



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГУМАНИТАРНО-
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)
ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
КАФЕДРА ГЕОГРАФИИ И МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ГЕОГРАФИИ

Поровые воды донных отложений как индикатор загрязнения озера

Выпускная квалификационная работа по направлению

05.03.06 «Экология и природопользование»

Направленность программы бакалавриата

«Природопользование»

Форма обучения очная

Проверка на объем
заимствований:
97 % авторского текста

Студентка группы ОФ-401/058-4-1
Идрисова Юлия Гизатовна

Работа рекомендована к защите
рекомендована/не рекомендована
«08» 06 2020 г.
зав. кафедрой Ги М.О.Т.
(название кафедры)

Научный руководитель:
канд. геогр. наук, доцент
Дерягин Владимир Владиславович

ФИО Малыш А.В.
Выполнила:

Челябинск
2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ВЛИЯНИЕ ПОРОВЫХ ВОД ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА СОСТОЯНИЕ ВОДОЁМА	6
1.1. История исследования озерных отложений.....	6
1.2. Формирование донных отложений	8
1.3. Влияние донных отложений на формирование химического состава водной среды	11
1.4. Влияние поровых вод донных отложений на качество воды.....	12
Выводы по первой главе.....	13
ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА И МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	15
3.1. Характеристика Аргазинского водохранилища	15
3.2. История создания водохранилища Аргазинского	16
3.2. Источники загрязнения	17
3.4. Лабораторные исследования.....	19
3.3. Отбор проб.....	19
3.5. Метод оценки качества водоема при помощи относительного показателя загрязнения воды.....	22
Выводы по второй главе.....	23
ГЛАВА 3. ИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЁМА.....	24
3.1. Анализ химического и поэлементного анализа поровых вод донных отложений и придонных вод Аргазинского водохранилища.....	24
3.2. Изучение превышений предельно допустимых концентраций для придонных вод и поровых вод донных отложений Аргазинского водохранилища.....	28

3.3. Оценка качества водоёма при помощи относительного показателя загрязнения воды.....	33
Выводы по третьей главе	36
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	38
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	42
Ошибка! Закладка не определена.	
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	42
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	43
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	44
ПРИЛОЖЕНИЕ 4	45
ПРИЛОЖЕНИЕ 5	46
ПРИЛОЖЕНИЕ 6	47

ВВЕДЕНИЕ

Постоянное поступление тяжёлых металлов на акваторию озёр создаёт большую нагрузку на водный объект и его донные отложения, а также уменьшает его способность к самоочищению водной массы. Чтобы контролировать загрязнения водоёмов, надо проводить изучение поровых вод донных отложений. Данные поровые воды являются наилучшими показателями загрязнения, благодаря своей способности к аккумуляции различных веществ.

На данный момент в Челябинской области индикацию загрязнения озёр по поровым водам донных отложений не проводят, поэтому данная тема актуальна.

Проблема работы заключается в том, что для полного представления о загрязнении водоёма, кроме основных показателей его состояния, так же важно изучение поровых вод донных отложений.

Цель данной работы дать оценку поровым водам как индикатору загрязнения озера.

Для достижения поставленной цели было необходимо решить следующие задачи:

1. Изучение и анализ литературных источников;
2. Поиск методов для реализации исследования;
3. Расчёт показателей превышения предельно-допустимых концентраций (ПДК);
4. Расчет относительного показателя загрязнения воды;
5. Анализ полученных в результате исследования данных.

Объектом исследования являются поровые воды донных отложений Аргазинского водохранилища.

Предметом исследования являются свойства поровых вод донных отложений, как индикатора загрязнения озера.

Научная новизна данной работы заключается в том, что оценку состояния водоёма по поровым водам донных отложений на территории Челябинской области не проводили.

ГЛАВА 1. ВЛИЯНИЕ ПОРОВЫХ ВОД ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА СОСТОЯНИЕ ВОДОЁМА

1.1. История исследования озерных отложений

Изучать донные отложения озер начали с середины XIX века. При этом в течение всего периода исследований изменялись цели и задачи, методика полевых и лабораторных работ, приборная база. Поэтому весь период исследований разбит на отдельные этапы. Всего Д.А. Субетто выделено шесть этапов истории исследований донных отложений озер.

Первый этап исследований охватывает период до начала XX века. Исследования проводили эпизодически, а изучению подвергались отдельные поверхностные пробы озерных осадков. В этот период появились первые сведения о динамике уровня воды в озерах и их размеров. В этот период отлагались огромные толщи позднеледниковых озерных глин, свидетельствующих о чрезвычайно продолжительном озерном периоде [7].

Второй этап исследований донных отложений включает 1900-1920 годы, который характеризуется началом исследований стратиграфии и строения донных отложений озер и болот. В.Н. Сукачев (1906) впервые отметил, что торф зачастую подстилается сапропелем, под которым местами встречаются торфяные прослойки. Подробные исследования донных отложений многочисленных озер Европейской части России были проведены К.К. Гильзенем (1911), который уделял большое внимание химическому и минералогическому составу осадков. Исследования процессов формирования сапропеля в озерах выполнил в 20-х годах В.Н. Таганцев (1920) [7].

Третий, предвоенный, этап (1919-1940) характеризуется образованием Сапропелевого комитета Академии наук СССР, перед которым стояла задача использования сапропелевых отложений как топлива, источника производства различных химических продуктов, для

нужд сельского хозяйства в виде удобрений и кормовой добавки. Иностранные исследователи указывали в своих работах, что в позднеледниковое время большинства озер ещё не существовало, а имели место сухие котловины, в которых в пребореальное время развивались болота, и только в бореальное время возникали озера [7].

Четвертый этап был связан с годами Великой Отечественной войны, когда в основном акцент в исследованиях был сделан на их прикладной характер. В течение двух полевых сезонов в 1942 и 1943 годах В.Н. Сукачевым и Г.И. Поплавской было исследовано свыше 100 озер. Ими было установлено, что в большинстве озер Урала в основании разреза на минеральных отложениях залегает прослойка торфа, которую перекрывают карбонатные отложения, замещающиеся выше сапропелями [7].

Пятый этап - это 1950-1980-е годы, когда исследования донных отложений озер в послевоенное время получили большой размах в нашей стране и за рубежом. В этот период получила свое развитие общая теория литогенеза, разработанная Н.М. Страховым (1960). Им были выделены ледовый, гумидный и аридный типы литогенеза, имеющие зональный характер распространения и обусловленные климатическим фактором, и вулканогенный, являющийся аazonальным типом осадконакопления [7].

Важный вклад в изучение донных отложений озер и их истории внес Л.Л. Россолимо. Он разработал теорию осадконакопления озер, рассматривающую в единстве терригенное, органическое и хемогенное накопление вещества, и на этой основе выполнена типизация озер и их районирование. В общей сложности за этот период изучены донные отложения свыше 100 озер, расположенных в разных природно-климатических зонах [7].

Шестой этап охватывает последние два десятилетия XX века и начало XXI века и характеризуется бурным ростом исследований озер и их отложений на всей нашей планете. Интерес к озерам обусловлен не только

как к источнику пресной воды, роль которой возрастает со временем, но и как к источнику сведений о прошлом, об изменениях палеогеографических обстановок и палеоклимата, чтобы на основе полученных данных и разрабатываемых математических моделей осуществлять прогнозы изменений климата в будущем [7].

В 90-е годы ведутся активные исследования донных отложений в рамках многочисленных международных проектов на территории России, особенно в Арктической зоне. На Западе проводятся комплексные палеогеографические исследования. Данные работы были направлены на исследование изменений природно-климатических условий на Земле в четвертичное время, которые характеризовались резкими, с высокой амплитудой изменениями климата, появлением и исчезновением крупных центров оледенения в Северном полушарии [7].

1.2. Формирование донных отложений

В озерах, которые расположены на Урале, донные отложения чаще всего представлены сапропелем. Это особое образование, которое формируется на дне водоемов в течение всего его существования, иногда на протяжении многих тысячелетий. Основными составными частями сапропелей, являются органическое вещество и карбонат кальция, в меньшем количестве в сапропелях содержатся глины и кварц.

Отложения сапропеля формируются в результате различных природных процессов, которые происходят в водной среде с участием микроорганизмов. Огромную роль в образовании сапропелей играют растения, а также водоросли, которые обуславливают в летнее время "цветение" воды, и многочисленные представители зоопланктона. Отмирающие организмы фитопланктона и зоопланктона осаждаются на дно, частично разлагаясь в воде. Совместно с отмирающими водными растениями они образуют верхний слой донных отложений – илообразующий слой. В этом слое развивают активную деятельность

личинки насекомых, черви, моллюски и другие живые организмы, для которых он служит и субстратом и пищей. Большую роль в преобразовании органического вещества играют микроорганизмы - аэробные и анаэробные бактерии. Определенный вклад вносят и гумусовые вещества, которые сносятся в озера водами. В результате чего образуется однородный продукт – сапрпель.

По общему химическому составу сапрпели подразделяются на два основных типа:

1) кремнеземистые, которые часто отличаются темно-оливковым цветом, зола которых содержит более 50% SiO_2 ;

2) известковистые, зола которых содержит более 50% CaO , имеют светлую окраску - сероватую, желтоватую или розовую. Их минеральный скелет состоит в основном из карбоната кальция.

Очень часто встречаются сапрпели смешанного типа, содержащие в золе менее 50% SiO_2 и 50% CaO . Кроме того, могут встретиться низкзолные сапрпели с содержанием золы менее 10%, которые очень богаты органикой (до 90%). Вообще пресноводные сапрпели характеризуются большим содержанием органических веществ.

Мощность сапрпеля может составлять 3-5 м, иногда доходить до 9-10 м. Чаще всего наблюдается стратификация сапрпеля на несколько слоев разного цвета. В низкзолных сапрпелях, которые обладают большим запасом органических веществ, стратификация выражена не так ярко, их залежи более однородны по всей глубине.

Часто в донных отложениях озер имеются слои торфа, которые имеют разную степень разложения. Его наличие говорит о том, что в какой-то период озеро было в стадии заболачивания. В озерах, расположенных среди гор Среднего Урала, нижний слой донных отложений чаще всего представлен торфом или торфянистым сапрпелем. Данные слои торфа академик В.Н.Сукачев относил к начальному периоду

жизни озера, совпадавшему с тундровыми условиями раннего послеледникового времени [8].

