

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ ХИМИИ
Кафедра органической и экологической химии

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ
В ГЭК И ПРОВЕРЕНО НА ОБЪЕМ
ЗАИМСТВОВАНИЯ

и.о. заведующего кафедрой
канд. тех. наук, доцент

 Г.Н. Шигабаева
«05» июня 2017 г.

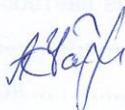
МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

ХИМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГОРОДСКИХ ОЗЕР

04.04.01 Химия

Магистерская программа «Химия нефти и экологическая безопасность»

Выполнил работу
Студент II курса
очной формы обучения



Устименко
Александр
Андреевич

Научный руководитель
канд. хим. наук, доцент



Ларина
Наталья
Сергеевна

Рецензент
Старший научный сотрудник
ФГБНУ «Госрыбцентр»
кандидат физико-математических
наук



Кудрявцев
Александр
Алексеевич

Тюмень, 2017

Оглавление

Введение.....	3
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	6
1.1. Мониторинг состояния водных объектов	6
1.2. Основные загрязнители водных объектов и источники их поступления.....	9
1.3. Тяжелые металлы в водных объектах	12
1.4. Общая характеристика и формирование донных отложений	14
1.5. Нормирование качества воды водотоков и водоемов.....	18
1.6. Методы интегральной оценки качества вод	20
ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	28
2.1. Аппаратура	28
2.2. Методики пробоотбора и пробоподготовки	29
2.3. Приготовление растворов	31
2.4. Методики определения	32
2.5. Метрологическая обработка результатов КХА	32
Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	34
3.1. Описание исследуемых объектов.... Ошибка! Закладка не определена.	
3.2. Мониторинг гидрохимического состава вод пруда Южный	Ошибка! Закладка не определена.
3.3. Годовая динамика гидрохимического состава вод городских водоемов разного генезиса.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.4. Донные отложения городских водоемов.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.5. Результаты расчета комбинаторного индекса загрязненности воды	Ошибка! Закладка не определена.
Выводы	35
Рекомендации Администрации Калининского округа г. Тюмени.....	36
Список литературы	38
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	45
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	45
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	45
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	46

Введение

В последние десятилетия, в связи с ростом антропогенного воздействия на водные объекты, одной из актуальных проблем человечества становится поиск путей сохранения чистой воды [1]. Возникновение этой проблемы обусловлено интенсивным использованием водных ресурсов, повышением роли водного фактора в экономическом и социальном развитии общества. Движущей силой этого процесса служат рост населения, развитие производительных сил и связанное с этим прогрессирующее увеличение водопотребления и сброса сточных вод в промышленности, сельском, коммунальном и других отраслях хозяйства. [2]. Поллютанты, входящие в промышленные и хозяйственно-бытовые стоки, изменяют физические и химические свойства воды, отрицательно воздействуют на водные сообщества [3].

Особый интерес представляют озера, расположенные на урбанизированных территориях, к числу которых можно отнести целый ряд озер и прудов, расположенных на территории г. Тюмени. Отличительной чертой водоемов этого типа является их активное использование для отдыха и рыбной ловли жителями города, часто на них обитают водоплавающие птицы. При этом эти озера подвергаются значительной антропогенной нагрузке. Загрязняющие вещества попадают в водоемы не только со сбросами сельскохозяйственных и промышленных предприятий, городских стоков или очистных сооружений — значительная часть их поступления обусловлена смывом поллютантов с водосборных территорий.

Поллютанты, входящие в промышленные стоки, изменяют физические и химические свойства воды, негативно воздействуют на водные сообщества [3]. Один из наиболее объективных и надежных показателей загрязнения водоема и общей антропогенной нагрузки на него – содержание тяжелых металлов (ТМ) в почве, воде и донных отложениях (ДО) [4]. Уровень

концентрации ТМ в ДО является важным показателем антропогенного загрязнения вод. Увеличение содержания тяжелых металлов в донных отложениях вод сопровождается в большинстве случаев снижением их токсичности. Это можно рассматривать как благоприятный фактор в функционировании водных экосистем. Однако загрязненные таким образом донные отложения становятся депонирующим источником водных экосистем, так как аккумулируют тяжелые металлы в биологической составляющей, в отложениях и взвесах и в определенных условиях возможна их обратная миграция из донных отложений в водную систему [5]. Следовательно, загрязнение водной экосистемы в целом при этом сохраняется [6]. При организации экологического мониторинга необходимо изучать содержание ТМ, возможные пути и факторы их поступления в водные объекты.

Целью данной работы являлось проведение комплексного химико - экологического мониторинга городских водоемов разного генезиса (пруда Южный и оз. Алебашево), расположенных в жилой зоне г. Тюмень.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- Провести годовой мониторинг гидрохимического состояния водных объектов различного происхождения – старичного озера Алебашево и искусственного пруда Южный, расположенных на территории г. Тюмени;
- Дать интегральную оценку состояния водных объектов;
- Провести послойное определение содержания фосфатов и некоторых тяжелых металлов в донных отложениях водоемов, на основе которого оценить динамику изменения состояния водных объектов;
- Установить пригодность водных объектов для их использования в рекреационных и рыбохозяйственных целях;
- Разработать рекомендации по возможному использованию пруда в перспективе, с учетом его расположения в пределах жилого массива.

Работа по мониторингу пруда Южный выполнена в рамках договора с Администрацией Калининского округа г. Тюмени.

Результаты проведенных исследований обсуждены и опубликованы в виде тезисов докладов (в соавторстве) на IV международной научной конференции “Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов” [7], студенческой молодежной научной конференции “МЭСК-2013” [8], III Всероссийской молодежной научной конференции «Естественнонаучные основы теории и методов защиты окружающей среды» [9], V Международной конференции «Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов», г. Тюмень [10], I международной научной конференции «Science of the Future» [11], на 66 и 68 студенческой научной конференции (диплом 2 степени).

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Рост городов, бурное развитие промышленности, значительное расширение площадей орошаемых земель, интенсификация сельского хозяйства, улучшение культурно-бытовых условий и ряд других факторов все больше усложняет проблемы обеспечения водой населения планеты. Дефицит чистой пресной воды уже сейчас становится мировой проблемой [12]. Возрастающие потребности промышленности и сельского хозяйства в воде заставляют ученых всего мира искать разнообразные средства для решения этой проблемы. И не только ученых. К примеру, разработка критериев качества воды (WQC) для защиты водных организмов является фундаментальным компонентом Закона о чистой воде - основного закона США, ответственного за защиту водных экосистем от загрязнения. Это связано с тем что, критерии качества воды определяют приемлемые уровни загрязнения окружающей среды и, таким образом, играют важную роль в обществе [13]. На современном этапе определяются такие направления рационального использования водных ресурсов как более полное использование и расширенное воспроизводство ресурсов пресных вод; разработка новых технологических процессов, позволяющих предотвратить загрязнение водоемов и свести к целесообразному минимуму потребление чистой воды. Необходимой основой для реализации этих направлений является мониторинг состояния водных объектов.

1.1. Мониторинг состояния водных объектов

Под мониторингом водных ресурсов понимается система непрерывного (текущего) и комплексного отслеживания состояния водных ресурсов, контроля и учета количественных и качественных характеристик во времени, взаимообусловленного воздействия и изменения потребительских свойств, а также система прогноза развития и сохранения в разных режимах использования [14].

Целью мониторинга водных объектов является оценка качества вод и уровня их загрязнения, как необходимого условия для принятия научно обоснованных решений об эффективности природоохранных мер по их сохранению. В соответствии с Положением об осуществлении государственного мониторинга водных объектов от 10 апреля 2007 года [15] основными целями мониторинга являются:

- своевременное выявление и прогнозирование развития негативных процессов, влияющих на качество воды в водных объектах и их состояние, разработка и реализация мер по предотвращению негативных последствий этих процессов;

- оценка эффективности осуществляемых мероприятий по охране водных объектов;

- информационное обеспечение управления в области использования и охраны водных объектов, в том числе в целях государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов.

При проведении мониторинга используются сведения, полученные в результате наблюдений за водными объектами и водохозяйственными системами, в том числе за гидротехническими сооружениями, а также сведения, полученные в результате наблюдений собственниками водных объектов, водопользователями и недропользователями. Ведение мониторинга осуществляется на основе унификации программных (информационных и технических) средств, обеспечивающих совместимость его данных с данными других видов мониторинга окружающей среды [16].

Порядок размещения и число пунктов наблюдения, а также перечень наблюдаемых показателей и загрязняющих веществ, сроки проведения наблюдений в первую очередь определяются уровнем развития промышленности и сельского хозяйства на контролируемой территории [17]. Чаще всего пункты наблюдений устанавливаются на наиболее крупных и значимых объектах. Водоемы урбанизированных территорий редко попадают в эту категорию, поэтому в большинстве случаев их мониторинг не

проводится или проводится эпизодически, при возникновении экстремальных ситуаций.

