученные данные показали, что содержание тяжелых металлов в поверхностных водах различаются в пределах одного водоема по сезонам.

В соответствии с полученными данными можно сказать, что в весенний период содержание железа, меди и цинка превышают значения ПДК для вод рыбохозяйственного назначения.

По исследуемым показателям озеро пригодно для купания, орошения и технического использования, но не желательно для использования в качестве рыбохозяйственного водоема.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Артамонов, В.И. Растения-индикаторы [Текст] / В.И. Артамонов. – М.: Знание, 1986. – 172 с.
2. Бабко, А.К. Фотометрический анализ [Текст]/ А.К. Бабко, А.Т. Пилипенко. – М.: Химия, 1998. –158 с.
3. Беззапонная, О.В. Прогноз содержания тяжелых металлов в поверхностных водных объектах: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук [Текст] / О.В. Беззапонная; Рос. науч.-исслед. ин-т комплексного использ. и охр. водн. ресурсов. – Екатеринбург, 2004. – 21 с.
4. Беспамятков, Т.П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде [Текст]/ Т.П. Беспамятков, Ю.А. Кротов. – Л.: Наука, 2005. – 528 с.
5. Биологическое самоочищение и формирование качества воды [Текст] – М.: Наука, 1975.
6. Бочкарев, К.Н. Челябинская область: энциклопедия [Текст]/ К.Н. Бочкарев. – Челябинск: Каменный пояс, 2006. – Т.5. – П–Се. – 880 с.
7. Брень, Н.В. Использование беспозвоночных для мониторинга загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами [Текст]/ Н.В. Брень // Гидробиологический журнал. – 1999. – Т. 35, № 4. – С. 75–88.
8. Брера–Левенсон, Т.Л. Очистка и использование природных и сточных вод [Текст]/ Т.Л. Брера-Левенсон. – М.: Наука, 2003. – 250 с.
9. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах: монография [Текст]/ О.А. Давыдова, Е.С. Климов, Е.С. Ваганова, А.С. Ваганов; подред. Е.С. Климова. – Ульяновск: УлГТУ, 2014. – 167 с.
10. Галатова, Е.А. Особенности накопления и распределения тяжелых металлов в системе вода - донные отложения - гидробионты (на примере реки Уй): автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. било. наук

[Текст] / Е.А. Галатова; Уральск. гос. академ. ветеринарной мед-ны. - Екатеринбург, 2007. – 19 с.

11. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [Электронный ресурс] Введ. 2003-06-15 – М.: Главный государственный санитарный врач РФ Минздрав России, 2003 – Режим доступа из ИС «Кодекс: 6 поколение» Интранет.

12. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. [Электронный ресурс] Введ. 2014-01-01 – М.: Издательство стандартов, 2012 – Режим доступа из ИС «Кодекс: 6 поколение» Интранет.

13. ГОСТ 4388–72. Колориметрическое определение массовой концентрации меди с диэтилдитиокарбаматом натрия. [Электронный ресурс] Введ. 2014–01–01 – М.: Издательство стандартов, 2012 – Режим доступа из ИС «Кодекс: 6 поколение» Интранет.

14. Давыдова, О.А Физико-химические аспекты миграционных процессов тяжелых металлов в природных водных системах. [Текст]/ О.А. Давыдова, Е.В. Коровина, Е.С. Ваганова, И.Т. Гусева, Б.А. Красун, М.А. Исаева, Т.Ю. Марцева, В.В. Мулюкова, Е.С. Климов, М.В. Бузаева – Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». – 2016. Т.8.№2. – С.40-50

15. Евтушенко, Н.Ю. Проблемы комплексной оценки качества природных вод [Текст]/ Н.Ю. Евтушенко. – М.: Наука, 2015. – 144 с.

16. Захаров, С.Г. Мы изучаем озера. Учебно-методическое пособие для учителей общеобразовательных школ и педагогов дополнительного образования. [Текст]/ С.Г. Захаров. – Челябинск, 2001г. 60с.

17. Захаров, С.Г. Озера Челябинской области: учебное пособие [Текст] / С.Г. Захаров. – Челябинск: АБРИС, 2010. – 127 с.

18. Комаровский, Ф.Я. Ртуть и другие тяжелые металлы в водной среде: миграция, накопление, токсичность для гидробионтов / Ф.Я. Комаровский, Л.Р. Полищук // Гидробиологический журнал. –1981. – Т. 17, № 5. – С. 71–83.