Высокое содержание довольно гидрофильных органических коллоидов в сапропелях обуславливает их большую влагоемкость. Известковистые сапропели, которые лежат ниже, содержат меньше органических веществ и лишь 75-80% воды. Данную воду (иловый раствор) следует рассматривать как составную часть сапропеля. Обычно концентрация солей в иловом растворе больше, чем в воде озера. С увеличением глубины залегания слоя сапропеля концентрация илового раствора возрастает. Иногда наблюдаются аномальные случаи резкого увеличения концентрации иловых растворов и несколько содержащихся в них ионов.

Сапропели способны адсорбировать значительное количество микроэлементов. Присутствие в их составе карбонатов кальция или магния придает дополнительную способность к хемосорбции различных металлов и некоторых органических веществ.

В иловых растворах пресноводных сапропелей концентрация солей выше, чем в воде озера, при этом в заметных количествах появляются сульфаты, поэтому в сапропелях при благоприятных температурных условиях в ограниченных масштабах может проявляться микробиологическая сульфатредукция, которая сопровождается образованием сероводорода и сульфидов железа. К этому же приводят и процессы гниения органических веществ. Однако содержание FeS и H₂S в сапропелях, как правило, очень низкое.

Большое значение для осадконакопления имеет степень расчлененности рельефа по водосбору бассейна в целом. Активному склоновому смыву почвенного покрова способствует степная и лесостепная зона. На этот процесс активно влияет деятельность человека: распахивание склонов и т.д.

1.3. Влияние донных отложений на формирование химического состава водной среды

В формировании химического состава водной среды важную роль играют оседающие взвешенные частицы и донные отложения. В донных отложениях создается определённая среда, свойства которой зависят от расстояния до границы раздела между водой и донными отложениями. В зависимости от мощности донных отложений в них могут формироваться как аэробные, так и анаэробные слои. Значение донных отложений для водных экосистем многофакторно.

Накапливая тяжелые металлы, некоторые минеральные и органические вещества, донные отложения способствуют самоочищению водной среды. Эта функция донных отложений находится в зависимости от гидрохимического режима на границе раздела фаз, от степени загрязнения, дисперсности взвешенных частиц и донных отложений, содержания оксидов железа (III) и марганца (IV).

Вместе с тем донные отложения могут при определенных условиях быть источником вторичного загрязнения водоемов.

Кроме того, в донных отложениях могут осуществляться процессы превращения загрязняющих веществ под действием различных факторов.

Донные отложения служат для водной среды в основном источником биогенных элементов, ионов Mn^{2+} и частично ионов Fe^{3+} .

Процессы трансформации биогенных и загрязняющих веществ, а также обмен с водной средой совершаются в активном слое ила, толщина которого изменяется в зависимости от свойств донных отложений от 5 до 20 см [9].

С ростом трофности водоема потоки вещества в системе «вода – донные отложения» возрастают: чем больше первичная продукция органического вещества, тем больше его оседает, минерализуется и возвращается в воду.

В зависимости от величины знака редокс-потенциала в донных отложениях происходит окисление или восстановление загрязняющих органических и неорганических веществ [9].

Важную роль во внутриводоемном круговороте окислительно-восстановительных эквивалентов играют ионы марганца. Окислы марганца (III,IV) не растворимы в воде и находятся в виде легко коагулирующих коллоидов. Поступая в донные отложения с оседающими частицами, и анаэробных условиях оксид марганца восстанавливается до Mn^{2+} , который в донных отложениях не удерживается и поступает в толщу воды, где заново окисляется. Оседая, оксиды марганца весьма эффективно захватывают другие металлы (Cu^{2+} , Zn^{2+} и др) [8].

Аналогичный круговорот, но менее эффективно, совершают ионы железа.

Установлено, что в окислении Mn^{2+} наряду с O^2 большую роль играют бактерии.

В результате радиационного загрязнения водоемов в них инициируется массовое развитие цепных свободнорадикальных процессов, что приводит к возникновению сверхокислительного состояния водной среды и донных отложений и является губительным для жизнедеятельности ряда рыб и других водных живых организмов[9].

1.4. Влияние поровых вод донных отложений на качество воды

Поровые воды донных отложений значительно влияют на качество воды. Гидродинамические процессы, которые протекают в водоёме, обладают большой силой для переработки минеральных и органических веществ, которые поступают из разных источников. В результате чего на дне формируются площади отложений различного типа, отличающиеся по дисперсности слагающих частиц, но и по составу. В сформированных донных отложениях начинают проявляться сложные взаимодействия. Подвижность придонных слоев воды способствует поднятию химических

элементов и соединений с поверхности дна водоёма. Этому способствует не только взмучивание от ветра и волн, которое иногда проникает на большую глубину, но и активное осадконакопление, в том числе илонакопление, которое приводит к увеличению плотности нижних слоёв ила, что впоследствии приводит к высвобождению поровых вод и их взаимодействию с придонными слоями. Так, например, при мощности слоя более 30 см нижний слой равный, примерно, 5 сантиметрам теряет почти половину поровых вод.

Сложность состава донных отложений, разнообразие в них химических веществ играют важную роль в формировании режима водоемов. Данная роль может быть как положительной, так и отрицательной. В первом случае, обладая свойствами так называемой «губки», донные отложения могут способствовать изъятию веществ из воды и способствовать улучшению её качества. Во втором же случае, являясь складом больших запасов различных химических соединений, они могут в определенных условиях доставлять их в толщу воды, превращаясь тем самым в источник вторичного загрязнения. Концентрация различных химических элементов в поровых водах может быть в десятки раз больше, чем в придонной воде. Сильное увеличение концентрации происходит в верхнем 2,5-сантиметровом слое осадков. Данная особенность создает значительный градиент концентраций на границу раздела донные отложения - вода, что способствует миграции биоэлементов из отложений в воду [2]. Поэтому при изучении водоема с позиций оценки состояния воды большое внимание надо обратить на донные осадки, а точнее на процессы, которые протекают в системе вода - донные отложения.

Выводы по первой главе

Исследования донных отложений озёр характеризуется несколькими этапами, начиная с середины XIX века и до современного времени. С развитием человечества совершенствовались и открывались новые методы

изучения озер. При исследовании озер обращали внимание на донные отложения, на факторы и условия формирования данных водоёмов.

Донные отложения водоёмов формируются при взаимодействии различных природных процессов, протекающих в воде. В озёрах, расположенных на Урале, донные отложения в большинстве случаев представлены сапропелем, мощность которого может достигать до 10 метров.

Донные отложения, а точнее их поровые воды, существенно влияют на состояние воды водоема. С одной стороны, являясь сорбентом, донные отложения могут способствовать самоочищению водоёма. С другой стороны, являясь накопителем различных химических соединений, они могут являться источником вторичного загрязнения.

При определенных условиях биогенные элементы и органические вещества переходят из донных отложений в поровые воды, а затем в придонный слой воды и, служат источником вторичного загрязнения водоемов.

Самой большой концентрацией различных химических веществ обладает верхний 2,5-сантиметровый слой донных осадков, что создаёт значительный градиент концентраций на такой границе, как донные отложения – вода, способствуя тем самым миграции веществ из донных отложений в воду.

ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА И МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Характеристика Аргазинского водохранилища

Аргазинское водохранилище расположено на р. Миасс в Челябинской области. Водоохранилище образовано в 1946 г. плотиной Аргазинской ГЭС высотой 15 м, длиной 1500 м. Площадь водного зеркала 113,5 км², объем – 966,1 млн. м³, длина – 17,5 км, максимальная ширина – 8,1 км, средняя глубина – 8,5 м, максимальная – 15 м. Длина береговой линии – 108 км. Северную часть водохранилища отделяет система островов, ориентированная в северо-восточном направлении. Аргазинское – крупнейшее водохранилище Челябинской области по полному и полезному объему [11].

В Аргазинское водохранилище впадают реки Аткус и Миасс. На территории водосбора Аргазинского водохранилища располагаются такие города, как Миасс и Карабаш. Город Карабаш – один из крупнейших медеплавильных центров России, известен своей сложной экологической ситуацией. Стоки с Карабашского медеплавильного завода и более ранних объектов добычи и обогащения колчеданных руд поступают в р. Сак-Элга – приток р. Миасс, с водами которого в водохранилище постоянно поступают Cu и Zn. Концентрация Cu в верховьях водохранилища может достигать 110 ПДК для рыбохозяйственных водоемов, в среднем по акватории 7–15 ПДК; Zn – до 35 ПДК, в среднем по акватории – 3 ПДК. [10].

В настоящее время водохранилище входит в Челябинскую водохозяйственную систему, обеспечивая водоснабжение г. Челябинска и Челябинского промышленного района с населением более 1,5 млн. чел [6].

Растительность в окрестностях водохранилища представлена березовыми лесами с примесью ели, сосны. Вдоль берегов встречаются заросли ивы, разнообразие травянистых растений.

На водной поверхности, как и на берегу водохранилища протекает жизнь большого количества живых организмов, включая микроорганизмы, птиц, животных и людей.

Вследствие чего, данное водохранилище потенциально подвержено биогенной и техногенной нагрузке.

3.2. История создания водохранилища Аргазинского

Первая плотина была построена на р. Миасс в этой местности для мельницы Прохорова в 1853 г. [5].

В 1927 г. в 3 км ниже первой Аргазинской плотины возвели новую, длина которой была 495 м, а высота 7,5 м. Вследствие чего водохранилище разлилось к северу по долинам рек Миасс и Аткус, затопив на юге и западе торфяники и болота и образовав на востоке удлиненный приплотинный участок. Позже эта плотина стала основой для создания водохранилища [5].

В 1935–1936 гг. область пережила засуху, в это время Аргазинское водохранилище было сработано до уровня мёртвого объема. Водоснабжение Челябинска стали осуществлять из озёр Тургояк, Большое и Малое Миассово, из которых по аварийно построенным каналам в Миасс было спущено 37 млн м³ воды. В 1970-х гг. во время очередной засухи построили сбросной канал, соединяющий Аргазинское водохранилище с оз. Увильды, по которому было переброшено 234 млн м³ воды, в результате чего озеру был нанесён большой ущерб [5].