Система мониторинга является наукоемкой отраслью водного хозяйства. Мониторинг водных объектов должен включать в себя [20]:

- мониторинг поверхностных вод (гидрохимический, гидрофизический, гидрометрический, гидрогеологический, гидрологический);
- мониторинг донных отложений;
- мониторинг подземных вод;
- мониторинг берегов и водоохранной зоны;
- мониторинг гидробиоты как взаимосвязанных динамически компонентов водного объекта.

Мониторинг водных объектов тесно связан с социально-гигиеническим мониторингом, с санитарно-эпидемиологической оценкой состояния вод и заболеваниями населения, которые вызваны негативным воздействием источников питьевого водоснабжения или водами рекреационных зон [21].

Мониторинг водных ресурсов состоит из [22]:

- мониторинга поверхностных водных объектов с учетом данных мониторинга в области гидрометеорологии и смежных с ней областях;
- мониторинга состояния дна и берегов водных объектов, состояния водоохранных зон;
- наблюдений за водохозяйственными системами, гидротехническими сооружениями, объемом вод при водопотреблении и водоотведении.

Комплексный подход к мониторингу водных объектов позволяет не только получить данные о состоянии водного объекта в момент наблюдения, но и установить источники загрязнения, причины деградации водных объектов, а также генезис и динамику их развития.

1.2. Основные загрязнители водных объектов и источники их поступления

Объекты, с которых осуществляется сброс или другое поступление в водные объекты загрязняющих веществ, ухудшающих качество поверхностных вод, ограничивающих их использование, негативно влияющих на состояние дна и берегов водных объектов, являются источниками загрязнения. Выделяют два основных источника загрязнений: стационарные (точечные) и линейные (неточечные) [2]. *Стационарные* – это источники, местоположение которых известно (бытовые, промышленные, сточные воды). Основными источниками загрязнения водоемов служат предприятия (табл. 1). К *неточечным* источникам относят сток с территории города талых, дождевых вод, внутрипочвенный и грунтовый сток. Охрана водных объектов от загрязнения осуществляется посредством регулирования деятельности как стационарных, так и других источников загрязнения [23].

Таблица.1 Поступление загрязнений от промышленных предприятий

Вид промышленности	Характер загрязнения
Черная и цветная металлургии	Минеральные вещества, соли ТМ (Zn, Pb, Cu, Ni, Hg и др.), мышьяк, хлориды и т.д.
Химическая и нефтехимическая промышленность	Нефтепродукты, соединения азота, сульфаты, хлориды, фенолы, соли ТМ, спирты, бензол, ПВА, карбамиды, пестициды и т.л.
Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность	Минеральные вещества, соли ТМ
Легкая промышленность	Взвешенные вещества, сульфаты, хлориды, соединения фосфора и азота, соли ТМ
Машиностроение	Нефтепродукты, сульфаты, хлориды, взвешенные вещества, соли ТМ

Загрязняющие вещества, поступающие в водные объекты, принято разделять на три большие группы [24]:

1) Минеральные загрязнения - это песок, зола, глина и шлаки, растворы и эмульсии кислот, щелочей, солей и минеральных масел, другие неорганические соединения. Они ухудшают физико-химические и органолептические свойства воды, вызывают отравление фауны водоемов. Менее опасны минеральные загрязнения без специфического токсического действия - взвешенные частицы песка, глины, других пород, однако они ухудшают свойства воды и способствуют заилению водоемов.

2) В состав органических загрязнений входят разнообразные вещества растительного и животного происхождения (остатки растений, плодов, овощей, живых тканей и т.д.). К этой группе относятся смолы, фенолы, спирты, красители, нафтеновые кислоты, альдегиды, серо- и хлорсодержащие органические соединения, различные пестициды, смываемые в водоемы с сельскохозяйственных угодий, синтетические ПАВы и многое другое.

3) Биологические загрязнения (болезнетворные бактерии и вирусы, возбудители инфекций) попадают в водоемы с бытовыми сточными водами, а также стоками некоторых производств, в том числе с животноводческих ферм и комплексов. Использование такой воды для питья, бытовых нужд приводит к заболеванию холерой, дизентерией, инфекционным гепатитом, брюшным тифом, различными видами гельминтов и т. д.

Соотношение между отдельными видами загрязняющих примесей в различных водоемах бывает разным. Оно зависит от объемов и специфики поступающих в него стоков, степени и характера загрязненности атмосферы и проводимых воздухо- и водоохраных мероприятий [24].

Основным источником поступления в природные воды токсических веществ являются сточные воды промышленных предприятий. Несмотря на затраты производствами больших средств на установку очистных сооружений, сточные воды ряда предприятий содержат некоторое количество тяжелых металлов, нефтепродуктов и других поллютантов. Эти

вещества отсутствуют в незагрязненных природных водах или содержатся в них в гораздо меньших концентрациях [2].

Не менее существенным источником загрязнения водоемов и водотоков являются бытовые (хозяйственно-фекальные) сточные воды. Они образуются в результате использования населением водопроводной воды для бытовых и хозяйственных целей с последующим спуском использованной воды в канализационную сеть. Бытовые сточные воды содержат физиологические выделения людей, отходы от мытья посуды, стирки белья, а также плотные отбросы (тряпье, бумагу, вату и пр.). По внешнему виду сточная вода является жидкостью серого цвета с низкой прозрачностью и неприятным запахом. Для этих вод характерна насыщенность яйцами гельминтов и бактериальной флорой, большую часть которой составляют болезнетворные микроорганизмы [25].

Если рассматривать территорию города Тюмень с этих позиций, то большая часть предприятий вынесена с территории города и водоемы крайне редко используются в качестве приемников стоков предприятий. А вот коммунальные несанкционированные или неорганизованные сбросы могут играть значительную роль в их функционировании.

Загрязнение воздушного бассейна вызывает снижение качества поверхностных вод. Особенно сильно воздух загрязнен в больших городах, где основным загрязнителем - автомобильный транспорт. В выхлопных газах автомобиля, который в течение суток может выбрасывать до 1 кг, в составе содержится около 0,6 % оксида азота, 2 % угарного газа, 0,5% углеводов, 0,006 % оксида серы. В автомобильном топливе могут содержаться соединения свинца, мышьяк, железо, и другие тяжелые металлы, которые попадают в воздух, а потом и в водные объекты [25].

Из всех загрязняющих веществ поверхностных вод значительное внимание уделяется изучению соединений тяжелых металлов (ТМ), так как они оказывают существенное влияние на развитие и функционирование водных организмов растительного и животного происхождения [26].

Среди источников поступления ТМ следует выделить [2]:

- атмосферный перенос и атмосферные осадки;
- сброс сточных вод;
- поверхностный сток с сельхозугодий;
- отвалы и свалки промышленных и твердых бытовых отходов;

Все ТМ обладают одним общим свойством: они могут быть биологически активными, т.е. способны реагировать с живым веществом. Наибольшую опасность представляют лабильные формы. Они обладают высокой биохимической активностью, а также накапливаются в биосфере.

1.3. Тяжелые металлы в водных объектах

В широком списке загрязняющих веществ поверхностных вод большое внимание уделяется изучению соединений тяжелых металлов (ТМ) [27-31]. Часть из них - это важнейшие биометаллы, входящие в группу десяти, так называемых, “металлов жизни” [32]. В частности это касается Fe, Mn, Cu, Zn, Co, Mo. К группе типичных токсикантов чаще всего относят Hg, Cd, Pb, Sn, Ni, Cr. Данное деление достаточно условно, поскольку перечисленные выше биометаллы могут быть токсичными для живых организмов при концентрациях, превышающих предельно-допустимые (ПДК).

Известно, что токсичность металла определяется не общей его концентрацией в воде, а зависит от состояния, в котором он находится и мигрирует в водной среде. Различные химические формы тяжелых металлов в осадках имеют разную химическую стабильность и биологическую доступность и создают различные экологические риски [33]. Очевидно, что более токсичной будет та форма металла, для которой характерны большая биологическая и химическая активность. В случае ТМ наиболее реакционно-способными и, следовательно, биологически доступными для организмов являются, чаще всего, свободные (гидратированные) ионы. Именно поэтому эта форма металлов рассматривается как одна из наиболее токсичных. Однако часто токсичность металлов связывают с наличием в воде лабильной

формы металлов, включающей в себя как аквакомплексы, так и ту часть растворенного металла, которая содержится в составе лабильных комплексов и сравнительно легко высвобождается из их состава при изменении равновесных условий.

Для таких металлов, как свинец, ртуть, олово и некоторых других, установлено, что наибольшей токсичностью обладают их металлорганические соединения (продукты метилирования), которые могут образоваться как биологическим путем, с участием определенной группы микроорганизмов, так и вследствие некоторых химических превращений, например с гумусовыми веществами (ГВ), прежде всего с фульвокислотами (ФК) [28]. Металлорганические соединения приведенных выше металлов обладают даже большей токсичностью, чем их свободные (гидратированные) ионы, поскольку хорошо растворимы в липидах (жироподобных веществах), входящих в состав клеток всех живых организмов, и вследствие этого способны накапливаться в них. Иногда смешивают понятия “металлорганические соединения” и “комплексные соединения металлов с растворенными органическими веществами (РОВ) природных вод”, что ошибочно и недопустимо. Первые – это соединения с ковалентными металл - углеродными связями. Комплексы металлов с РОВ поверхностных вод в большинстве случаев относятся к координационным соединениям хелатного типа. По степени токсичности для гидробионтов они существенно отличаются от металлорганических соединений. Такие комплексы обладают низкой токсичностью или вовсе нетоксичны [34-37]. Причина детоксикации связана со снижением химической и биологической активности металлов в подобных комплексных соединениях. Например, известно, что железо (II) в комплексах с фульвокислотами (ФК) связано настолько прочно, что не окисляется до железа (III) при наличии растворенного в воде кислорода [38].