19. Линник, П.Н. Комплексообразование ионов металлов в природных водах [Текст]/ П.Н. Линник, Б.И. Набиванец // Гидробиологический журнал. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 82–95.
20. Линник, П.Н. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах [Текст]/ П.Н. Линник, Б.И. Набиванец. – Л.: Гидрометеиздат, 2016. – 270 с.
21. Лукин, Н.А. Очистка сточных вод [Текст]/ Н.А. Лукин. – М.: Наука, 2005. – 141 с.
22. Лурье, Ю.Ю. Справочник по аналитической химии [Текст]/Ю.Ю. Лурье. – М.: «Химия», 1979. – 480 с.
23. Мартин, Р. Бионеорганическая химия токсических ионов металлов [Текст]/ Р. Мартин // Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. – М.: Мир, 2003. – С. 25–61.
24. Марченко, З. Фотометрическое определение элементов [Текст]/ З. Марченко. – М.: Мир, 1971. – С. 162.
25. Метелев, В.В. Водная токсикология [Текст]/ В.В. Метелев, А.И. Канаев, Н.Г. Дзасохова. – М.: Пищевая промышленность, 2001. – 248 с.
26. Моисеенко, Т.И. Оценка экологической опасности в условиях загрязнения вод металлами [Текст]/ Т.И. Моисеенко // Водные ресурсы. – 2009. – Т. 26, № 2. – С. 186–197.
27. Мур, Дж. В. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния [Текст]/ Дж. В. Мур, С.П. Рамамурти. – М.: Мир, 2007. – 285 с.
28. Никаноров, А.М. Гидрохимия [Текст]/ А.М. Никаноров. – СПб.: Гидрометеиздат, 2011. – 444 с.
29. Персикова, Т.Ф. Тяжелые металлы и окружающая среда: лекция для студентов сельхозвузов [Текст]/ Т.Ф. Персикова, Н.П. Решецкий. – Бел. с/х академия. – Горки: 2015. – 40 с.

30. ПНД Ф 14.1:2.44–96. Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов кобальта в природных и сточных водах фотометрическим методом с нитрозо-R-солью. [Электронный ресурс] Введ. 2004-03-03 – М.: Федеральная служба по надзору в сфере природопользования, 2011 – Режим доступа из ИС «Кодекс: 6 поколение» Интранет.

31. ПНД Ф 14.1:2:4.50-96. Методика измерения общего железа в поверхностных водах фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой. [Электронный ресурс] Введ. 2011-03-23 – М.: Федеральная служба по надзору в сфере природопользования, 2011 – Режим доступа из ИС «Кодекс: 6 поколение» Интранет.

32. Поляк, Л.Я. Фотометрический анализ [Текст]/ Л.Я. Поляк // Вестник науки Сибири. – 2012. – № 5(8). – С. 198–208.

33. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод [Электронный ресурс] Введ. 2001-01-01 – М.: Издательство стандартов, 2000 – Режим доступа из ИС «Кодекс: 6 поколение» Интранет.

34. Сорбционная способность и факторы формирования химического состава донных отложений [Текст]/ Н.Ю. Степанова, В.З. Латыпова, О.К. Анохина, Р.Г. Таиров // Экологическая химия. – 2003. – № 12(2). – С. 105–116.

35. Физико-химические аспекты загрязнения и очистки поверхностных вод от тяжелых металлов и нефтепродуктов природными сорбентами [Текст] / О.А. Давыдова, А.А. Лукьянов, Е.С. Ваганова и др. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16, № 4(3). –С. 523–525.

36. Царева, С.А. Формы нахождения металлов в воде [Текст]/ С.А. Царева // Водные ресурсы. – 2009. – Т. 26, № 1. – С. 71-75.

37. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие [Текст]/ Под ред. Т.Я. Ашихминой – М.: Академический Проект, 2016. – 416 с. – Изд. 3–е, испр. и доп.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Колориметрическое определение железа сульфосалициловым методом

Сульфосалициловая кислота образует с железом комплексные ионы разной окраски: при рН 2-2,5 $[\text{Fe}(\text{Sal})]^+$ красного цвета, при рН 4-8 $[\text{Fe}(\text{Sal})_2]^-$ бурого цвета и при рН 8-11,5 $[\text{Fe}(\text{Sal})_3]^{3-}$ желтого цвета. В кислой среде указанные комплексные ионы образует только окисное железо, в щелочной – окисное и закисное, поскольку в этих условиях Fe^{2+} легко окисляется до Fe^{3+} . Таким образом, аммиачным вариантом сульфосалицилового метода определяют общее содержание железа, т.е. сумму ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} .

Аммиачный вариант сульфосалицилового метода основан на образовании внутрикомплексного железосульфосалицилатного иона.

Жёлтая окраска этого комплексного иона отличается настолько большой устойчивостью, что окрашенный раствор трисульфосалицилата железа не изменяет своей окраски в течение месяца и более.

Сульфосалициловый метод позволяет применять все способы колориметрирования как визуального, так и фотоэлектроколориметрирования. Молярный коэффициент погашения окрашенного раствора трисульфосалицилатного комплекса $\varepsilon=6000$ при $\lambda=430$ нм. Закон Бера соблюдается до концентрации $4\text{мг Fe}^{3+} / 1 \text{ л}$.

Выполнение определения. Тщательно перемешивают фильтрат от кремневой кислоты, находящийся в мерной колбе, берут из него пипеткой 10-25 мл и помещают в мерную колбочку ёмкостью 100 мл.

Приливают к взятому раствору 5-10 мл 25%-ного раствора сульфосалициловой кислоты. Количество прибавляемой сульфосалициловой кислоты зависит не только от содержания железа, но и от содержания алюминия, кальция и магния, так как часть реактива расходуется на связывание указанных ионов в бесцветные комплексы. Поэтому сульфосалициловую кислоту добавляют в таком количестве,

чтобы после нейтрализации кислоты аммиаком не было помутнения раствора от выпавших гидроокисей.