В 1976 г. Челябинск стал городом миллионником. Потребовалась реконструкция плотины и гидроузла, которая закончилась в 1982 г. Длина плотины увеличилась до 1500 м, а высота до 15 м. Водоохранилище достигло современных параметров [5].

В настоящее время водохранилище входит в Челябинскую водохозяйственную систему и обеспечивает промышленное и питьевое водоснабжение г. Челябинска и Челябинского промышленного района с

населением более 1,5 млн чел. В это же время водохранилище используется в противопаводковых целях, срезая пики весеннего половодья и дождевых паводков, а также в целях водоснабжения садовых товариществ, рыбозаводов, рекреации [5].

Аргазинская ГЭС на р. Миасс в с. Байрамгулово, построенная в 1939–1946 гг. в настоящее время не эксплуатируется. Планируется восстановление ГЭС при мощности 1,35 МВт [5].

3.2. Источники загрязнения

Выплавка черновой меди при помощи метода шахтной плавки была начата в 1908 г. Обогащительная фабрика, которая была введена в строй в 1945 г. до 1954 г. перерабатывала руды собственных месторождений с выпуском медного концентрата, а позже стала выпускать и цинковый концентрат с постепенным увеличением в объемах обогащения доли привозного сырья. До 1952 г. отходы обогащения, так называемые пиритные «хвосты», сбрасывались без каких-либо природоохранных мер в левый приток р. Сак-Элга, в результате чего в данном месте образовалась техногенная залежь площадью около 2,5 км² и мощностью от 0,2–0,3 до 2 м [1].

Основными источниками загрязнения являлись горнодобывающие (шахты), обогащительные и металлургические производства Карабашского медеплавильного комбината. Тяжелые металлы поступали с атмосферными выбросами этих производств, полужидкими и твердыми отходами, неочищенными и слабоочищенными стоками.

Тяжелые металлы накапливались за счет пыле-газо-дымовых выбросов металлургических производств, вентиляционных установок шахт, обогащительной фабрики, а также, в результате выноса пыли ветровыми потоками из отвалов твердых отходов и хвостохранилищ. Дальнейшая миграция химических элементов из продуктов выбросов и эрозии, после их осаждения на поверхность, происходит путем переноса в

виде растворов, коллоидов и взвесей поверхностными и приповерхностными водотоками. В конечном счете, все химические элементы поступают в главные объекты гидросети района – р. Миасс и Аргазинское водохранилище.

Общий объем твердых продуктов атмосферных выпадений только от металлургических производств за все время работы Карабашского медеплавильного комбината оценивается в 12 млн. т., что вполне сопоставимо с объемами добычи в г. Карабаш первичного минерального сырья (около 500 тыс. т в год).

Общая масса отходов, накопленная за все время деятельности комбината, составляет около 30 млн. т. Отходы делятся на три группы: отходы пирометаллургии (шлаки); слабо окисленные сульфидсодержащие «хвосты» обогащения колчеданных руд; небольшие объемы рудовмещающих пород (отвалы).

В 2007 году были проведены работы по определению антропогенной нагрузки на памятник природы Челябинской области водохранилище Аргазинского. В рамках данной работы было определено качество воды по индексу загрязнения вод (ИЗВ). Оно колеблется от 10,25 (чрезвычайно грязные воды) в верховье до 1,76 (умеренно-загрязненные воды) в низовье водохранилища. Рекреационная нагрузка исследовалась на четырех площадках в период конец июля – середина августа 2007 года [4].

По результатам работы было обследовано 81,5 км побережья Аргазинского водохранилища общей площадью 20,85 км². Значительно возросла рекреационная нагрузка на южное побережье Аргазинского водохранилища, что подтверждается состоянием околководных ландшафтов. Наблюдается превышение рекреационной нагрузки в 2-4 раза и до 5-8 раз в выходные дни [4].

3.4. Лабораторные исследования

Подготовку проб и лабораторные исследования проводили в лаборатории минералогии техногенеза и геоэкологии Института минералогии УрО РАН в г. Миассе стандартными методами работы с водными материалами [9]. Поровые воды из донных отложений отжимались гидравлическим прессом (рисунок 1) с усилием до 5 тонн.



Рисунок 1 – Гидравлический пресс

Основной ионный состав вод был определен при помощи общепринятых методик с использованием фотоколориметра КФК-2 и спектрофотометра Lambda 35.

Поэлементный анализ подготовленных водных растворов был выполнен методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на приборе Agilent 7700х. Аналитические работы провели с.н.с. К.А. Филиппова и инженеры Г.Ф. Лонцакова, Л.Г.

3.3. Отбор проб

Полевые работы по изучению водоёма проводились в конце июля 2016 г. Были отобраны пробы донных отложений, а так же пробы

придонных вод. Отбор проб проходил на Аргазинском водохранилище. Пробы отбирались отрядом из 9 человек под руководством Дерягина Владимира Владиславовича (рисунок 2).



Рисунок 2 – Участники научной экспедиции под руководством Дерягина В.В., 2016г.

Отбор проб осуществляли по точкам, которые расположены равномерно по всей площади акватории водохранилища (рисунок 3). При отборе проб использовали GPS навигатор, при помощи которого фиксировали координаты (приложение 1).

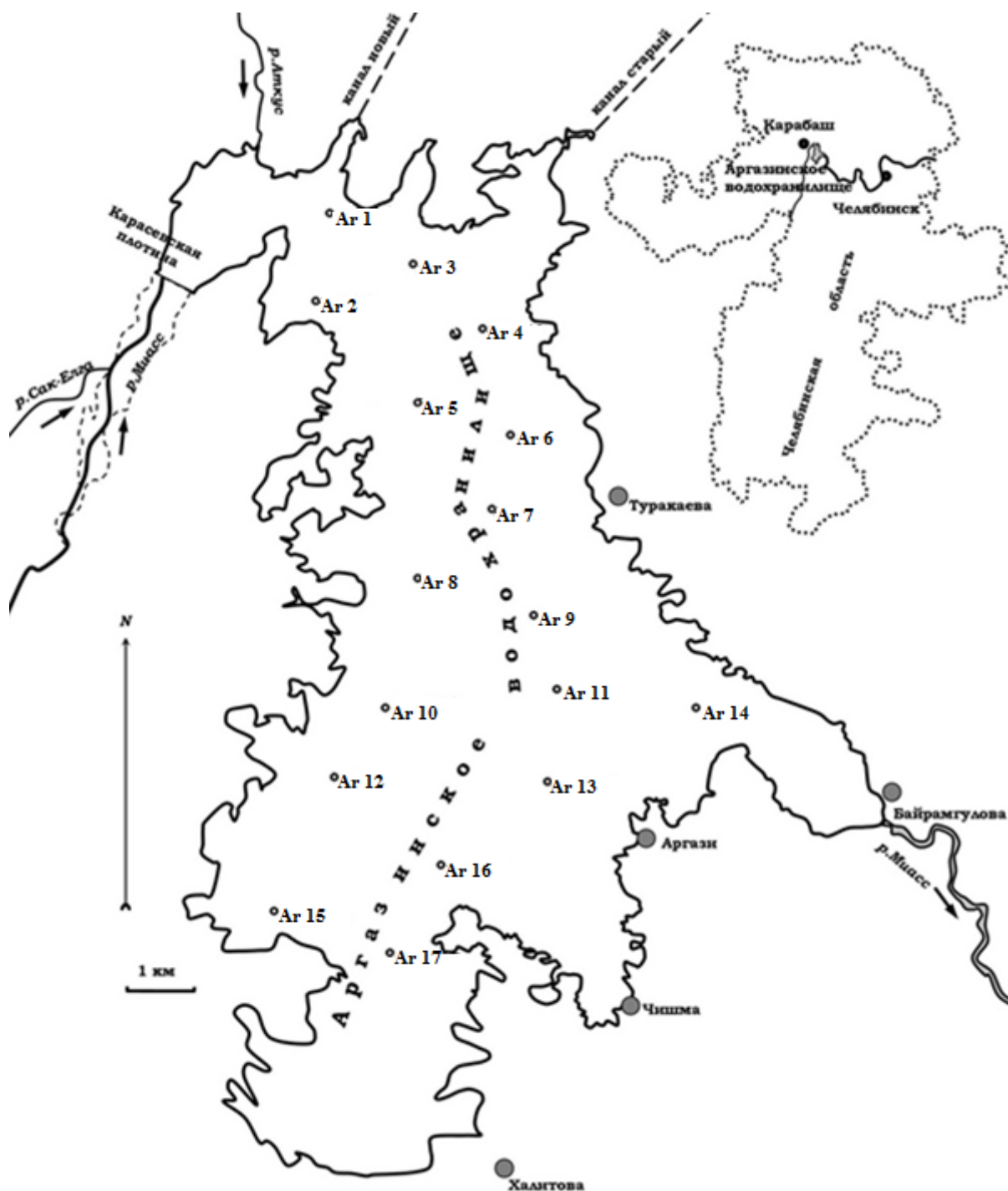


Рисунок 3 – Схема расположения точек отбора проб по акватории Аргазинского водохранилища

Для доступа к точкам отбора проб использовали лодки на вёслах.

Процесс отбора проб осуществлялся батометром Молчанова (схема устройства батометра, приложение 2). Батометр отпускали на дно водохранилища, получая тем самым два цилиндра, которые были заполнены донными отложениями и придонной водой. Придонная вода

была откачана гибким шлангом с расстояния 1 см от осадка в емкость из обоих цилиндров в равных количествах. В результате чего, объем пробы был равен 0,5 л (рисунок 4).



Рисунок 4 – Отбор проб придонных вод гибким шлангом

Донные отложения, мощностью 5 см, отбирали ложкой из обоих цилиндров и помещали в ёмкости, маркированные в соответствии с номером точки пробы. По внешнему виду, они напоминали консистенцию «сметаны» бурого цвета.

3.5. Метод оценки качества водоема при помощи относительного показателя загрязнения воды.

Относительный показатель загрязнения воды (ОПЗВ) рассчитывается на основе формулы индекса загрязнения воды (ИЗВ) (Приложение 3).

Данный показатель служит для определения значимости загрязнения в определённой точке водоёма, так же может быть использован для обобщенной информации о состоянии водного объекта.