Исследования сосуществующих форм металлов в природных поверхностных водах важны не только с точки зрения их экологического значения, но и при оценке путей их миграции и распределения между

абиотическими компонентами водных экосистем. Связывание ТМ в комплексы также благоприятствует переходу определенной их части из донных отложений, что следует рассматривать как важный фактор вторичного загрязнения водной среды [37]. Одним из факторов снижения токсичности металлов, помимо гидролиза и комплексообразования с неорганическими и органическими лигандами поверхностных вод, является адсорбция на взвешенных частицах и донных отложениях. Накопление ТМ в донных отложениях за счет адсорбции и седиментации – один из важнейших путей вывода их из биологического круговорота и “нейтрализации” их токсичного действия.

1.4. Общая характеристика и формирование донных отложений

Под понятием «донные отложения» в гидрохимии понимают «то, что образуется из оседающих частиц, в результате отмирания водной растительности, илообразования или подмыва и обрушения берегов» [39]. Согласно современным нормативным документам, *донные отложения* – это донные наносы и твердые частицы, образовавшиеся и осевшие на дно водного объекта в результате внутриводоемных физико-химических и биохимических процессов, происходящих с веществами как естественного, так и техногенного происхождения [40].

Свойства и состав ДО водоемов служат комплексным отражением процессов, которые происходят на водосборе и в его экосистеме в широком промежутке времени. Проводя послойный анализ колонок ДО, можно проводить историческую реконструкцию природных условий исследуемой территории, а также выявлять динамику и степень техногенной нагрузки на водоемы в определенный период времени с учетом скорости осадконакопления [19].

Донные отложения – это открытая физико-химическая система. Через её границы (водная толща – донные отложения) происходит материальный обмен с окружающей средой. Донные отложения - это сложный комплекс

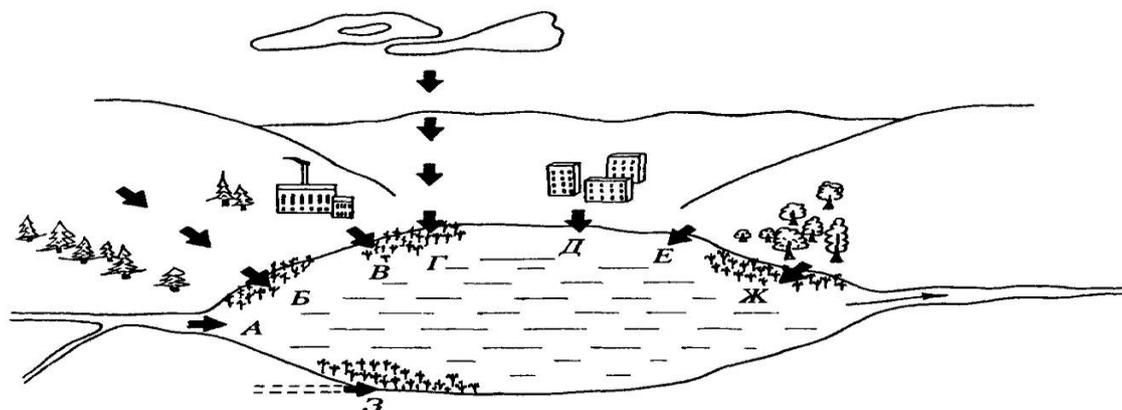
минералов и водного раствора, который пропитывает отложения. В формировании донных отложений наиболее четко прослеживается процесс накопления в водоёмах поступающих взвешенных частиц и растворенных элементов [41]. Эта проблема имеет особую актуальность, т.к. в условиях интенсивной антропогенной нагрузки нарушаются природные равновесные условия и круговорот химических веществ.

Формируются донные отложения с момента образования водоёма. В этот момент контакт с водой изменяет гидрогеологические и гидродинамические условия существования осадочных пород. Донные отложения образуются в результате осаждения взвешенного в воде материала и его взаимодействия с водной фазой.

Природа донных отложений в водотоке зависит от многих факторов, в частности природных и антропогенных [42]. Природные факторы: структура дна и геохимия почвы, климат, динамика перемешивания воды, ее физико-химический состав. Антропогенные факторы включают: планирование землепользования в районах, прилегающих к воде, их развитие и приток воды. Формирование донных отложений состоит из следующих этапов: перемещение вещества от источника к месту отложения (мотогенез), седиментация, или его отложение, происходящее при действии местных факторов (седиментогенез) и изменение внутренней структуры вещества по мере развития процессов диагенеза [4].

Аллохтонные (внешние) и автохтонные (внутренние) поступления, являются основными источниками грунтообразующего материала водоемов. Аллохтонный материал поступает в водоем в виде твердого стока притоков, атмосферных осадков, продуктов склоновой и береговой эрозии, в результате смыва растительности с прилегающей территории, коммунально-бытовых и промышленных стоков, а также грунтовыми водами. Основными источниками автохтонного материала являются водная растительность, бентосные и другие организмы, фито- и зоопланктон, продукты физико-

химических процессов в водоеме. Иногда к автохтонным поступлениям относят продукты размыва берегов, островов и мелководий [16].



А – речной сток; Б – продукты склоновой эрозии; В – промышленные сточные воды; Г – атмосферные осадки; Д – коммунально-бытовые сточные воды; Е – береговая эрозия; Ж – смыв лесного опада; З – грунтовые воды

Рис. 1. Источники поступления грунтообразующего материала в зарастающий слабопроточный водоем [19]

Донные отложения традиционно используются как индикатор для определения состава, интенсивности и масштаба техногенного загрязнения. По большей части это обусловлено тем, что русловые отложения являются конечным звеном местных ландшафтных соединений, из-за чего их состав отражает геохимические особенности водосборных территорий.

Особенно ярко подобная зависимость обнаруживается в озерах урбанизированных районов, в которых в водоемы сливаются сточные воды, загрязненные промышленными выбросами [43]. Именно техногенные загрязнения являются концентраторами основной массы загрязняющих водные системы веществ, которые определяет необходимость детальных исследований их вещественного состава [44].

Техногенные отложения - это сложные органоминеральные образования, основой которых служит материал, который поступает преимущественно с промышленно-бытовыми сточными водами. При распространении в водной среде токсиканты не только растворяются в воде, но и частично инактивируются, взаимодействуя между собой (нейтрализация,

комплексообразование и прочие реакции). Также образуют новые более токсичные соединения, чем исходные. Значительная часть токсикантов адсорбируется взвешенными веществами и оседает на дно, где накапливается в донных отложениях. После происходит кругооборот веществ дна или же мигрирует в глубинные пласты донных отложений. Там он подвергается диагенетическим модификациям [45].

Донные отложения, аккумулируя тяжёлые металлы и высокотоксичные органические вещества, оказывают содействие самоочищению водной среды, и представляют собой источник вторичного загрязнения водоёмов. От 90 до 99% ионов тяжелых металлов аккумулируются поверхностью [46]. Металлы после отмирания микроорганизмов взаимодействуют с продуктами гумификации. Взаимодействие гуминовых кислот с металлами приводит к образованию простых и хелатных комплексных солей и сорбционных комплексов [47].

Основная часть загрязняющих веществ в экосистемах из воды переходит в донные отложения. В результате этого грунты могут содержать высокие концентрации загрязняющих веществ, а их концентрация в воде может и не быть повышенной [48].

Однако, благодаря различным факторам, в водных объектах осуществляются процессы самоочищения.

Самоочищение водных объектов – это комплекс взаимосвязанных гидродинамических, физико-химических, микробиологических и гидробиологических процессов, ведущих к восстановлению первоначального состояния водного объекта [49]. При оценке способности экосистемы сопротивляться внешнему токсическому воздействию, говорят о буферной емкости экосистемы. Под буферной емкостью пресноводных экосистем по отношению к тяжелым металлам понимают такое количество металла - токсиканта, при поступлении которого не нарушается естественное функционирование всей исследуемой экосистемы.

Основные процессы самоочищения приводят к [49]:

- преобразованию загрязняющих веществ в результате химического и/или биохимического окисления в безвредные или менее вредные вещества;
- переходу загрязняющих веществ из воды в донные отложения, которые в дальнейшем могут стать источниками вторичного загрязнения воды.