В колбочку прибавляют 25 %-ный раствор аммиака до появления слабого запаха. По мере нейтрализации солянокислого раствора, появившаяся красно-фиолетовая окраска переходит в жёлтую.

Окрашивание раствора происходит в интервале рН 1-12. В сильнокислой среде ($\text{pH} < 1$) окрашенный комплексный ион железосульфосалицилата не образуется. При $\text{pH} > 12$ окрашивание тоже не наблюдается. В этом случае образуется гидроокись $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

В случае помутнения в раствор вносят ещё некоторое количество сульфосалициловой кислоты – до полного просветления раствора, после чего добавляют аммиак до сильного запаха.

Добавляют ещё 1 мл 25 %-ного раствора аммиака, чтобы реакция была явно щелочной. Избыток аммиака не вредит определению, но аммиак должен быть свободен от CO_2 . В противном случае раствор может стать мутным от CaCO_3 и MgCO_3 .

Если окраска раствора не чисто жёлтая, а имеет буроватый или коричневато-буроватый оттенок, определение следует повторить с новой порцией анализируемого раствора, в который вносят 0,5 – 1 г солянокислого гидроксиламина или гидразина, чтобы удержать марганец в растворе, т.е. воспрепятствовать выделению осадка гидрата двуокиси марганца. Такой осадок выделяется спустя некоторое время после окрашивания раствора, поэтому фотометрирование рекомендуется проводить в первые 5 – 10 мин после прибавления всех реактивов.

Доводят раствор в колбе дистиллированной водой до метки, перемешивают и проводят колориметрическое определение тем или другим способом.

Реактивы. 1) 25 %-ный раствор сульфосалициловой кислоты. Ввиду нестойкости раствор сульфосалициловой кислоты раствор готовят в

объёме не больше 100 мл. Раствор хранят в тёмной склянке с притёртой пробкой.

2) 25 %-ный раствор аммиака, не содержащий CO_2 .

3) Эталонный раствор Fe_2O_3 . Берут навеску 0,6040 г х.ч. железоаммонийных квасцов $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ и растворяют в 1 л 5 %-ного раствора H_2SO_4 (не содержащего Fe^{3+}), так как соли железа могут сохраняться без изменения только в кислых растворах. В нейтральной среде они гидролизуются и часть железа выделяется из раствора в виде основных солей $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Добавляют 2 капли HNO_3 пл. 1,4 для окисления закисного железа и тщательно перемешивают. Полученный раствор содержит 0,1 мг Fe_2O_3 в 1 мл.

Концентрацию раствора проверяют весовым методом. Берут 3 пробы раствора по 100 мл каждая, осаждают Fe^{3+} аммиаком и отфильтровывают осадок. Осадок на фильтре промывают 1 %-ным раствором NH_4NO_3 со щелочной реакцией (проверить!) и прокаливают при температуре 850 – 9000 до постоянного веса.

Серия эталонных растворов. Берут 5 чистых мерных колб ёмкостью 100 мл и приливают в каждую из них бюреткой такие количества эталонного раствора, которые содержат: 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 мг/100мл

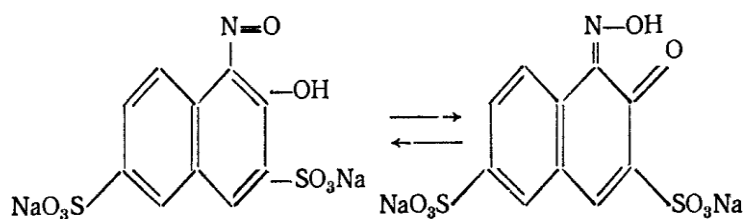
В каждую колбу прибавляют по 5 мл 25%-ного раствора сульфосалициловой кислоты, а затем добавляют по каплям 25 %-ный раствор NH_4OH до слабого запаха и неизменяющейся жёлтой окраски. Добавляют ещё по 1 мл NH_4OH той же концентрации, после чего раствор доводят дистиллированной водой до метки, перемешивают и используют в работе.

Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов кобальта в природных и сточных водах фотометрическим методом с нитрозо-R-солью

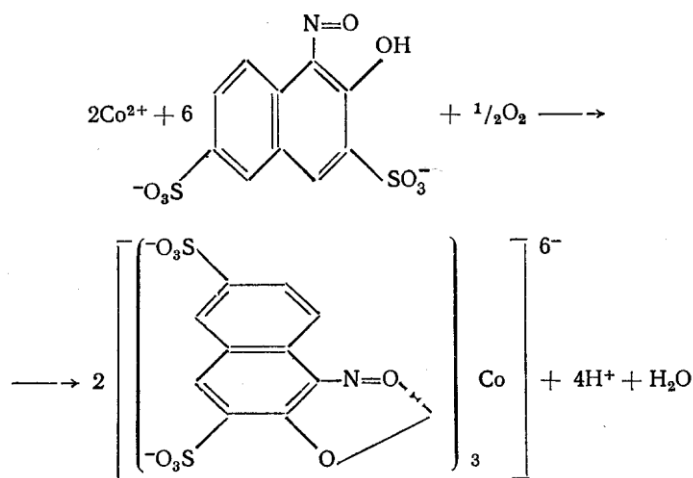
Принцип метода

Фотометрический метод определения массовой концентрации ионов кобальта основан на взаимодействии ионов кобальта с нитрозо-R-солью (1-нитрозо-2-нафтол-3,6-дисульфонатомнатрия) с образованием окрашенного соединения. Реакцию проводят в уксусно-ацетатной среде при pH близком к 5,5. Мешающее влияние окраски самого реактива устраняется измерением оптической плотности при $\lambda = 520$ нм.