Для расчёта данного показателя берётся 6 наибольших показателей ПДК, производится расчёт для каждой точки отбора.

В данной работе для расчёта по основному ионному составу были взяты: Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ . Для расчёта по содержанию микроэлементов: Mn, Fe, Cu, Zn, Ni, Mo.

После чего было произведено распределение точек отбора по значимости загрязнения.

Выводы по второй главе

Аргазинское водохранилище подвержено антропогенной нагрузке, так как долгое время находилось под воздействием медеплавильного производства г. Карабаша, а так же из-за того, что по береговой части данного водоёма распространены рекреационные объекты.

Изучение поровых вод донных отложений водохранилища Аргазинского было разделено на несколько этапов. Первым этапом в изучении стало определение направления исследования. Вторым этапом было изучение методического материала и отбор проб на Аргазинском водохранилище. Последующие этапы были связаны с исследованием полученного материала.

При изучении поровых вод донных отложений и их влияния на водоём были получены данные о их химическом составе, превышениях предельно допустимых концентраций, был определён относительный показатель загрязнения воды (ОПЗВ). В результате чего мы узнали о распределении и загрязнении определённой территории водохранилища.

ГЛАВА 3 ИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЁМА

3.1. Анализ химического и поэлементного анализа поровых вод донных отложений и придонных вод Аргазинского водохранилища

Отобранные пробы поровых вод донных отложений и придонных вод были использованы для проведения химического и поэлементного анализа, результаты которого приведены в приложениях 4 и 5. Химический и поэлементный анализ, в свою очередь, даёт наглядное представление о взаимодействии донных отложений с водами Аргазинского водохранилища.

Для поровых вод донных отложений и придонных вод характерна реакция среды от слабо-кислой до слабо-щелочной, рН данных вод находится в пределах от 5,80 до 7,58.

По графику основного ионного состава поровых вод донных отложений, представленном на рисунке 5, резко выделяются значения точки Ar 15, которая располагается на юго-востоке Аргазинского водохранилища. Показатели данной точки в 2-9 раз выше, чем во всех остальных точках. Так же в данных поровых водах наблюдаются высокие показатели по сульфат-аниону, скачки концентрации наблюдаются в точках Ar 3, 6, 9 и 15. По всем остальным показателям наблюдается равномерное распределение по всем точкам за исключением точки Ar 15.

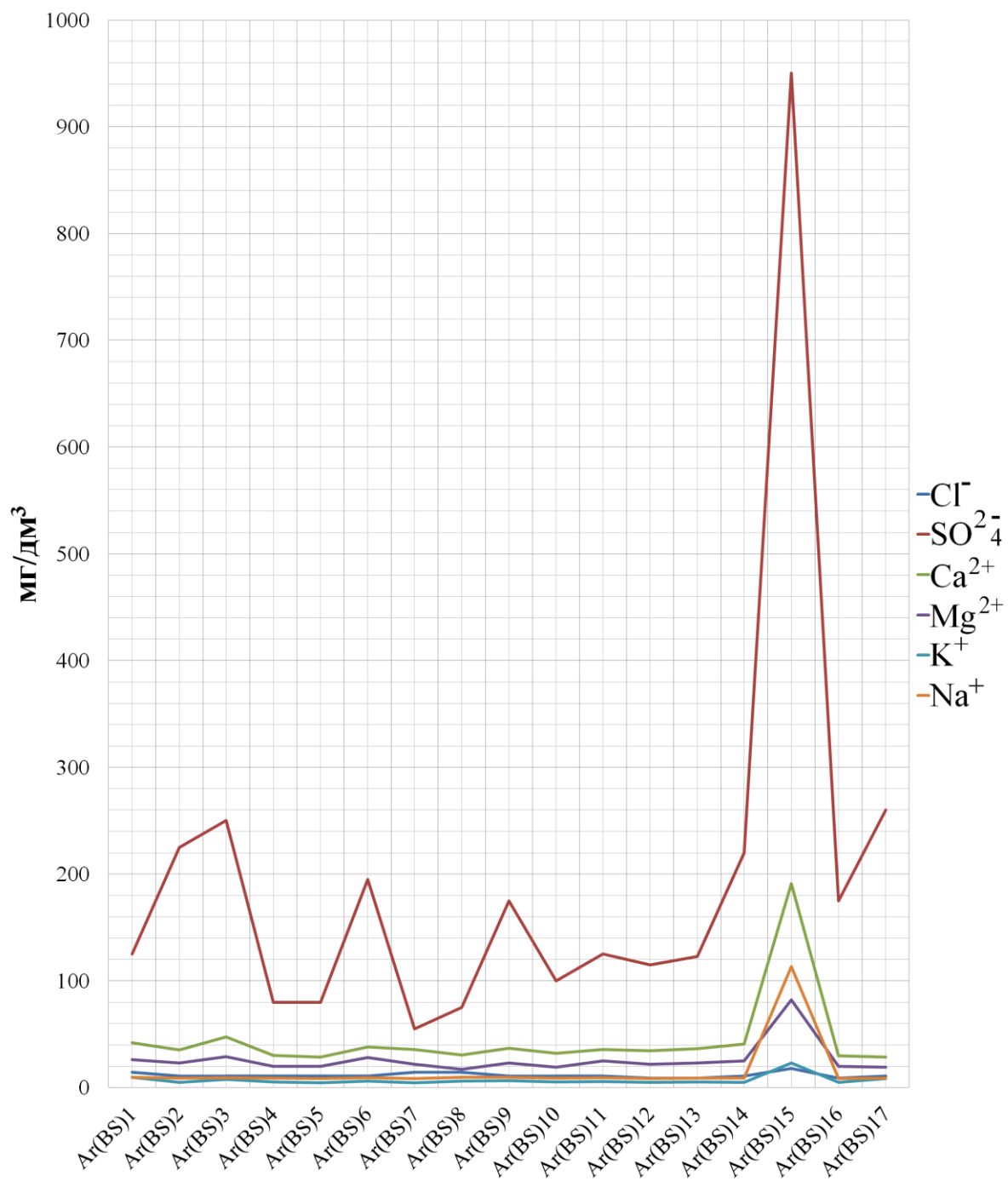


Рисунок 5 – Основной ионный состав поровых вод донных отложений Аргазинского водохранилища

На рисунке 6 представлен график по основному ионному составу придонных вод, так же, как и в случае с поровыми водами, наблюдаются высокие показатели по сульфат-аниону.

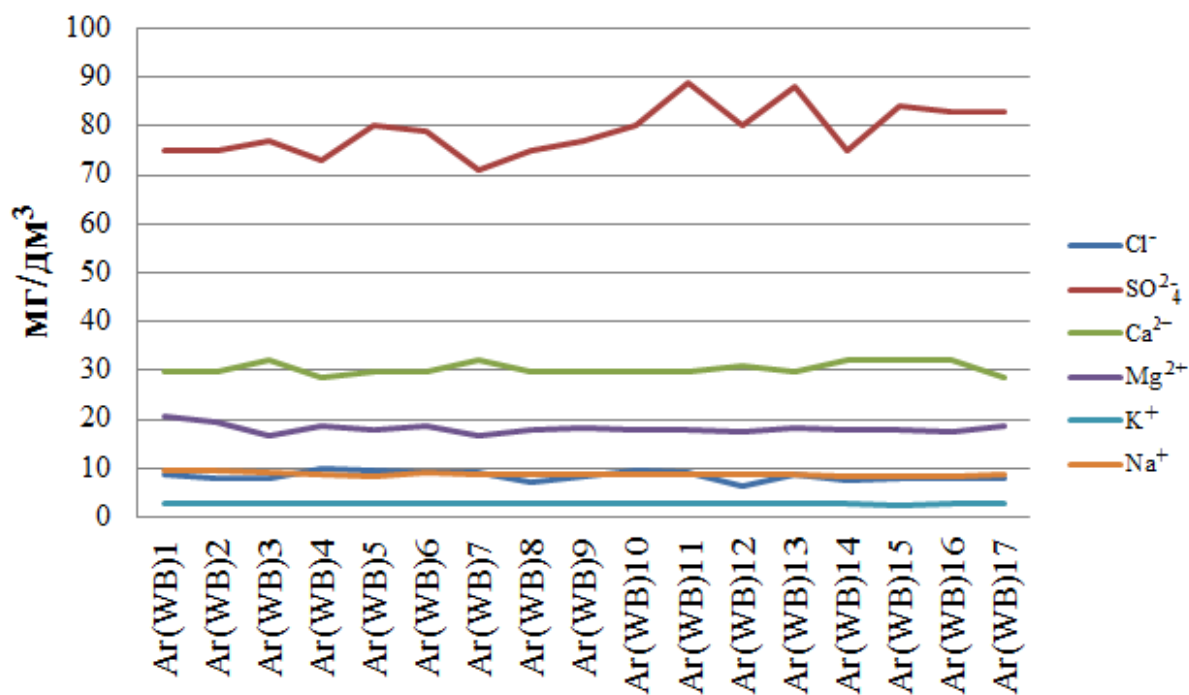


Рисунок 6 – Основной ионный состав придонных вод Аргазинского водохранилища

Если сравнить оба графика, то будет заметно, что концентрации ионов распределены в некой последовательности, например, самой низкой концентрацией в обоих случаях обладает катион калия, а самой высокой – сульфат-анион, в то время как анион хлора и катион натрия обладают почти одинаковой концентрацией. Так же заметно значительное преобладание сульфат-аниона в обоих случаях.

По графику содержания некоторых микроэлементов в поровых водах донных отложений, представленном на рисунке 7, стало известно, что в поровых водах наблюдается очень высокое содержание марганца, находящееся в пределах от 15,8 мкг/дм³ до 58545 мкг/дм³. Резко выделяются показатели точки Ar 15. В данной точке наблюдаются высокие показатели по марганцу, цинку и никелю. Самые низкие показатели по многим элементам наблюдаются в точке Ar 8.