Кроме аккумуляции металлов за счет адсорбции и последующей седиментации в поверхностных водах происходят другие процессы, отражающие устойчивость экосистем к токсическому воздействию ТМ. Один из самых важных состоит в связывании растворенными в водной среде органическими веществами ионов металлов. Кроме гидролиза и комплексообразования с неорганическими и органическими лигандами поверхностных вод, снижению токсичности металлов способствует также адсорбция на взвешенных частицах и донных отложениях [48].

1.5. Нормирование качества воды водотоков и водоемов

Под качеством воды понимают такое состояние физических свойств воды, химического и биологического состава присутствующих в ней веществ, которые определяют её пригодность для конкретных видов водопользования. Пригодность воды для той или иной цели можно оценить по содержанию вредных веществ. Для этого вводится понятие предельно-допустимой концентрации (ПДК). Понятие о ПДК основано на идее порогового действия вредных веществ на человека в районе водопользования или на рыбу в месте её обитания. Т.е. ПДК - это такая концентрация, которая не вызывает болезней и не приводит к патологическим изменениям при длительном воздействии на организм человека или рыбы [50].

Экологическое нормирование заключается в установлении нормативов качества окружающей среды, нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, иных нормативов в области охраны окружающей среды, а также

государственных стандартов и иных нормативных документов в области охраны окружающей среды [51].

Нормирование качества воды состоит в установлении для водного объекта комплекса допустимых значений показателей ее состава и свойств, в рамках которых надежно обеспечивается здоровье населения, благоприятные условия водопользования и экологическое благополучие водного объекта. С этой целью различными документами устанавливаются нормы качества воды водоемов и водотоков для условий питьевого, хозяйственно-бытового, рыбохозяйственного и рекреационного водопользования.

К питьевому и хозяйственно-бытовому водопользованию относится использование водных объектов в качестве источников водоснабжения, а так же для водоснабжения предприятий пищевой промышленности.

К рекреационному водопользованию относятся водные объекты, используемые для купания, занятия спортом и отдыха населения. Установленные для рекреационного водопользования требования к качеству воды распространяются на все участки водных объектов, которые находятся в черте населенных мест, независимо от вида их использования.

К рыбохозяйственному водопользованию относится использование водных объектов для обитания, добычи, размножения и миграции рыб и других водных организмов [50].

Нормы качества воды включают:

- общие требования к составу и свойствам воды водотоков и водоемов для различных видов водопользования;
- перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) нормируемых веществ в воде.

Вопросам антропогенной нагрузки, динамики изменения химического, токсикологического состава вод в литературе уделяется большое внимание. Так, например, исследователи из Румынской лимнологической ассоциации [52-55], проводя мониторинг местных озер, по результатам анализов относят

их к определенным общепринятым категориям качества и дают рекомендации о необходимости природоохранных мероприятий данных объектов. Изучая реки Таежной зоны Западной Сибири, О.Г. Савичев [56] выявил зависимость между значениями гидрохимических показателей, гидрологическими и морфометрическими характеристиками водосборов, пригодных для оценки фонового химического состава неизученных рек данного региона. Автор предложил и обосновал методику определения фоновых концентраций веществ в речных водах, заключающуюся в определении фоновых концентраций веществ в водах изученных рек, выявлении их связей с модулями водного стока и подземной составляющей стока, морфометрическими характеристиками водосборов и применении полученных зависимостей для неизученных рек с учетом преобладающих ландшафтов. Ученые из Челябинского госуниверситета [57] занимались определением влияния сточных вод на состояние озера Первое, исследовали способность вод к самоочищению и пришли к выводу, что водная масса озера обладает значительной способностью к самоочищению, однако значительная часть соединений тяжёлых металлов накапливается в донных отложениях, которые относятся к категориям умеренно загрязнённых и сильно загрязнённых. Научный коллектив из города Астрахани выявили крайне неблагоприятную токсико-генетическую ситуацию, сложившуюся в природных водах их города, а также обнаружили тенденцию увеличения антропогенной нагрузки на водные объекты города от года к году. Ими были проведены лабораторные исследования качества вод внутригородских водоемов в период 2010–2012 гг., подтверждающие наличие накопления токсичных веществ в гидросфере урбанизированных территорий на примере внутренних водоемов г. Астрахани [58].

1.6. Методы интегральной оценки качества вод

Загрязнение природных вод носит комплексный характер. Как правило, при анализе количественного состава ингредиентов и показателей проб воды

данного водного объекта обнаруживается, что по ряду веществ имеется превышение ПДК. На этот счет имеются многочисленные предложения по комплексной оценке загрязненности природных вод по гидрохимическим, гидробиологическим показателям, видовому разнообразию, показательным организмам и др.

Научные разработки оценки загрязненности воды по гидрохимическим показателям ведутся с 60-х годов двадцатого века. С тех пор и по настоящий момент накопилось порядка 20 методик. В качестве примера рассмотрим некоторые из последних [59]:

1. Методика НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана (1987). Для определения степени загрязнения используются четыре **критерия вредности**, по каждому из которых сформирована определенная группа веществ и специфических показателей качества воды:

- критерий санитарного режима (W_c), где учитывается растворенный кислород, БПК₅, ХПК специфические загрязнения, нормируемые по влиянию на санитарный режим;
- критерий органолептических свойств (И/ф), где учитывается запах, взвешенные вещества, ХПК и специфические загрязнения, нормируемые по органолептическому признаку вредности;
- критерий, учитывающий опасность санитарно-токсикологического загрязнения (W_{cm}), где учитывается ХПК и специфические загрязнения, нормируемые по санитарно-токсикологическому признаку;
- эпидемиологический критерий (W_{ε}), учитывающий опасность микробного загрязнения.

Одни и те же показатели могут входить одновременно в несколько групп. Комплексная оценка вычисляется отдельно для каждого лимитирующего признака вредности (ЛПВ) W_c , W_f , W_{cm} и W_{ε} по формуле:

$$W = 1 + \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{N_i} - 1 \right)}{n} \quad (1)$$

где W - комплексная оценка уровня загрязнения воды по данному ЛПВ, n - число показателей, используемых в расчете; N_i - нормативное значение единичного показателя. (чаще всего $N_i = \text{ПДК}_i$). Если $C_i/N_i < 1$, т.е. концентрация ниже ПДК, то принимается $C_i/N_i = 1$.

По особым формулам рассчитываются вклады для содержания растворенного кислорода и взвешенных веществ. Растворенный кислород нормируется по нижнему уровню значения, т.е. его содержание должно быть меньше 4 мг/л, поэтому при $C_i < 4$ для него принято

$$C_i/N_i = 1 + 10(N_i - C_i)/N_i$$

2. *Суммарный показатель химического загрязнения вод ПХЗ-10* (1992), рассчитывается по десяти соединениям, максимально превышающим ПДК по формуле [50].

$$\text{ПХЗ}_{10} = (C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + \dots + C_{10}/\text{ПДК}_{10}), \quad (3)$$

где ПДК_i - предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ для воды рыбохозяйственных водоемов; C_i - концентрация химических веществ в воде.

При расчете ПХЗ-10 для химических веществ, по которым отмечается «относительно удовлетворительный» уровень загрязнения вод отношение $C/\text{ПДК}$ условно принимается равным 1.

Для установления ПХЗ-10 рекомендуется проводить анализ воды по максимально возможному числу показателей. Показатель ПХЗ-10 рассчитывается только при выявлении зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия [60]

3. *Экотоксикологический критерий* (Т.И. Моисеенко, 1995). Степень загрязнения токсическими веществами оценивается суммой превышений концентрации соответствующих элементов (C) к их предельно допустимым концентрациям (ПДК/):

$$X_{\text{токс}} = \sum C_i / \text{ПДК}_i \quad (4)$$

Особым образом оценивается группа следующих показателей: сульфат-ионов, содержания взвешенных веществ и общей минерализации, по которым кратность превышения концентраций относится не к ПДК, а к максимальным фоновым значениям:

$$X_{\text{ф-х}} = \sum (C_i / C_{\text{фон.макс}} - 1) \quad (5)$$

Для оценки эвтрофирования вводится специальный показатель эвтрофикации

$$X_{\text{ЭВТ}} = K \cdot (C_{\text{фос}} / C_{\text{фон.фос}} - 1), \quad (6)$$

где $C_{\text{фос}}$ и $C_{\text{фон.фос}}$ - анализируемые и фоновые значения концентраций минерального фосфора, K - дополнительный коэффициент, зависящий от оценки состояния водоема (для мезотрофных водоемов $K= 2$, а для эвтрофных $K= 3$).

Общий индекс загрязнения определяется по формуле:

$$X_{\text{сум}} = X_{\text{токс}} + X_{\text{ф-х}} + X_{\text{ЭВТ}} \quad (7)$$

4. Комплексная оценка загрязненности вод по Г.Т. Фрумину и Л.В. Баркану (1997).

Для каждого ингредиента рассчитывается частная функция Харингтона по формуле:

$$d_i = \exp[-e^{P_i}] \quad (8)$$

Показателем степени этой функции является безразмерная величина P_i рассчитываемая с помощью выражения

$$P_i = b_0 - b_1 C_i / \text{ПДК}_i \quad (9)$$

где C_i и ПДК_i – наблюдаемая и предельно допустимая концентрации i -го ингредиента, b_0 и b_1 специально рассчитанные коэффициенты, зависящие от типа ингредиента и класса качества воды.