Нитрозо-R-соль имеет строение:



Нитрозо-R-соль образует с кобальтом соединение, окрашенное в красный цвет, по схеме:



Препятствующие анализу вещества

Нитрозо-R-соль образует с никелем коричнево-желтое соединение, с железом (II) – соединение зеленого цвета. Эти соединения разрушаются при кипячении с разбавленной азотной кислотой, при этом кобальт окисляется до Co^{3+} и образует прочное окрашенное соединение красного цвета. Данным методом можно обнаружить 1 мкг кобальта в присутствии 100 мкг меди и 1000 мкг железа. При большем содержании меди и железа необходимо их предварительно удалять.

Измерение оптической плотности производят при 500-530 нм. Чувствительность метода – 0,5 мкг кобальта в 25 мл объема при толщине фотометрирующего слоя 3 см.

При определении кобальта в отсутствие посторонних веществ к слабокислому раствору соли кобальта прибавляют нитрозо-R-соль, при этом образуется растворимый красный комплекс.

Реактивы

1. Нитрозо-R-соль, 0,1% водный раствор.
2. Ацетат натрия, 40% раствор.
3. Стандартный раствор соли кобальта.
4. Рабочий стандартный раствор соли кобальта.

Построение калибровочного графика

В мерную колбу на 25 мл вводят:

- 0; 0,10; 0,20; 0,30; 0,50; 0,60; 0,90; 1,5; 2,0; 3,0; 4,5 мл разбавленного (10 мкг в 1мл) стандартного раствора;
- 2 мл 0,1% раствора нитрозо-R-соли;
- 1,5 мл 40% раствора ацетата натрия
- 0,3 мл соляной кислоты (1:1)
- 1-2 капли азотной кислоты (1:1)
- раствор кипятят 1 минуту
- затем прибавляют 1 мл азотной кислоты (1:1)
- продолжают кипячение еще 1 мин

- колбу с раствором охлаждают под краном
- доводят объем раствора до метки водой
- перемешивают
- измеряют оптическую плотность

По полученным данным строят калибровочный график в координатах «оптическая плотность – содержание кобальта».

Ход анализа

Испытуемый раствор, содержащий от 0,5 до 20 мкг кобальта в 15 мл, помещают в мерную колбу на 25 мл, добавляют:

- 2 мл 0,1% раствора нитрозо-R-соли
- 1,5 мл 40% раствора ацетата натрия
- 0,3 мл соляной кислоты (1:1)
- 1-2 капли азотной кислоты (1:1)
- раствор кипятят 1 минуту
- затем прибавляют 1 мл азотной кислоты (1:1)
- продолжают кипячение еще 1 мин
- колбу с раствором охлаждают под краном
- доводят объем раствора до метки водой
- перемешивают
- измеряют оптическую плотность

По калибровочному графику находят содержание кобальта.

Определение меди в природных водах.

Определение меди (II) с диэтилдитиокарбаматом натрия

Принцип метода

Метод основан на взаимодействии ионов меди (II) с диэтилдитиокарбаматом натрия в слабоаммиачном растворе с образованием диэтилдитиокарбамата меди(II) желто-коричневого цвета.

Для устранения железа и жесткости воды добавляют раствор тартрата калия-натрия (сегнетова соль).

Предел обнаружения 0,02 мг/л. Диапазон измеряемых количеств меди в пробе 1 – 30 мкг.

При цветности воды более 20° пробу обесцвечивают персульфатом аммония. Для этого к 50 мл исследуемой воды прибавляют 2,5 мл 5% персульфата аммония и 20 мл дистиллированной воды. Пробу кипятят до получения первоначального объема (50мл) и далее проводят определение.

Реактивы:

Для приготовления реактивов используют бидистиллированную воду!

1. Аммиак, водный раствор. Готовят разбавлением 25% аммиака дистиллированной водой в соотношении 1:4.
2. Тартрат калия-натрия (сегнетова соль), 50% раствор. В 50 мл дистиллированной воды растворяют 50 мг $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.
3. Кислота хлористоводородная, разбавленный 1:1 раствор.
4. Кислота серная, разбавленный 1:5 раствор.
5. Крахмал растворимый, 0.25% раствор.
6. Персульфат аммония, 5% раствор. Применяют свежеприготовленным.
7. N,N-диэтилдитиокарбамат натрия, 0.1% раствор. Хранят в склянке из темного стекла в темном месте.

8. Стандартные растворы меди.