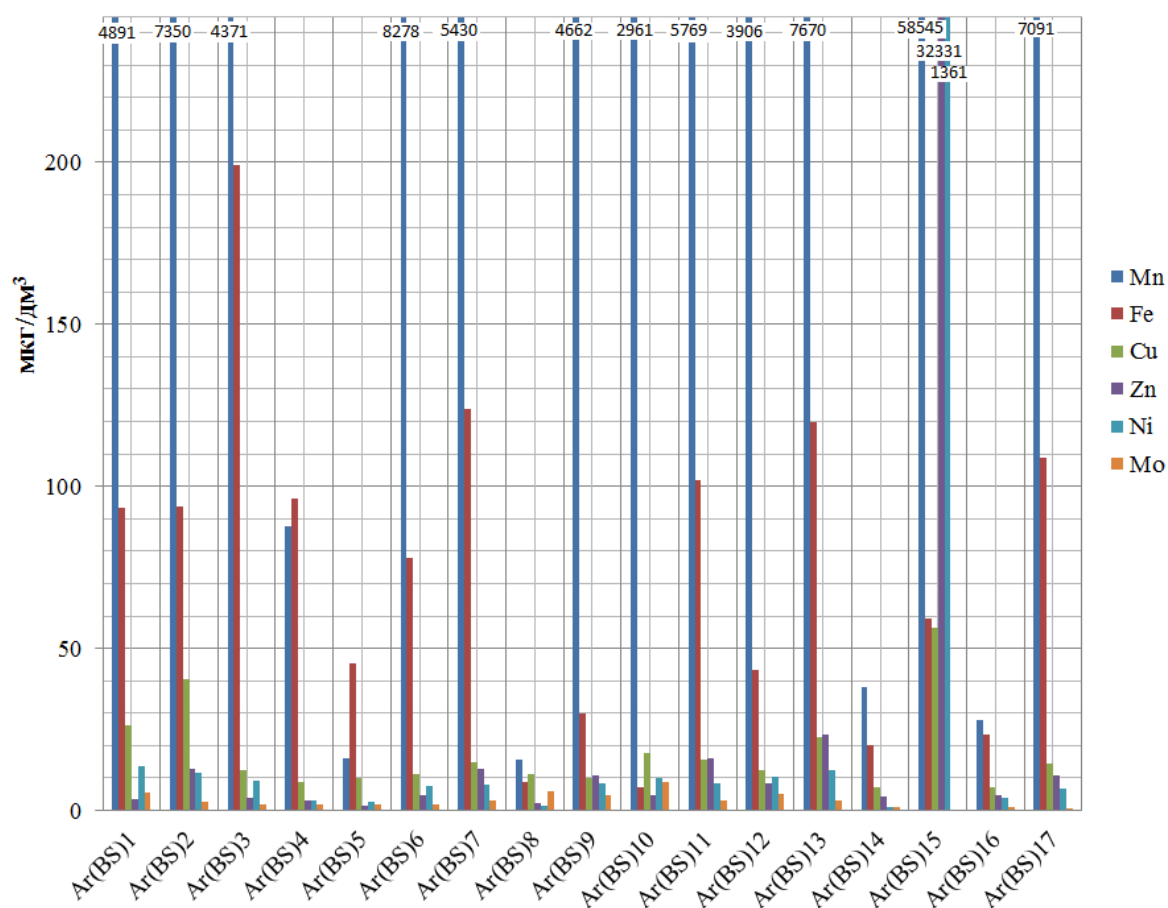


Рисунок 7 – Содержание некоторых микроэлементов в поровых водах донных отложений Аргазинского водохранилища

На рисунке 8 представлен график содержания некоторых микроэлементов в придонных водах. На данном графике видна зависимость, чем ближе точка находится к северу, тем концентрация элементов там выше. Самыми высокими концентрациями элементов обладает точка Ar 1. На графике так же видно, что самыми большими концентрациями обладает железо.

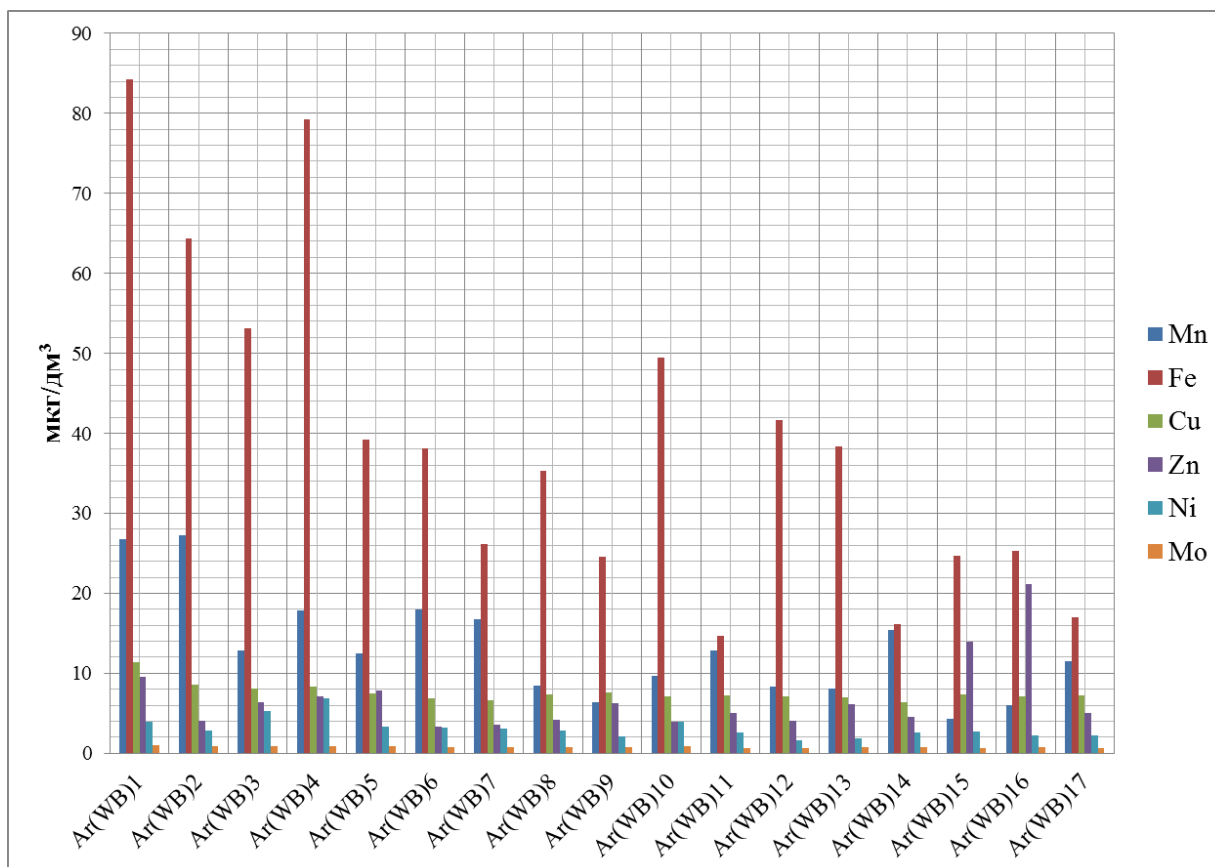


Рисунок 8 – Содержание некоторых микроэлементов в придонных водах Аргазинского водохранилища

Если сравнить данные графики, то мы увидим, что концентрация марганца в поровых водах в несколько тысяч раз больше, чем в придонных водах. Концентрация железа и остальных микроэлементов примерно в 1,5 раза меньше в придонных водах, за исключением точки отбора Ar 15.

3.2. Изучение превышений предельно допустимых концентраций для придонных вод и поровых вод донных отложений Аргазинского водохранилища

Концентрации микроэлементов и ионов в придонных водах и поровых водах донных отложений Аргазинского водохранилища были сравнены с предельно допустимой концентрацией (ПДК) для воды рыбохозяйственных водоёмов, так как при взмучивании илистых

отложений вещества, находящиеся в поровых водах, выходят непосредственно в воду.

Превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) рассчитывалось в соответствии с нормативами предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (приложение 6).

По основному ионному составу поровых вод донных отложений превышение предельно допустимой концентрации наблюдается по сульфат-аниону от 1,15 до 9,5 раз, в некоторых точках отбора, кроме Аг 4, 5, 7, 8, 10, так же по катиону магния и кальция в точке Аг 15, что наглядно показано на рисунке 9. Превышения по сульфат-аниону могут быть вызваны основным потоком воды в водохранилище, несущему так же и техногенные стоки. В большинстве загрязнителем поровых вод донных отложений является сульфат-анион.

По основному ионному составу придонных вод превышение предельно допустимой концентрации не наблюдается (рисунок 10).

Если сравнить оба графика то видна определённая стратификация в распространении ионов, где катион магния имеет наименьшие показатели, в то время, как сульфат-анион имеет самые большие.