Общая функция Харрингтона определяется как среднегеометрическое частных показателей

$$D = (d_1 d_2 d_3 \dots d_n)^{1/n} \quad (10)$$

5. С 1988 по 2001 годы в системе Росгидромета применялся *гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ)*. Благодаря своей простоте и наглядности этот показатель получил широкое распространение в природоохранной практике. Индекс представляет собой среднюю долю превышения ПДК по строго лимитированному числу индивидуальных ингредиентов:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \quad (11)$$

где: C_i - концентрация компонента (в ряде случаев - значение физико-химического параметра); n - число показателей, используемых для расчета индекса, $n = 6$; ПДК - установленная величина норматива для соответствующего типа водного объекта.

Для расчета индекса загрязнения вод для всего множества нормируемых компонентов, включая водородный показатель рН, биологическое потребление кислорода БПК₅ и содержание растворенного кислорода, находят отношения $C_i/\text{ПДК}_i$. ИЗВ рассчитывают строго по шести показателям, имеющим наибольшие значения приведенных концентраций, независимо от того превышают они ПДК или нет [61].

В зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяют на классы.

Воды	Значения ИЗВ	Классы качества воды
Очень чистые	До 0,2	I
Чистые	0,2 – 1,0	II
Умеренно загрязненные	1,0 – 2,0	III
Загрязненные	2,0 – 4,0	IV
Грязные	4,0 – 6,0	V
Очень грязные	6,0 – 10,0	VI
Чрезвычайно грязные	>10,0	VII

Таблица 2 – Классы качества вод в зависимости от значения индекса загрязнения воды

В 2002г. Росгидрометом утвержден и введен в действие руководящий документ «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» взамен методических рекомендаций 1987 года по оценке качества вод с помощью ИЗВ [50].

б. С помощью *комбинаторного индекса загрязненности воды (КИЗВ)* оценивается степень ее загрязненности по комплексу загрязняющих веществ, устанавливается класс качества воды.

Комбинаторный индекс загрязненности воды может рассчитываться для любого створа, либо пункта наблюдений за состоянием поверхностных вод, для участка, либо акватории водного объекта, для водных объектов в целом, речных бассейнов, гидрографических районов и т. д. По мере укрупнения объекта изучения возрастает относительность расчетных характеристик. Это обстоятельство относится не столько к комбинаторному индексу, сколько к любому из показателей, характеризующих однозначно сложные и крупномасштабные природные системы. Однако, несмотря на это, их информативность и репрезентативность при наличии достаточного объема информации высока [50].

Комбинаторный индекс загрязненности воды может рассчитываться для любого периода времени: суток, декады, месяца, квартала, гидрологического сезона, года, многолетнего периода при наличии не менее 8 проб для каждого ингредиента.

Расчет значения комбинаторного индекса загрязненности и относительная оценка качества воды проводятся в 2 этапа: сначала по каждому изучаемому ингредиенту загрязненности воды, затем рассматривается одновременно весь комплекс загрязняющих веществ и выводится результирующая оценка.

По каждому ингредиенту за расчетный период времени для выбранного объекта исследований определяется ряд характеристик [50].

Сначала по формуле (12) вычисляется повторяемость случаев загрязненности a , т. е. частота обнаружения концентраций, превышающих ПДК:

$$a = (m / n) \cdot 100 \quad (12)$$

где m - число результатов анализа по данному ингредиенту за рассматриваемый период времени, в которых их содержание превышает ПДК; n - общее число результатов химического анализа за рассматриваемый период времени по данному ингредиенту.

По значению повторяемости a для каждого ингредиента рассчитывается частный оценочный балл S_1 . Определение баллов проводится с применением линейной интерполяции (Приложение Б). Затем определяют среднее значение кратности превышения ПДК b .

$$b_{\text{ср.}} = \Sigma b / m \quad (13)$$

При этом величина b рассчитывается только по результатам анализа проб, где такое превышение наблюдается. Результаты анализа проб, в которых концентрация загрязняющего вещества была ниже ПДК, в расчет не включают. На основании значения b определяют второй частный оценочный балл S_2 (Приложение В).

Обобщенный оценочный балл рассчитывают как произведение частных по формуле (14):

$$S = S_1 \cdot S_2 \quad (14)$$

Обобщенный оценочный балл дает возможность учесть одновременно значения наблюдаемых концентраций и частоту обнаружения случаев превышения ПДК по каждому ингредиенту. Значение обобщенного оценочного балла по каждому ингредиенту в отдельности может колебаться для различных вод от 1 до 16. Большему его значению соответствует более высокая степень загрязненности воды.

Затем определяют комбинаторный индекс и удельный комбинаторный индекс загрязненности воды по формулам (15) и (16):

$$\text{КИЗВ} = \Sigma S_i \quad (15)$$

$$\text{УКИЗВ} = S_i / n \quad (16)$$

где КИЗВ - комбинаторный индекс загрязнения вод; S_i – обобщенный оценочный балл по каждому ингредиенту; n – число учитываемых в оценке ингредиентов; УКИЗВ – удельный комбинаторный индекс загрязнения вод.

Зная УКИЗВ и значение КПЗ, по приложению Г определяют класс качества воды.

ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Аппаратура

Для измерения рН воды, водных вытяжек ДО и почвы использовался «Анион 4100» (рис.2.1, а). Удельную электропроводность воды, водных вытяжек ДО и почвы измеряли с помощью кондуктометра «Анион 4120» (рис.2.1, б).



Рис.2.1 рН-метр Анион 4100 (а) и кондуктометр Анион 4120 (б).

Фотометрическое определение фосфора проводили на фотометре КФК-3 «ЗОМЗ» (рис.2.2, а).



Рис.2.2 Фотометр КФК-3 «ЗОМЗ» (а); Атомно-абсорбционный спектрофотометр «Спираль-17» (б)

Для определения содержания железа, марганца, меди, свинца, цинка в воде атомно-абсорбционным методом был использован атомно-абсорбционный спектрофотометр «Спираль-17» (рис.2.2, б).

Для определения ионного состава воды методом ионной хроматографии использовались ионные хроматографы: Dionex ICS-1100 для анализа катионов и Dionex ICS-2100 для анализа анионов (рис. 2.3, а).

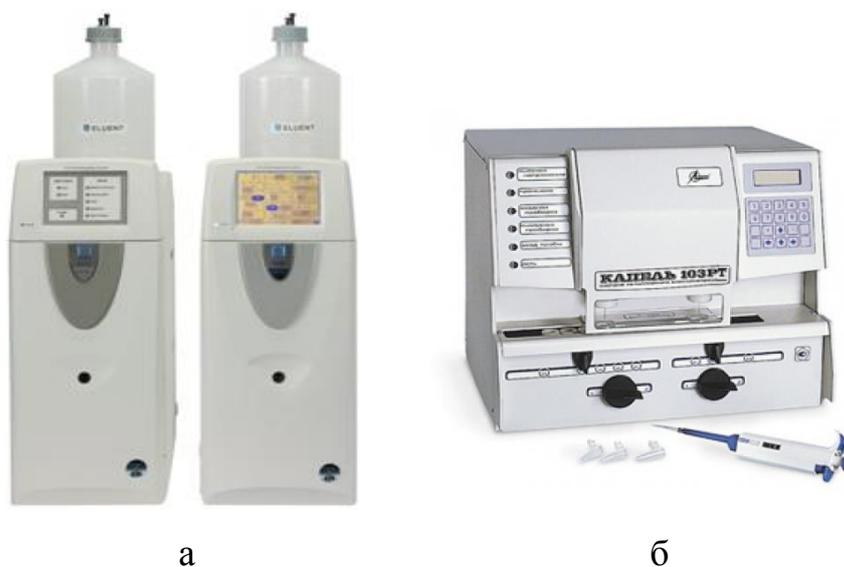


Рис.2.3. Ионные хроматографы: Dionex ICS-1100, и Dionex ICS-2100 (а); система капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ-105М» (б).

Также для определения ионного состава воды методом капиллярного электрофореза применялась система капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ-105М» (рис.2.3, б)

2.2. Методики пробоотбора и пробоподготовки

Отбор проб воды проводился с учетом общепринятых требований [62]. При ежемесячном мониторинге проба отбиралась в одном и том же месте. При общем мониторинге пробы воды отбирались в конце сентября - начале октября в 5 различных точках озера. Пробы воды отбирались в пластиковые бутылки и плотно закрывались пробками (без пузырьков воздуха), хранились в холодильнике (рис.2.4,а).