а) Основной раствор. Растворяют 0.3930 г сульфата меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в мерной колбе на 1 л в небольшом количестве воды, подкисленной 1 мл серной кислоты (1:5), и доводят объем до метки дистиллированной водой. В 1 мл содержится 100 мкг меди.

б) Рабочий раствор готовят разбавлением основного в 10 раз дистиллированной водой. В 1 мл содержится 1 мкг меди. Применяют свежеприготовленным.

Ход определения

Отмеривают 50 мл исследуемой воды мерной колбой на 50 мл, подкисляют пробу 1-2 каплями хлородородной кислоты (1:1), выливают в мерный стакан на 100 мл, затем последовательно прибавляют 1 мл 50% сегнетовой соли, 5 мл аммиака (1:4), 1 мл 0.25% крахмала и 5 мл 0.1% диэтилдитиокарбамата натрия. После добавления каждого реактива растворы перемешивают. Измеряют оптическую плотность в кюветах с толщиной оптического слоя 5 см при синем светофильтре ($\lambda = 430$ нм) по отношению к дистиллированной воде, проведенной через весь анализ. Содержание меди (мкг) находят по градуировочному графику или визуально по интенсивности окраски пробы и шкалы стандартных растворов.

Отбирают 0—1—2—5—10—20—30 мл рабочего стандартного раствора в мерную колбу на 50 мл, что соответствует содержанию меди 0—1—2—5—10—20—30 мкг, разбавляют дистиллированной водой до метки, выливают в мерные стаканы на 100 мл и обрабатывают так же, как и пробу. Окраска устойчива в течение 1ч.

Градуировочный график строят в координатах оптическая плотность – содержание меди (мкг). Концентрацию меди (мг/л) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{A}{V}$$

где А – содержание меди, найденное по калибровочному графику или шкале стандартных растворов, мкг; V - объем пробы воды, взятой для анализа, мл.

Определение цинка в воде комплексометрическим титрованием

Основные условия комплексометрического титрования:

- 1) Титрование проводят в щелочной среде ($pH=10$), используя аммонийную буферную смесь.
- 2) Используют титрование со «свидетелем»

Реактивы

- 1) Рабочий раствор – 0,05 н раствор трилона Б
- 2) Исследуемый раствор – вода с озера
- 3) Индикатор – хромоген черный с NaCl 1:100
- 4) Аммонийная буферная смесь $pH=10$

Приготовление раствора «свидетеля»:

В коническую колбу для титрования мерной пипеткой внести 20 мл дистиллированной воды, прибавить 5 мл аммонийного буфера. Внести в колбу для титрования глазной лопаточкой 20-30 мг сухой смеси хромогена черного с хлоридом натрия. Добавить каплю трилона Б.

Определение содержания цинка

В коническую колбу для титрования мерной пипеткой внести аликвоту 10 мл, прибавить 5 мл аммонийного буфера. Внести в колбу для титрования глазной лопаточкой 20-30 мг сухой смеси хромогена черного с хлоридом натрия.

Титровать до перехода красно-фиолетовой окраски в синюю от одной лишней капли титранта (окраска должна совпасть с окраской «свидетеля»).

Записать результаты титрования, вычислить среднее значение, вычислить концентрацию цинка в растворе.

Определение свинца в воде комплексонометрическим титрованием

Основные условия комплексонометрического титрования:

- 1) Титрование проводят в кислой среде ($\text{pH}=5$), используя ацетатную буферную смесь.
- 2) Используют титрование со «свидетелем»

Реактивы

- 1) Рабочий раствор – 0,05 н раствор трилона Б
- 2) Исследуемый раствор – вода с озера
- 3) Индикатор – ксиленоловый оранжевый 0,1% водный раствор
- 4) Ацетатная буферная смесь $\text{pH}=5$

Приготовление раствора «свидетеля»:

В коническую колбу для титрования мерной пипеткой внести 20 мл дистиллированной воды, прибавить 5 мл ацетатного буфера. Внести в колбу для титрования несколько капель индикатора ксиленолового оранжевого. Добавить каплю трилона Б.

Определение содержания свинца

В коническую колбу для титрования мерной пипеткой внести аликвоту 10 мл, прибавить 5 мл ацетатного буфера. Внести в колбу для титрования несколько капель индикатора ксиленолового оранжевого.

Титровать до перехода красно окраски в желтую от одной лишней капли титранта (окраска должна совпасть с окраской «свидетеля»).

Записать результаты титрования, вычислить среднее значение, вычислить концентрацию цинка в растворе.

Экскурсия на очистные сооружения г.э Челябинск

Здравствуйтесь, ребята!

Сегодня мы познакомимся с технологией работы очистных сооружений канализации города Челябинска.