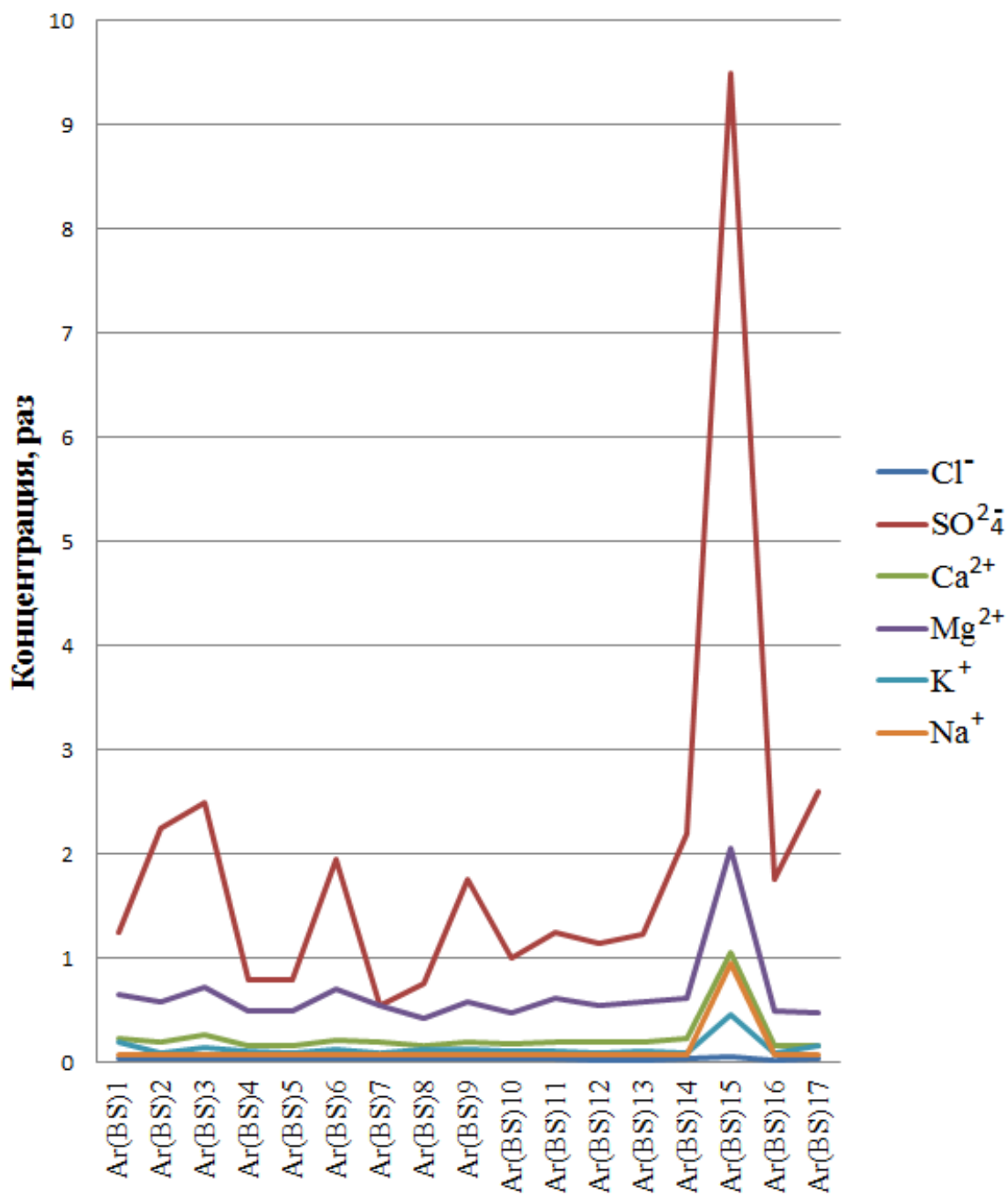


Рисунок 9 – Показатели превышения ПДК по основному ионному составу поровых вод донных отложений Аргазинского водохранилища

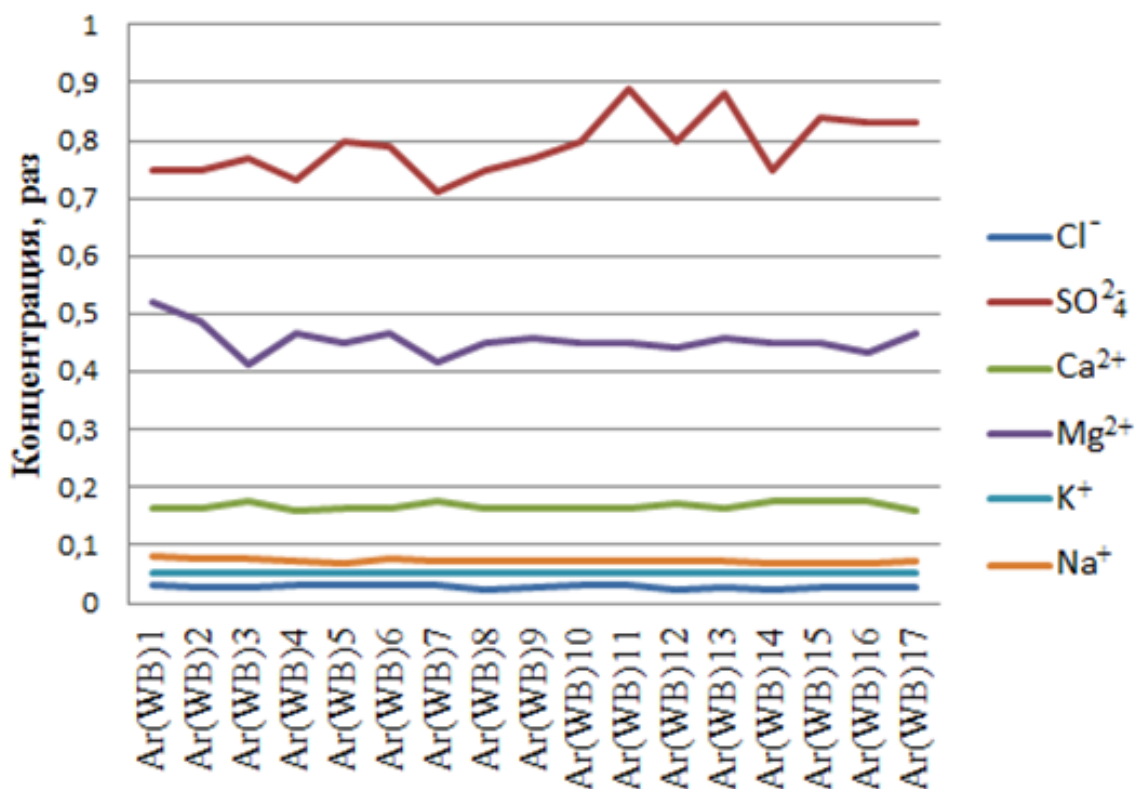


Рисунок 10 – Показатели превышения ПДК по основному ионному составу придонных вод Аргазинского водохранилища

По графику, указанному на рисунке 11, который показывает превышение предельно допустимой концентрации по содержанию некоторых микроэлементов в поровых водах, наблюдается очень большое превышение по марганцу от 1,5 до почти 6 тысяч раз, так же по меди от 7 и почти до 60. В данном случае нет микроэлементов, чья предельно допустимая концентрация была бы не превышена, такая же ситуация и с точками отбора, все точки отбора имеют превышения концентраций, как минимум по двум микроэлементам. Возможные причины, это высокий естественный геохимический фон по марганцу на данной территории и загрязнённые стоки р. Сак-Елга. Таким образом загрязнителями поровых вод донных отложений являются, такие микроэлементы, как марганец, медь и молибден.

На графике, который указан на рисунке 12, показывающем превышение предельно допустимой концентрации по содержанию

некоторых микроэлементов в придонных водах, имеются превышения по меди, что может быть вызвано многолетним воздействием медеплавильного производства г. Карабаша. В результате чего загрязнителями являются медь и марганец.

По обоим графикам видно превышение меди во всех точках отбора проб. Так же показатели марганца в придонной воде, в отличие от высоких показателей в поровых водах донных отложений, говорят о том, что, скорей всего, это вызвано геохимическим фоном территории.

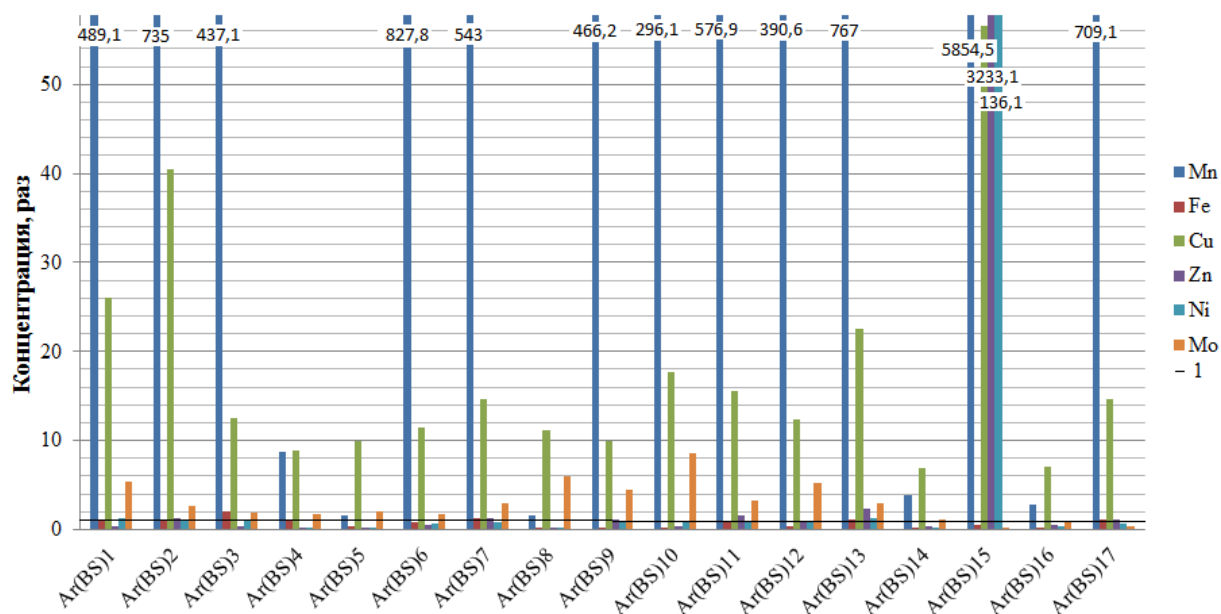


Рисунок 11 – Показатели превышение ПДК по содержанию некоторых микроэлементов в поровых водах донных отложений Аргазинского водохранилища