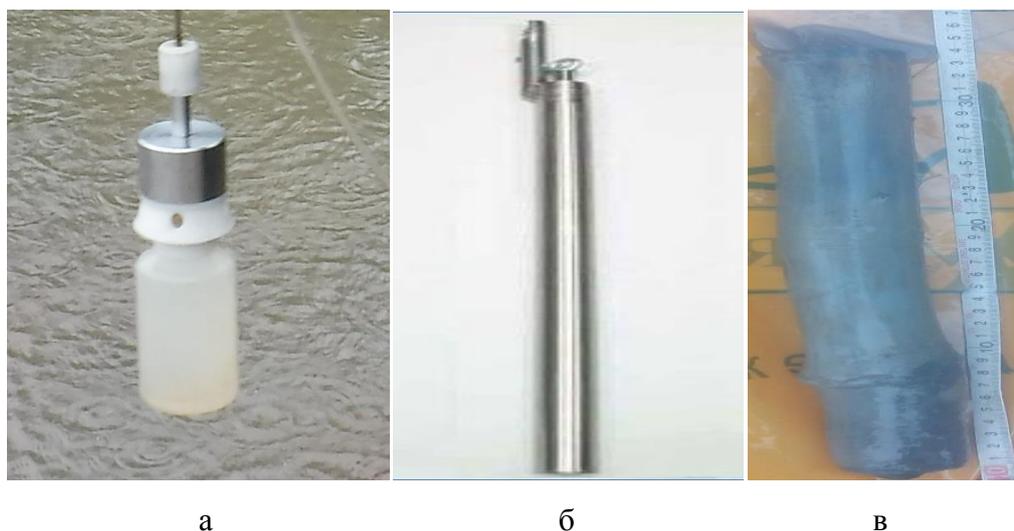


Рис. 2.4 Система пробоотборная ПЭ-1110 (а), поршневой бур (б), колонка донных отложений (в)

Донные отложения были отобраны Гусельниковым В.Л. (ИНЗЕМ) в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80 [63]; РД 52.24.609-2013 [64], поршневым буром со дна пруда (рис. 2.4,б). Отобранные (нарезанные) пробы упаковывались в полиэтиленовые пакеты. Колонка донных отложений (кern) составила 35 см (рис.2.4,в), нарезка проб проводилась через 1 см. В упаковку помещалась этикетка с данными о глубине и порядковом номере. Консервации пробы не подвергались. При полевых исследованиях привязка точек опробования осуществлялась с применением универсальной навигационной системы GPS-навигатора GARMIN GPSmap 60CSx (рис. 2.5).

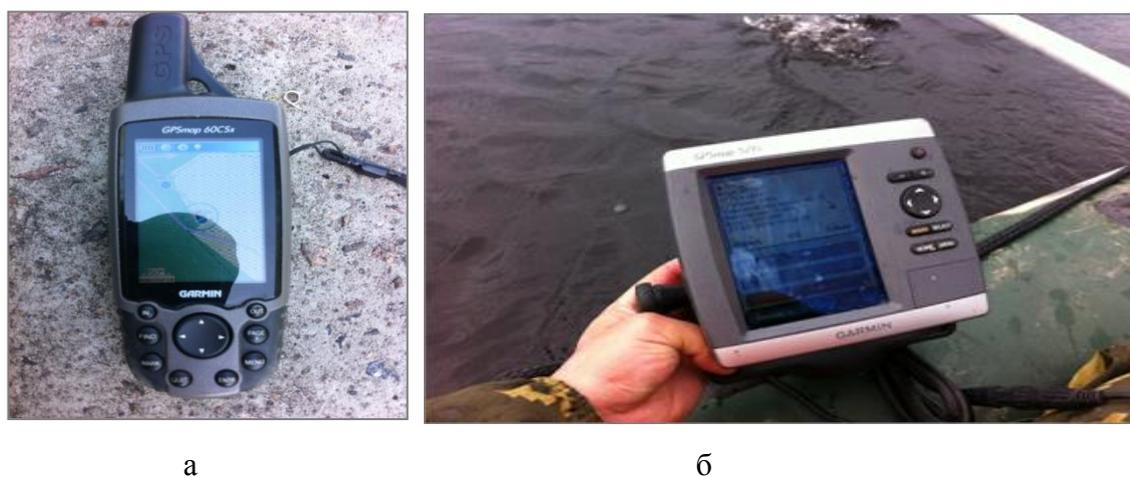


Рис. 2.5 Устройства, применявшиеся для морфометрических исследований: GARMIN GPSmap 60CSx (а); GARMIN GPSMAP 521S (б)

Морфометрические исследования проводились студентами ИНЗЕМ под руководством В.Л. Гусельникова, в соответствии с требованиями документов: СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения; СП11-102-97 Инженерно-экологические изыскания для строительства.

2.3. Приготовление растворов

Приготовление растворов для атомно-абсорбционного определения металлов на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Спираль-17»

1. *Приготовление рабочего раствора меди.* 5 см³ ГСО 6071-91 помещают в мерную колбу вместимостью 50см³, доводят до метки подкисленным дистиллятом. 1 см³ полученного раствора содержит 0,1 мг меди. Раствор хранят в полиэтиленовом контейнере не более одного года.

2. *Приготовление рабочего раствора свинца.* 5 см³ ГСО 7252-96 помещают в мерную колбу вместимостью 50см³, доводят до метки подкисленным дистиллятом. 1 см³ полученного раствора содержит 0,1 мг свинца. Раствор хранят в полиэтиленовом контейнере не более одного года.

3. *Приготовление рабочего раствора никеля.* 5 см³ ГСО 6075-91 помещают в мерную колбу вместимостью 50см³, доводят до метки подкисленным дистиллятом, перемешивают. 1 см³ полученного раствора содержит 0,1 мг никеля. Раствор хранят в полиэтиленовом контейнере.

4. *Приготовление рабочего раствора цинка.* 5 см³ ГСО 7470-98 помещают в мерную колбу вместимостью 50см³, доводят до метки подкисленным дистиллятом. 1 см³ полученного раствора содержит 0,1 мг цинка. Раствор хранят в полиэтиленовом контейнере.

5. *Приготовление калибровочных растворов железа, марганца, меди, свинца, никеля, цинка, кобальта, хрома и кадмия.* Для построения градуировочного графика в мерную колбу вместимостью 100см³ помещают 1см³ рабочего раствора соответствующего металла концентрации 0,1мг/см³, доводят до метки подкисленным дистиллятом. 1см³ полученного раствора

вновь помещают в мерную колбу вместимостью 100см³, доводят до метки подкисленным дистиллятом.

Градуировочные графики строят в координатах зависимости оптической плотности (абсорбции) (D) от концентрации калибровочного раствора (C).

2.4. Методики определения

2.4.1. Определение содержания катионов натрия и калия в воде в соответствии с ГОСТ Р. 53887-2010 [65] методом капиллярного электрофореза.

2.4.2. Определение содержания катионов кальция и магния (Ca²⁺, Mg²⁺) в воде в соответствии с РД 52.24.403-95 [66] титриметрическим методом.

2.4.3. Определение содержания общего фосфора в воде в соответствии с РД 52.24.387-2006 [67] фотометрическим методом.

2.5. Метрологическая обработка результатов КХА

Статистическая обработка. Существует несколько способов для оценки случайной погрешности. Наиболее распространенный способ – оценка погрешности с помощью стандартного отклонения. Стандартное отклонение выборочной совокупности обозначается S, стандартное отклонение генеральной совокупности – σ . Если число измерений n велико, то S стремится к некоторому постоянному значению σ , которое можно назвать статистическим пределом: $S \rightarrow \sigma$ при $n \rightarrow \infty$

Стандартное отклонение связано с числом параллельных определений и оценка случайной погрешности опосредована через n. При малой выборке вводится понятие числа степеней свободы $f = n-1$. Число степеней свободы – число независимых данных в выборочной совокупности минус число связей между ними. Стандартное отклонение для малой выборки определяется по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - x_{cp})^2}{n - 1}}$$

Стандартное отклонение единичного результата S_x характеризует сходимость результатов отдельных измерений, то есть степень их концентрирования относительно среднего арифметического $x_{\text{ср}}$. S_x (σ) называют также среднеквадратичной погрешностью.

Для характеристики рассеяния результатов в выборочной совокупности используют также *относительное стандартное отклонение* S_r : $S_r = \frac{S_x}{x_{\text{ср}}}$.

Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Выводы

- 1) Определение главных ионов в воде пруда Южный позволило охарактеризовать тип воды по преобладающим ионам как магниевую-натриевую гидрокарбонатно-хлоридную. Вода озера Алебашево относится к хлоридно-натриевому типу, за исключением апреля (половодье) и октября (большое количество осадков), когда увеличивается доля кальция и сульфат - ионов.
- 2) Химический состав воды пруда Южный большую часть года достаточно стабилен и отвечает требованиям к воде водоемов, используемых для рекреационных целей, за исключением марта-апреля 2017г., когда качество вод в результате заморных и антропогенных воздействий не соответствовало нормативам.
- 3) По полученным данным интегральной оценки качества вод можно сделать вывод, что вода в озере Алебашево является очень грязной, а вода пруда Южного – загрязненной.
- 4) Основными загрязнителями вод водоемов являются тяжелые металлы, которые могут поступать в оба водоема с водосборной площади, с проходящих рядом автомагистралей и т.д. В воде пруда Южный из тяжелых металлов концентрация меди в воде превышает нормы ПДК в течении всего года. Остальные металлы лишь изредка превышают предельно допустимые концентрации. Это говорит о достаточно стабильной экологической обстановке в водоеме, несмотря на его нахождение в активно развивающемся районе.
- 5) Анализ донных отложений пруда Южный показал, что тяжелые металлы (кроме свинца) по всей глубине имеют достаточно небольшую и стабильную концентрацию, что может свидетельствовать об их природном фоновом содержании, однако в случае изменения характеристик пруда (к примеру, закислению) может произойти повышение их концентрации в воде за счет растворения его из донных отложений.