История развития очистных сооружений канализации г. Челябинска

Канализационное хозяйство города Челябинска начинает устраиваться с 1932 года. Оно производила сбор, транспортировку сточных вод и позволяла сбрасывать их в реку Миасс без какой-либо биологической очистки. В поселке Сосновка со строительством новых очистных сооружений водопровода на 18000 м³ в сутки. И опасностью нарушения санитарного состояния в городе и реке Миасс, для удаления сбрасываемых стоков за черту города, пускается в использование коллектор канализации диаметром 1200 мм с улицы Труда в район улицы Советской до Лакокрасочного завода, коллектор был кирпичной кладки. Бурное развитие промышленности в Челябинске, массовое строительство жилья сподвигнуло к созданию более совершенных систем канализации. 13 сентября 1958 года были построены и переданы в эксплуатацию очистные сооружения бытовой канализации механической очистки сточных вод производительностью 40000 м³/сут.

Строительство сооружений первой очереди производственной мощностью на 320000 м³ сточных вод в сутки было начато в 1974 году (1 и 2 блоки) и окончено в 1976 году. Также были введены в эксплуатацию канализационные коллекторы общей протяженностью 43,2 км с диаметром труб от 300 до 1420 мм.

В 1976 году введены в действие очистные сооружения блочного типа с полной биологической очисткой на 320000 м³/сут.

Состав сооружений первой очереди: приемная камера, песколовки, преаэраторы, первичные отстойники, аэротенки, вторичные отстойники,

илоуплотнители, водоизмерительные устройства, насосные станции, метантенки, иловые площадки.

В начале восьмидесятых годов продолжается развитие канализационного хозяйства города, строится вторая очередь развития ОСК с полной биологической очисткой воды, введены в действие 2 блока (3 и 4) очистки мощностью по 160000 м³ в сутки каждый. Общая мощность ОСК к концу 80-х годов достигла 600000 м³ в сутки. Начинается строительство третьей очереди развития канализации - 5 блок для достижения мощности до 760000 м³ в сутки.

Нынешние очистные сооружения канализации - это сложный организм, одно из ведущих и весомых структурных подразделений ПОВВ.

2. Общая характеристика площадки очистных сооружений

Канализационные очистные сооружения располагаются на северной окраине города. Общая площадь очистных составляет 130,4105 га.

В геоморфологическом отношении территория приурочена к надпойменной террасе левого берега реки Миасс, открытой к востоку. Рельеф территории относительно ровный, общий уклон местности восточный.

Для большей части площадки характерны подземные воды типа грунтовых, не напорные, питающиеся атмосферными осадками.

Трассы самотёчных и напорных коллекторов канализации города Челябинска расположены в двух участках: в Северо-восточном и Северо-западном районах города. Северо-восточный участок находится частично в Центральном и Тракторозаводском районах города. Северо-западный участок трассы берет своё начало в районе плодовоовощной станции, проходит западнее Северо-западного района города Челябинска и заканчивается на очистных сооружениях.

Прослушав первую и вторую часть экскурсии, вы можете ответить на первый вопрос вашего плана по отчёту.

3 Существующие объекты станции очистки сточных вод

Очистные сооружения канализации предназначены для полной биологической очистки бытовых сточных вод города.

Значительная часть объектов и строений станции очистки стоков, построенной между 1974 и 1986, отражает уровень техники и технологии своего времени, за прошедшие 20 – 30 лет только незначительная часть машин и оборудования была обновлена.

Большая часть стоков коммунального происхождения, доля промышленных стоков составляет 30%. Источниками промышленных стоков являются пивоваренный завод, птицефабрика, завод красок и металлургическая промышленность, выпускающая стоки с низким содержанием органических веществ. Стоки металлургического производства могут также содержать ядовитые тяжелые металлы.

Номинальная производительность станции составляет 530000 м³/сут. 3 блока производительностью 160000 м³/сут каждый, и один блок производительностью 120000 м³/сут. Производительность четвертого блока ниже, так как часть объектов этого блока применяется для минерализации образующегося избыточного ила.

В настоящее время производительность станции в основном составляет около 500000 м³/сут.

Очистка производится по двухступенчатой схеме - механическая и биологическая очистка.

Механическая очистка – освобождение сточной воды от мусора, минеральных нерастворимых веществ, крупных частиц органики.

Биологическая очистка – очистка сточных вод от растворимой и мелкодисперсной органики под воздействием аэробных микроорганизмов. При этом соединения азота аммонийного (мочевина) переходят в соединения нитратов, для природы менее опасные – процесс нитрификации. Процесс денитрификации – разрушение нитратов с выдувание атомарного азота в воздух. После биологической очистки вода сбрасывается в реку Миасс.

Осадки, образующиеся в процессе очистки стоков, размещаются на иловых площадках, расположенных на территории станции.

В состав очистных сооружений входят:

- приемная камера;
- здание решеток;
- песколовки;
- камеры "Вентури" № 1 и № 2;
- блоки емкостей - 4 штуки;
- вспомогательные цеха и сооружения.

С очистных сооружений предусмотрено 6 аварийных выпусков:

- аварийный выпуск № 1 - из приемной камеры;
- аварийный выпуск № 2 - после песколовок;
- аварийные выпуски №№ 3, 4, 5, 6 - на блоках емкостей №№ 1, 2, 3, 4 соответственно из распределительных каналов после первичных отстойников с северной стороны.

Коэффициент неравномерности поступления сточных вод составляет 1,44.

Характеристика объектов станции очистки сточных вод

Сейчас мы с вами пройдем по всему пути очистки сточных вод и посмотрим работу каждого объекта.