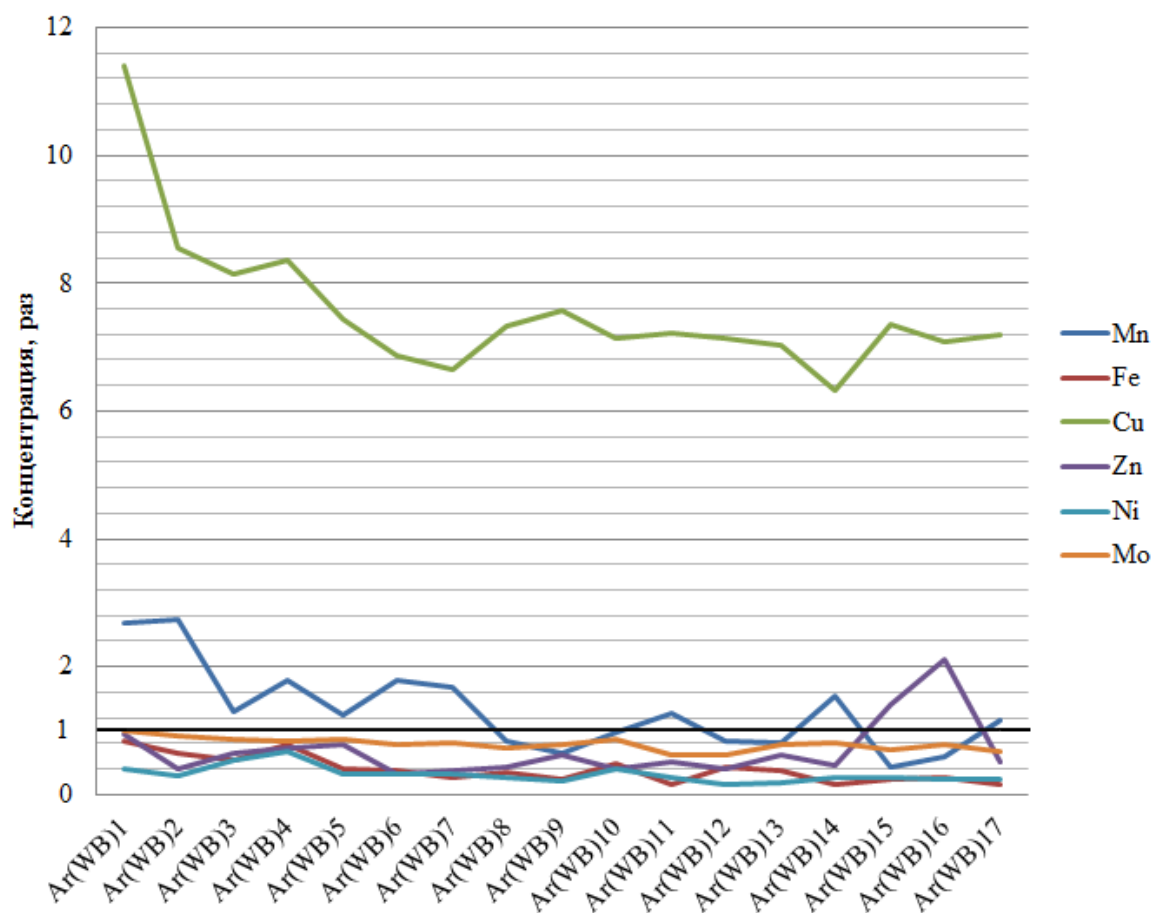


Рисунок 12 – Показатели превышение ПДК по содержанию некоторых микроэлементов в придонных водах Аргазинского водохранилища

В результате анализа превышений ПДК было выяснено, что поровые воды донных отложений и придонные воды в большей степени загрязнены медью, марганцем и сульфатами.

3.3. Оценка качества водоёма при помощи относительного показателя загрязнения воды

В таблицах 1-4, представлены результаты расчёта ОПЗВ.

По среднему значению показателя ОПЗВ основного ионного состава поровых вод донных отложений, данные воды являются довольно чистыми, но в точке отбора Ar 15, показатель ОПЗВ в 4, 5 раза выше среднего значения, что говорит о загрязнении данной территории водоема.

Таблица 1 – Относительный показатель загрязнения воды по основному ионному составу поровых вод донных отложений Аргазинского водохранилища

№ пробы	ОПЗВ
Ar 1	0,4
Ar 2	0,5
Ar 3	0,6
Ar 4	0,3
Ar 5	0,3
Ar 6	0,5
Ar 7	0,3
Ar 8	0,3
Ar 9	0,5
Ar 10	0,3
Ar 11	0,4
Ar 12	0,4
Ar 13	0,4
Ar 14	0,5
Ar 15	2,3
Ar 16	0,4
Ar 17	0,6

Таблица 2 – Относительный показатель загрязнения воды по основному ионному составу в придонных водах Аргазинского водохранилища

№ пробы	ОПЗВ
Ar 1	0,3
Ar 2	0,3
Ar 3	0,3
Ar 4	0,3
Ar 5	0,3
Ar 6	0,3
Ar 7	0,2
Ar 8	0,2
Ar 9	0,3
Ar 10	0,3
Ar 11	0,3
Ar 12	0,3
Ar 13	0,3
Ar 14	0,3
Ar 15	0,3
Ar 16	0,3
Ar 17	0,3

Придонные воды по основному ионному составу являются чистыми, об этом говорят значения ОПЗВ, которые не только не превышают единицы, но и имеют показатели в 3 раза меньше.

Если сравнить показатели по основному ионному составу в поровых водах донных отложений и придонных водах Аргазинского водохранилища, то можно увидеть, что показатели практически имеют одинаковые значения за исключением точки Ar 15, где показатели отличаются в 7,6 раз.

Таблица 3 – Относительный показатель загрязнения воды по некоторым микроэлементам в поровых водах донных отложений Аргазинского водохранилища

№ пробы	ОПЗВ
Ar 1	87,2
Ar 2	130,3
Ar 3	75,8
Ar 4	3,5
Ar 5	2,4
Ar 6	140,5
Ar 7	94,0
Ar 8	3,2
Ar 9	80,5
Ar 10	54,0
Ar 11	99,9
Ar 12	68,4
Ar 13	132,9
Ar 14	2,1
Ar 15	1546,9
Ar 16	2
Ar 17	121,2

Среднее значение ОПЗВ по микроэлементам поровых вод донных отложений очень высокое, что говорит о большом загрязнении донных отложений в дн. Аргазинского. Самый высокий показатель ОПЗВ наблюдается в точке отбора Ar 15, который составляет более 1,5 тыс., что говорит о значительном загрязнении территории отбора пробы.

Таблица 4 – Относительный показатель загрязнения воды по некоторым микроэлементам в придонных водах Аргазинского водохранилища

№ пробы	ОПЗВ
Ar 1	2,9
Ar 2	2,3
Ar 3	2,0
Ar 4	2,2
Ar 5	1,8
Ar 6	1,8
Ar 7	1,7
Ar 8	1,7
Ar 9	1,7
Ar 10	1,7
Ar 11	1,7
Ar 12	1,6
Ar 13	1,6
Ar 14	1,6
Ar 15	1,7
Ar 16	1,8
Ar 17	1,7

По значению показателя ОПЗВ по микроэлементам придонные воды являются загрязнёнными, так как. Относительный показатель загрязнения воды во всех точках примерно равен двум. Самыми загрязненными точками по данному показателю являются точки Ar 1-4.

Выводы по третьей главе

Самым загрязненным участком по поровым водам донных отложений является точка отбора Ar 15, где в результате химического и поэлементного анализа поровых вод донных отложений Аргазинского водохранилища, найдены самые большие концентрации ионов и микроэлементов. Так же больше загрязнены такие участки как Ar 2, 6, 13, 17, имеющие высокий показатель ОПЗВ.

Самыми чистыми участками по поровым водам донных отложений являются участки отбора проб Ar 4, 5, 8, 14, 16, в результате всех

проведённых исследований на этих участках выявлено меньшее количество превышений концентраций, но по показателю ОПЗВ, они загрязнены микроэлементами.

Самыми грязными участками по придонным водам водохранилища Аргазинского является участок отбора Ar 1-5, так как концентрации и показатели ОПЗВ этих участков довольно большие.

Самыми чистыми же по придонным водам являются участки отбора проб Ar 8, 12, 13, 14, 16, хотя у их так же есть превышения ПДК.

В результате проведённых исследований было выяснено, что Аргазинское водохранилище может служить питьевым источником, но его донные отложения концентрируют потенциально опасные элементы, например такие как Mn, Zn и Cu, которые могут негативно воздействовать на биоту этой экосистемы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования было выявлено, следующее:

1. Поровые воды донных отложений влияют на состояние водного объекта, выполняя тем самым такие функции, как самоочищение водоёма; так и вторичное загрязнение водоёма.

2. Поровые воды дают комплексное представление о состоянии водного объекта. При помощи их можно выявить различные показатели загрязнения водоёма.

3. В результате исследования концентраций ионов и микроэлементов стало известно, что их концентрации в поровых водах донных отложений примерно в 1,5 раза выше, чем в придонных водах, за исключением концентраций марганца, что может быть связано с составом пород донных отложений, а так же точки отбора Ar 15, где в поровых водах наблюдаются высокие концентрации ионов и микроэлементов.

4. Были выявлены конкретные загрязнители придонных вод и поровых вод донных отложений, которыми являются, такие элементы, как медь, марганец и сульфат-анион.

5. По результатам исследования участками с неблагоприятной водной обстановкой являются акватория, прилегающая к разрушенной плотине на севере Аргазинского водохранилища, а так же залив на юго-заде водохранилища, куда впадает Каменный ручей и где находится точка отбора Ar 15.

Поровые воды донных отложений действительно могут являться индикатором состояния озера, так как отражают многолетнее негативное воздействие, оказанное на водный объект, а так же способность к его самоочищению.

Таким образом, в результате исследования была доказана важность применения поровых вод донных отложений для изучения состояния озера, но проблема, освещённая в данном исследовании, остаётся

актуальной по причине сложности в реализации отбора проб, так как он требует наличия определённых приборов и квалификации сотрудников.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белогуб, Е. В. Карабашский рудный район (Южный Урал). Материалы к путеводителю геолого-экологической экскурсии / Е.В. Белогуб, В.Н. Удачин, Г.Г. Кораблев. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2003. – 40 с.
2. Денисова, А.И. Донные отложения водохранилищ и их влияние на качество воды / А.И. Денисова, Е.П. Нахшина, А.К. Рябов. Киев: Наукова думка, 1987. 164 с.
3. Дерягин, В.В. Отклик донных отложений Аргазинского водохранилища на техногенное загрязнение / В.В. Дерягин, К.Г. Аминова, В.В. Сотников // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: Качество воды. Геоэкология. – Пермь: ПГНИУ, 2017. – С. 57–63.
4. Красная Книга Челябинской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://redbook.ru>, закрытый. – Мониторинг озер Челябинской области [Электронный ресурс].
5. Научно-популярная библиотека «Вода России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://water-ru.ru>, свободный. – Загл. с экрана. Ушакова, О.С., Сокольских, И.И. Аргазинское водохранилище [Электронный ресурс] / О.С. Ушакова.
6. Проект региональной программы «Обеспечение населения Челябинской области питьевой водой» / С.Е. Денисов, Г.Н. Подтесов. – Челябинск: Изд-во «КРОКУС», 2001. – 150 ф.
7. Субетто, Д.А. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции / Д.А. Субетто. – СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена, 2009. – 348 с.
8. Сукачев, В.Н. Очерк истории озер и растительности Среднего Урала в течение голоцена по данным изучения сапропелевых отложений / В.Н. Сукачев, Г.И. Поплавская // Бюл. Комис. По изучению четвертич. периода. М. : Наука, 1946. №8. С. 5-37.