Рекомендации Администрации Калининского округа г. Тюмени

1. При планировании использования пруда для рыбохозяйственных целей необходимо принимать срочные меры по ликвидации заморных явлений, обогащая воду кислородом, либо пробуриванием лунок. Кроме того в воде наблюдается значительное превышение ПДК для рыбохозяйственных целей по содержанию меди. Концентрация свинца в воде невелика, но значительные количества его сконцентрированы в донных отложениях, что свидетельствует о наличии регулярного источника его поступления в пруд, но происходит достаточно быстрое самоочищение вод и осаждение свинца в донных отложениях.
2. Особую тревогу вызывают особенности дна – неравномерное распределение глубин, наличие небольших по площади, но достаточно глубоких ям, а также наличие значительного количества разногабаритного мусора природного и антропогенного происхождения. Для устранения этого фактора необходима очистка дна (траление), которое, возможно, позволит не только очистить дно, но и сделать его более ровным, что вполне осуществимо с учетом небольших размеров пруда, но вероятно финансово затратно.
3. Необходим регулярный контроль зарастания водоема водной растительностью (желательно осенью, и при необходимости весной или летом). Коммунальные стоки и активное купание могут явиться значительным источником биогенных веществ, что усилит зарастание пруда. Наличие растительности, с одной стороны, очищает водоем от избытка биогенных элементов, используя их для своего роста. С другой стороны, чрезмерное разрастание приведет к усилению эвтрофирования водоема, а, в дальнейшем, возможно, и его частичному заболачиванию. Увеличение растительности в пруду, при отсутствии достаточного количества его потребителей (уток, рыб и др.) приведет увеличению на дне водоема органических остатков, которые в зимний период приведут к еще более ранним и сильным заморам. Это в свою очередь приведет к

цветению воды, появлению в ней органических токсикантов и специфического запаха.

4. Существует явная необходимость в обустройстве территории. При скоплении значительного количества народа необходима установка туалетов и урн для мусора.
5. Рекомендуется для эффективного использования пруда в рекреационных целях проводить регулярный мониторинг пруда по химическим и бактериологическим показателям.

Список литературы

1. Авакян А.Б., Широков В.М. Рациональное использование и охрана водных ресурсов. Екатеринбург: Изд-во «Вектор», 1994. 319 с.
2. Баренбойм Г.Д. Экологический мониторинг водных объектов как информационная основа устойчивого водного хозяйства/ Г.Д. Баренбойм, Е.Б. Венецианов//Вода: химия и экология. – 2008. - №1. – С. 15-23.
3. Беличенко Ю.П., Швецов М.М. Рациональное использование и охрана водных ресурсов. М.: Россельхозиздат, 1986.
4. Бикташева Ф.Х. Содержание тяжёлых металлов в донных отложениях озера Асылыкуль Республики Башкортостан/ Ф.Х. Бикташева, Г.Ф. Латыпова//Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – №2. - С.208-210.
5. Галатова Е.А. Содержание тяжелых металлов в донных отложениях/ Е.А. Галатова // Аграрный вестник Урала. – 2008. - №8. – С.82-83.
6. Геоэкологическая оценка состояния внутригородских водоемов агломератов прикаспийского региона /Болонина Г.В., Шарова И.С./ Geologiya, geografiya i globalnaya energiya. 2013. № 1 (48) P.-147-149.
7. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / Под ред. Т.В. Гусевой.- М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007.- 192 с.
8. Глобальная экологическая перспектива 3. – М.: ИнтерДиалект, 2002; Вода для людей, вода для жизни. Доклад ООН о состоянии водных ресурсов мира. Обзор (Программа оценки водных ресурсов мира). – М., 2003
9. Голинская Л.В. Оценка содержания ряда металлов в донных отложениях водоемов Восточного Оренбуржья/ Л.В. Голинская// Вестник ОГУ. – июнь, 2009. - №6. – С. 558-559.

10. ГОСТ 17.1.5.01-80 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность.

11. ГОСТ Р. 53887-2010. Вода. Методы определения содержания катионов с использованием капиллярного электрофореза. – М.: Изд-во стандартов, 2011.

12. Денисова А.И. Донные отложения водохранилищ и их влияние на качество воды./ Денисова А.И., Нахшина Е.П., Новиков Б.И., Рябов А.К.- Киев: Наукова думка, 1987. - 164 с.

13. Захаров С.Г., Иванова Ю.Р. К вопросу лимногенеза озера Первое в условиях техногенной нагрузки/ Вестник Челябинского государственного университета. 2010. № 8 (189). Экология. Природопользование. Вып. 4. С. 63–66.

14. Захаров С.Г., Иванова Ю.Р. К вопросу лимногенеза озера Первое в условиях техногенной нагрузки/ Вестник Челябинского государственного университета. 2010. № 8 (189). Экология. Природопользование. Вып. 4. С. 63–66.

15. Калинин В.М. Экологическая гидрология: Учебное пособие. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2008. 148 с.

16. Косяков Е.Ю., Устименко А.А. Комплексная оценка экологического состояния некоторых водоемов г. Тюмени// МЭСК-2013 : Тезисы докладов XVIII международной экологической студенческой конференции «Экология России и сопредельных территорий» / Новосибирский национальный исследовательский государственный университет. Новосибирск, 24-26 октября 2013. 196 с.

17. Ларина Н.С., Катанаева В.Г., Шелпакова Н.А. Техногенные загрязнения природных вод: учебное пособие. – Тюмень: Мандр-Ика, 2004. – 81 с.

18. Ларина Н.С., Косяков Е.Ю., Устименко А.А., Пинигина Е.П.

Комплексный мониторинг городских водоемов// Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов: Тезисы докладов V Международной конференции, г. Тюмень, 1-3 октября 2014г./под ред. А.В. Соромотина, А.В. Толстикова. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2014. С. 149-151.

19. Ларина Н.С., Косяков Е.Ю., Устименко А.А., Шиндлер О.В., Колесник К.К. Комплексная оценка экологического состояния некоторых водоемов г. Тюмени// Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов: Тезисы докладов III Международной конференции, г. Тюмень, 11-13 сентября 2013 г./под ред. А.В. Соромотина, А.В. Толстикова. Тюмень: Издательство ТюмГУ, 2013. С.96-98.

20. Ларина Н.С., Устименко А.А. Химико-экологический мониторинг городских озер на примере озера Алебашево// Естественнонаучные основы теории и методов защиты окружающей среды: Тезисы докладов III Всероссийской молодежной научной конференции, г. Санкт-Петербург, 23–24 апреля 2014 г.

21. Левківський С.С. Рациональне використання і охорона водних ресурсів: Підручник. – К.: Либідь, 2006. – 280 с.

22. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 270 с.

23. Львович А.И. Защита вод от загрязнения. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 168 с.

24. Мелехина Л.А. Оценка уровня загрязнения донных отложений р.Гуслица/Л.А. Мелехина, М.В. Подшивалова// СибАК: тез. докл. заоч. науч.-практич. конф. – Новосибирск, 2012. – С. 61-64.

25. Моисеенко Т.И., Кудрявцева Л.П., Гашкина Н.А. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: Технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология. – М.: Наука, 2006. – 261 с.

26. Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: контроль и оценка влияния. – М.: Мир, 1987. – 288 с.

27. Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: контроль и оценка влияния. – М.: Мир, 1987. – 288 с.

28. Особенности накопления тяжелых металлов в воде, донных отложениях и биоте залива Черкалов сор оз. Байкал/ З.И. Хажеева, Н.М. Пронин, Л.Д. Раднаева и др.// Химия в интересах устойчивого развития. – 2005. - №13. – С. 95-102.

29. Отмахов В.И. Методика оценки экологической безопасности водного бассейна по загрязнению донных отложений/ В.И. Отмахов// Известия Томского политехнического университета. – 2003. - Т.306 - №6. - С. 39-41.

30. Положение об осуществлении государственного мониторинга водных объектов (утв. постановлением Правительства РФ от 10 апреля 2007 г. N 219)

31. Попов А.Н., Беззапонная О.В. Исследование трансформации соединений металлов в поверхностных водах // Водные ресурсы. – 2004. – Т. 31, № 1. – С. 46–50.