Приемная камера

Представляет собой заглубленную железобетонную емкость, которая предназначена для приема, смешивания и усреднения сточных вод, поступающих на очистные сооружения со всех насосных станций города по 18 напорным коллекторам.

В торце приемной камеры имеется аварийный перелив. Через него вода может поступать непосредственно в водоприемник – реку Миасс.

Решетки

Вода из приемной камеры через пять каналов поступает в здание решеток на четыре ступенчатые решетки и одну традиционную плоскую

решетку. Каждая решетка установлена в отдельном канале, начинающийся от приемной камеры и оканчивающийся песколовной секцией.

Решетки предусмотрены для удаления из канализационных и промышленных сточных вод грубодисперсных механических примесей. Наименьший размер задерживаемых частиц определяется величиной прозоров между фильтрующими полосами.

Решетки представляют собой процеживатели, на которых задерживаются крупные загрязнения, находящиеся в составе сточных вод. Номинальная производительность решеток по данным производителя составляет 5900 м³/ч. Мусор, задерживаемый на ступенчатых решетках попадает на ленточный транспортер, затем обезвоживается через гидравлический пресс-транспортер (пресс-толкатель) и попадает в контейнер для мусора. Экспорт мусора осуществляется на городскую свалку.

Песколовки

Вода, очищенная от крупной взвеси на решетках, самотеком поступает в горизонтальную песколовку, в которой происходит задержание минеральных быстрооседающих загрязнений, содержащихся в сточной воде (песка и иных минеральных нерастворимых загрязнений гидравлической крупностью 0,25 мм и более). Для каждой решетки имеется своя секция песколовки, общая численность неаэрируемых секций – пять штук. Нормативная скорость движения воды в песколовках составляет 0,15-0,30 м/с, время пребывания сточной воды в сооружении – 1-5 мин.

Песок, оседающий на дне секции песколовки, удаляется скребками в осадочные приемки, находящиеся в начале сооружений. Песок из приемков удаляется гидроэлеватором и передается на 3 последовательно соединенные песковые площадки. Вода из песколовки через перелив поступает в сборный канал, из которого выполнены 5 отводов: 4 - на блоки емкостей, 1 – аварийный.

Песковые площадки:

Песковые площадки – это земельные площадки, разбитые на карты с ограждающими валами высотой 1 – 2 м., предназначенные для обезвоживания песка и минеральных частиц, задерживаемых в песколовках, подсушивание его для дальнейшей утилизации. Перемещение пульпы из песколовок осуществляется последовательно через три песковые площадки (каскадного типа).

Оборудованы шахтными водосборами для отвода отстоявшейся воды. Дренаруемая вода через насосную станцию песковых площадок подается на песколовку № 5. Подсушенный песок из песковых площадок удаляется экскаватором на рельеф с последующим вывозом на городскую свалку.

Камера Вентури

Камеры Вентури предусмотрены для учета расходов сточной воды на блоки технологических емкостей.

Трубы Вентури относятся к классу расходомеров, измеряющих расход способом переменного перепада давления в сужающем приборе. Под сужающим первичным устройством понимается приспособление, установленное в трубопроводе и создающее в нем при протекании жидкости искусственный перепад давления. В трубе Вентури диаметр трубопроводов 2000 мм сужается до диаметра 1200 мм.

Сточные воды от распределительных камер поступают дальше в преаэратор по трубопроводам диаметром 1200 – 1400 мм.

Блоки технологических емкостей

Основная очистка стоков, прошедших очистку на решетках и песколовках, выполняется в четырёх параллельно работающих блоках очистки, где каждый блок содержит 4 линии очистки.

Все 4 блока практически одинаковой конструкции и используется в них одинаковая технология. Самую большую разницу между ними оказывает год постройки. Два средних блока (№1 и №2) были построены

раньше, справа по течению находится блок №3, на левой стороне находится блок №4, (в одной секции которого ведется минерализация избыточного ила).

Блок технологических емкостей включает в себя следующие сооружения: преаэраторы, первичные отстойники, респредканал перед аэротенками (сборный канал после первичных отстойников), аэротенки, распределительный канал перед вторичными отстойниками (сборный канал после аэротенков), вторичные отстойники, контактный канал.

Преаэраторы

Преаэраторы трехкоридорные, которые совмещены с первичными отстойниками на блоках емкостей. Их назначением является предварительная аэрация для совершенствования производительности отстаивания в первичном отстойнике.

Режим работы преаэратора является постоянным при работающем первичном отстойнике. Подача воздуха производится через дырчатые трубы.

Первичные отстойники

Стоки из преаэраторов поступают в первичные отстойники, через проёмы в перегородке. Предназначены первичные отстойники для осветления сточных вод, прошедших сооружения грубой очистки. Нормативная скорость перемещения воды 0,005 – 0,006 м/с. Время пребывания в сооружении 1,5 – 2 часа.

Сырой осадок, осевший в первичных отстойниках, двумя скребками перемещается в приемки отстойников, количество приемков одного отстойника 8 штук (по два приемка в каждом коридоре). Осадок из приемков выгружается эрлифтами в бак сырого осадка, откуда насосами сырого осадка перекачивается в метантенки или же на иловые площадки для высушивания.