32. Постановление Правительства РФ от 10 апреля 2007 г. № 219"Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов" (с изменениями и дополнениями согласно постановлениям Правительства РФ: от 22.04.2009 г. № 351, от 17.10.2009 г. № 830, от 13.07.2011 г. № 572от 14.11.2011 г. № 933, от 05.06.2013 г. № 476, от 18.04.2014 г. № 360))

33. РД 52.24.403-95. Массовая концентрация кальция в водах. Методика выполнения измерений титриметрическим методом с трилоном б. – Ростов-на-Дону.: 2007.

34. РД 52.24.643-2002 Методические указания. “Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям”. – Росгидромет, 2002. – 7 с.

35. РД 52.24.387-2006. Массовая концентрация фосфора общего в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом. - Ростов-на-Дону.: 2006.

36. РД52.24.609-2013 Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов

37. Руденко Ф.А., Попов О.Є. Гідрогеологія. – К.: Вид-во Київського ун-ту, 1959. – 198с.

38. Савичев О.Г. Химический состав болотных вод на территории Томской области (Западная Сибирь) и их взаимодействие с минеральными и органоминеральными соединениями/ Томский политехнический университет// Известия Томского политехнического университета. 2009. Т. 314. № 1.- с.1-6.

39. Слесарев В.И. Химия: Основы химии живого: Учебник для вузов. – 3-е изд., испр. – СПб: Химиздат, 2005. – 784 с.

40. Сосуществующие формы тяжелых металлов в поверхностных водах Украины и роль органических веществ в их миграции/ П.Н. Линник, Т.А. Васильчук, Р.П. Линник и др.// Методы и объекты химического анализа. - 2007. - Т. 2. - № 2. - С. 130–145.

41. Статьи 94-96 Водного кодекса РФ.

42. Тихонова И.О. Экологический мониторинг водных объектов/ И.О. Тихонова, Н.Е. Кручинина, А.В. Десятков. – М.: Инфра-М, 2012. – 152 с.

43. Федеральный закон “Об охране окружающей среды” от 10.01.2002 №7-ФЗ.

44. Чекренев С.А. Исследование донных отложений поверхностных водоемов и обезвреживание их от тяжелых металлов: дис. ... канд. хим. наук/ С.А. Чекренев; СПб.гос. ун.-т технологии и дизайна. – Санкт-Петербург, 2009. – 177 с.

45. Чернова Н.М. Общая экология: ученик для студентов педагогических вузов. – М.: Дрофа, 2004. – 416 с.

46. Шитиков В.К. Количественная гидроэкология. Методы. Критерии. Решения. В двух книгах. / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко. – М.: Наука, 2005.

47. Экологические проблемы промышленных городов: сб.тр.: ч.1/ под ред. Е.И. Тихомировой. – Саратов: СГТУ, 2011. - 348 с.

48. Analysis of Heavy Metals in Selected Particular Granulometric Fractions of Bottom Sediments/Małgorzata Wojtkowska//Rocznik Ochrona Środowiska 18(1506-218X): 2016-P. 667–680.

49. Förstner U., Wittman G.T.V. Metal pollution in the aquatic environment, 2nd edn. – Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1983. – 486 p.

50. Heavy metal concentrations and speciation in riverine sediments and the risks posed in three urban belts in the Haihe Basin/Chao Zhang, Baoqing Shan//Ecotoxicology and Environmental Safety 139: 2017 P. 263-271.

51. Kozlova Vera V., Necrasova E.V., Ustimenko A.A. Seasonal geochemical monitoring of urban areas// Материалы I междунар. научной конф. «Science of the Future», секция «Науки о Земле». Санкт-Петербург, 17-20 сентября 2014г./G:\SEASONAL GG:_site\reports_youth\ Kozlova_Vera_V..html

52. Metal Fractionation in Sediments of the Sergipe River, Northeast, Brazil/ E. de A. Passos, Jose do P. H. Alves, C. A. B. Garciaa et al.// Journal of The Brazilian Chemical Society. – 2011. – Vol. 22. - №5. – P. 828- 835.

53. Modernizing Water Quality Criteria in the United States: A Need to Expand the Definition of Acceptable Data/David B Buchwalter, William H. Clements// Environmental Toxicology and Chemistry 36(2): 2017 P.-285-291

54. Salomons W., Förstner U. Metals in the hydrocycle. – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1984. – 352 p.

55. Salomons W., Förstner U. Metals in the hydrocycle. – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1984. – 352 p.

56. The evaluation of the water chemistry and quality for the lakes from the south of the hilly plain of Jijia (Bahlui drainage basin)/ I. Minea // Lakes, reservoirs and ponds, vol. 4(2): 131-144, 2010-P.1-14.

57. The mineralisation degree and chemical composition of the lakes in the Transylvanian plain/ v. Sorocovschi // Lakes, reservoirs and ponds, vol. 3(1): 13-24, 2009- P.1-12.

58. The physical and chemical characteristics of the lake wetlands in the central group of the East Carpathian mountains/ G. Romanescu // Lakes, reservoirs and ponds, vol. 3(1): 25-39, 2009- P. 1-15.

59. Theis T.L., Singer P.C. The stabilization of ferrous iron by organic compounds in natural waters // Trace metals and metal-organic interactions in natural waters / P.C. Singer, ed. – Michigan: Ann Arbor. Sci., 1973. – P. 303–320.

60. Town R.M., Filella M.A. comprehensive systematic compilation of complexation parameters reported for trace metals in natural waters // Aquat. Sci. – 2000. – Vol. 62. – P. 252–295.

61. Water quality and ecology of the Iezer and Boltaș lakes/ m. Mîndrescu, I. Alexandru Cristea, G. Florescu // Lakes, reservoirs and ponds, vol. 4(2): 119- 130, 2010- P.1-12.

62. Water quality and ecology of the Iezer and Boltaș lakes/ m. Mîndrescu, I. Alexandru Cristea, G. Florescu // Lakes, reservoirs and ponds, vol. 4(2): 119-130, 2010- P.1-12.

63. <http://ecologiya.myblog.by/2008/06/24/monitoring-vodnyx-resursov>

64. <http://geographyofrussia.com/sposobnost-poverxnostnyx-vod-k-samoochishheniyu>

65. <http://gis.krasn.ru/blog/content/monitoring-vodnykh-resursov>

66. <http://www.protown.ru/information/hide/2824.html>

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Значение частного оценочного балла S_1

(РД 52.24.643-2002 Методические указания)

Повторяемость, %	Характеристика загрязненности воды	Частный оценочный балл S_1	Доля частного оценочного балла, приходящаяся на 1% повторяемости
[1; 10)	Единичная	[1; 2)	0,11
[10; 30)	Неустойчивая	[2; 3)	0,05
[30; 50)	Характерная	[3; 4)	0,05
[50; 100)	Характерная	4	-

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Значение частного оценочного балла S_2

(РД 52.24.643-2002 Методические указания)

Кратность превышения ПДК	Характеристика уровня загрязненности воды	Частный оценочный балл, S_2	Доля частного оценочного балла, приходящаяся на 1 % кратности превышения ПДК
[1; 2)	Низкий	[1; 2)	1
[2; 10)	Средний	[2; 3)	0,125
[10; 50)	Высокий	[3; 4)	0,025
[50; ∞)	Экстремально высокий	4	0,025

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Классификация качества воды в зависимости от значения КИЗВ
(РД 52.24.643-2002 Методические указания)

Класс, разряд	Характеристика состояния загрязненности воды	УКИЗВ					
		Без учета числа КПЗ	Число КПЗ				
			1	2	3	4	5
1	Условно чистая	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
2	Слабо загрязненная	(1; 2]	(0,9;1,8]	(0,8;1,6]	(0,7;1,4]	(0,6;1,2]	(0,5;1,0]
3	Загрязненная	(2; 4]	(1,8;3,6]	(1,6;3,2]	(1,4;2,8]	(1,2;2,4]	(1,0;2,0]
разряд "а"	Загрязненная	(2; 3]	(1,8;2,7]	(1,6;2,4]	(1,4;2,1]	(1,2;1,8]	(1,0;1,5]
разряд "б"	Очень загрязненная	(3; 4]	(2,7;3,6]	(2,4;3,2]	(2,1;2,8]	(1,8;2,4]	(1,5;2,0]
4	Грязная	(4; 11]	(3,6;9,9]	(3,2;8,8]	(2,8;7,7]	(2,4;6,6]	(2,0;5,5]
разряд "а"	Грязная	(4; 6]	(3,6;5,4]	(3,2;4,8]	(2,8;4,2]	(2,4;3,6]	(2,0;3,0]
разряд "б"	Грязная	(6; 8]	(5,4;7,2]	(4,8;6,4]	(4,2;5,6]	(3,6;4,8]	(3,0;4,0]
разряд "в"	Очень грязная	(8; 10]	(7,2;9,0]	(6,4;8,0]	(5,6;7,0]	(4,8;6,0]	(4,0;5,0]
разряд "г"	Очень грязная	(10;11]	(9,0;9,9]	(8,0;8,8]	(7,0;7,7]	(6,0;6,6]	(5,0;5,5]
5	Экстремально грязная	(11; ∞]	(9,9; ∞]	(8,8; ∞]	(7,7; ∞]	(6,6; ∞]	(5,5; ∞]