Распределительный канал перед аэротенками

Вода из первичных отстойников поступает в распределительный канал, проходящий по всей длине блока очистки (длина 144 м, ширина 1,5 м, глубина 4,5 м), для сбора и усреднения осветленных сточных вод перед биологической очисткой. После чего сточные воды распределяются по аэротенкам блока емкостей.

Аэротенки

Предварительно отстаиваемая вода через распределительный канал поступает в аэротенки. Аэротенки-смесители предусмотрены для биологической очистки сточных вод. Представляют собой резервуары, в которых очищаемая сточная вода и активный ил перемешиваются и насыщаются воздухом. Для нормального обеспечения процесса биологического окисления в аэротенк непрерывно подается воздух через систему аэрации и возвратный активный ил из вторичного отстойника. Подача возвратного ила в регенератор осуществляется из илового лотка через два шибера. Аэротенки четырех коридорные с 25% регенерацией.

Подача осветленной сточной воды рассредоточена, осуществляется по центральному лотку сточной жидкости через шибера.

Регулирование процесса очистки сточной жидкости осуществляется методом поддержания дозы активного ила и растворенного кислорода, на основании данных лабораторных анализов.

Распределительный канал перед вторичными отстойниками

Используется для сбора и усреднение водно-иловой смеси после аэротенков, распределения ее по вторичным отстойникам.

Вторичный отстойник

Вторичные отстойники горизонтального типа предназначены для осветления сточных вод, прошедших биологическую очистку, то есть для отделения очищенной воды от активного ила. Скорость движения жидкости – 0,005 – 0,006 м/с. Время пребывания в сооружении 1,5 – 2 ч.

Активный ил возвращается в аэротенк системой скребков, прямков и эрлифтов, находящихся по обе стороны отстойника. Лишний активный ил отводится из илового лотка системой насосов на аэробную

стабилизацию в минерализатор. Очищенная вода отводится через контактный канал системой коллекторов в реку Миасс.

Контактный канал

Вода из вторичных отстойников поступает в контактный канал, проходящий через весь блок очистки стоков, для усреднения.

Очищенная вода из контактного канала поступает через параллельно прилегающие трубопроводы в коллекторную камеру, затем в реку Миасс.

Метантенки

Четыре метантенка объемом 1800 м³ служат для анаэробного сбраживания осадка из первичных отстойников при термофильном режиме. Под воздействием анаэробных микроорганизмов происходит стерилизация и минерализация осадка.

Метантенки представляют собой цилиндрический железобетонный резервуар с коническим дном и герметическим перекрытием, в верхней части которого имеется колпак для сбора газа.

Периодичность загрузки метантенков – 2 раза в сутки. Подогрев осадка осуществляется острым паром (из котельной СП ОСК). Пар подается непосредственно в метантенк при поступлении и перемешивании осадка. Выгрузка сброженного осадка производится на иловые площадки одновременно с загрузкой сырого осадка в метантенки в объеме, соответствующем объему загружаемого осадка.

Минерализатор

Избыточный активный ил, образующийся в процессе биологической очистки, перед размещением на иловых площадках подвергается аэробной стабилизации (минерализации) с целью сокращения биомассы и увеличения водоотдачи осадка.

Минерализатор представляет собой аэротенк с постоянной подачей воздуха без поступления питательных веществ для активного ила. Осадок, стабилизированный в аэробных условиях, значительно легче обезвоживается, чем анаэробно сброженный.

Иловые площадки

Иловые площадки предназначены для просушивания сброженного осадка после обработки в метантенках и сырого осадка после первичных отстойников до влажности 70 – 80% для возможности его дальнейшего гуртования, погрузки и транспортировки на полигон ТБО.

Иловые площадки состоят из спланированных участков земли (карт), окруженных со всех сторон земляными валками. Сделанные на естественном основании с дренажем.

Осадок наливается на карты периодически слоями. Осадок, подсушенный до влажности 70 - 80% вывозится на городскую свалку. Сброженный и сырой осадок подается на иловые площадки по напорным трубопроводам. Дренажные воды отводятся через насосную станцию в голову сооружений.

Прочие технологические объекты

Вспомогательные цеха предназначены для обеспечения надёжности и непрерывности технологического процесса, а именно:

- котельная - подачи пара на метантенки, теплоснабжения и горячего водоснабжения промышленной площадки СП ОСК;
- воздуходувная станция - подачи сжатого воздуха на блоки ёмкостей;
- электроцех – бесперебойного электроснабжения сооружений и промышленной площадки в целом;
- ремонтно-механическая служба - проведения ремонтов на ОСК;
- гараж – обеспечения транспортом для вывоза осадков и других нужд предприятия;
- лаборатория – обеспечения технологического контроля над работой станции, контроль стоков предприятий города, воды реки Миасс до и после сброса очищенных вод ОСК в водоем.

Я, надеюсь, вам понравилось.

Вы посмотрели и прослушали весь материал, задавайте интересующие вопросы.

Готовьте отчёт по экскурсии. Всем, спасибо. До свидания!