9. Топалова, О. В. Химия окружающей среды: учебное пособие / О. В. Топалова, Л. А. Пимнева. – СПб.: Лань, 2013. – 160 с.

10. Удачин, В.Н. Состояние окружающей среды в г. Карабаш / В.Н. Удачин, Б. Вильямсон // Охрана природы Южного Урала. – 2005. – С. 30–31.

11. Ушакова, О.С. Аргазинское водохранилище / О.С. Ушакова, И.И. Сокольских // Научно-популярная энциклопедия «Вода России», <http://water-ru.ru>. – статья в интернете.

12. Фомин, Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Энциклопедический справочник. – 3-е изд. М.: Изд-во «Протектор», 2000. – 848 с

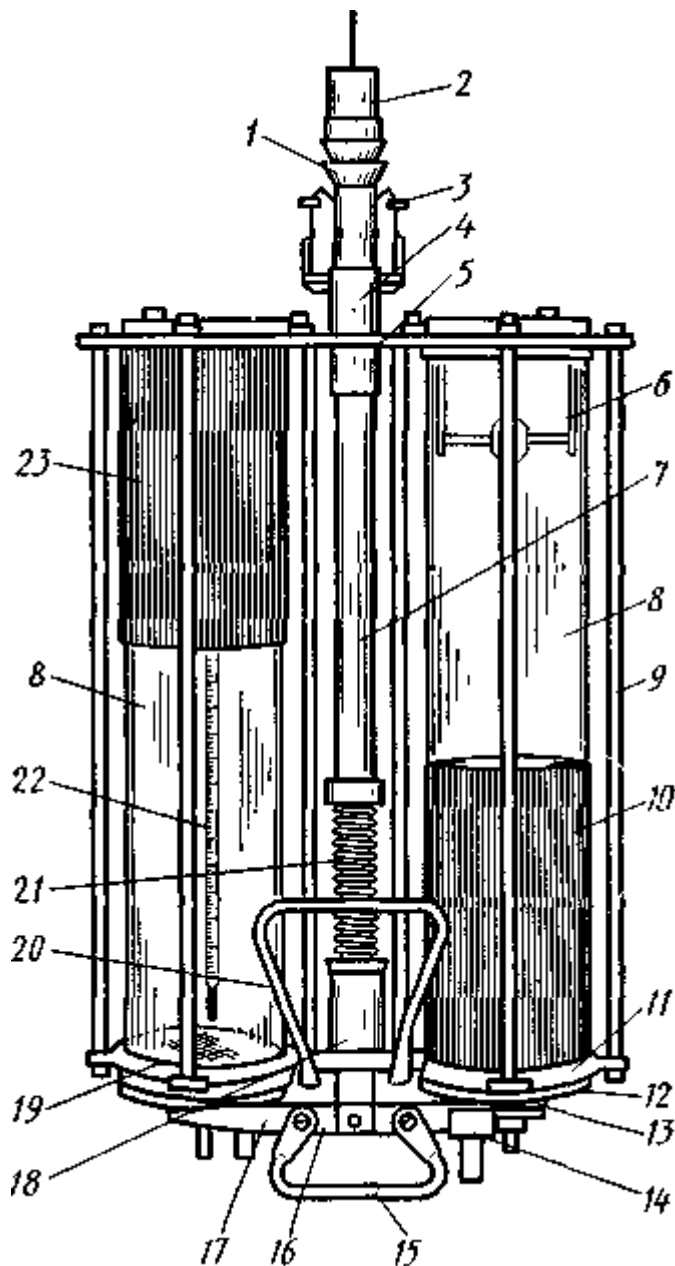
ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Координаты точек отбора проб поровых вод, придонных и поверхностных вод по акватории Аргазинского водохранилища

№ п/п	Координаты
Ar 1	N 55°28.330' E 60 ° 20.695'
Ar 2	N 55 ° 27.388' E 60 ° 20.869'
Ar 3	N 55 ° 27.499' E 60 ° 22.508'
Ar 4	N 55 ° 27.387' E 60 ° 23.364'
Ar 5	N 55 ° 26.489' E 60 ° 21.919'
Ar 6	N 55 ° 26.319' E 60 ° 23.876'
Ar 7	N 55 ° 25.333' E 60 ° 23.806'
Ar 8	N 55 ° 23.669' E 60 ° 21.561'
Ar 9	N 55 ° 24.070' E 60 ° 24.260'
Ar 10	N 55 ° 23.187' E 60 ° 21.535'
Ar 11	N 55 ° 23.522' E 60 ° 23.821'
Ar 12	N 55 ° 22.614' E 60 ° 21.295'
Ar 13	N 55 ° 22.622' E 60 ° 24.791'
Ar 14	N 55 ° 22.985' E 60 ° 26.502'
Ar 15	N 55 ° 20.983' E 60 ° 19.528'
Ar 16	N 55 ° 21.815' E 60 ° 22.924'
Ar 17	N 55 ° 20.536' E 60 ° 21.770'

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Схема устройства батометра И.В. Молчанова



Батометр И.В. Молчанова, где:

1 – втулки; 2 – головка; 3 – собачки; 4, 18 – втулки; 5, 11 – верхнее и нижнее основания; 6 – кронштейн; 7 – ось; 8 – цилиндр; 9 – стяжки; 10, 23 – непрозрачные кольца; 12 – резиновые прокладки; 13 – металлические диски (крышки); 14 – кран; 15, 20 – ручки; 16 – планка; 17 – коромысло; 19 – резиновое кольцо; 21 – пружина (Смирнов, 1988).

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Формула для определения относительного показателя загрязнения
воды (ОПЗВ) (1)

$$\text{ОПЗВ} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \right) / 6, \quad (1)$$

где n – строго лимитированное количество показателей (ингредиентов), берущихся для расчета, имеющих наибольшее значение, не зависимо от того превышают они ПДК или нет, $n = 6$; C_i – концентрация i -го загрязняющего вещества в воде; ПДК_i – предельно допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Основной ионный состав (мг/дм³) поровых и придонных вод донных отложений Аргазинского водохранилища

№ пробы	Cl ⁻	SO ²⁻ ₄	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
Поровые воды донных отложений Аргазинского водохранилища						
Ar 1	14,18	125,00	42,10	26,00	9,70	9,50
Ar 2	10,64	225,00	35,10	23,00	4,70	9,00
Ar 3	10,64	250,00	47,50	29,00	7,50	9,40
Ar 4	10,63	80,00	30,20	20,00	5,40	8,90
Ar 5	10,64	80,00	28,60	20,00	4,50	8,50
Ar 6	10,64	195,00	38,10	28,00	5,90	9,20
Ar 7	14,18	55,00	35,50	22,00	4,50	8,50
Ar 8	14,18	75,00	30,60	17,00	6,00	9,50
Ar 9	10,64	175,00	36,90	23,00	6,30	9,70
Ar 10	10,64	100,00	32,20	19,00	5,20	8,80
Ar 11	10,64	125,00	35,7	25,00	5,60	9,20
Ar 12	8,86	115,00	34,60	22,00	4,70	8,50
Ar 13	8,86	123,00	36,40	23,00	5,40	8,90
Ar 14	10,64	220,00	40,90	25,00	4,80	8,90
Ar 15	17,73	950,00	191,00	82,00	22,90	113,30
Ar 16	8,86	175,00	29,90	20,00	4,90	8,50
Ar 17	10,64	260,00	28,70	19,00	8,30	9,00
Придонные воды Аргазинского водохранилища						
Ar 1	8,86	75,00	29,66	20,78	2,63	9,60
Ar 2	7,8	75,00	29,66	19,44	2,64	9,40
Ar 3	7,8	77,00	31,98	16,57	2,69	9,00
Ar 4	9,93	73,00	28,56	18,7	2,55	8,80
Ar 5	9,36	80,00	29,7	18,01	2,56	8,20
Ar 6	8,93	79,00	29,7	18,7	2,54	9,10
Ar 7	9,22	71,00	31,98	16,62	2,66	8,80
Ar 8	6,95	75,00	29,7	18,01	2,63	8,70
Ar 9	8,22	77,00	29,7	18,29	2,61	8,50
Ar 10	9,57	80,00	29,7	18,01	2,58	8,50
Ar 11	9,22	89,00	29,7	18,01	2,63	8,50
Ar 12	6,38	80,00	30,84	17,59	2,57	8,50
Ar 13	8,51	88,00	29,7	18,29	2,56	8,70
Ar 14	7,44	75,00	31,98	18,01	2,54	8,30
Ar 15	8,08	84,00	31,98	18,01	2,53	8,30
Ar 16	7,8	83,00	31,98	17,31	2,62	8,30
Ar 17	7,94	83,00	28,56	18,7	2,6	8,50

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Содержание некоторых микроэлементов (мкг/дм³)
в поровых водах донных отложений и придонных водах
Аргазинского водохранилища

№ пробы	Mn	Fe	Cu	Zn	Ni	Mo
Поровые воды донных отложений Аргазинского водохранилища						
Ar 1	4891,00	93,40	26,10	3,53	13,60	5,42
Ar 2	7350,00	93,60	40,50	12,70	11,80	2,70
Ar 3	4371,00	199,00	12,50	3,80	9,17	1,95
Ar 4	87,50	96,40	8,89	2,98	2,97	1,78
Ar 5	16,20	45,20	9,99	1,27	2,57	2,02
Ar 6	8278,00	77,90	11,40	4,76	7,47	1,69
Ar 7	5430,00	124,00	14,70	12,80	7,87	3,01
Ar 8	15,80	8,70	11,20	2,29	1,44	6,03
Ar 9	4662,00	30,00	9,96	11,00	8,45	4,52
Ar 10	2961,00	7,00	17,70	4,52	9,95	8,64
Ar 11	5769,00	102,00	15,60	15,90	8,29	3,21
Ar 12	3906,00	43,30	12,30	8,56	10,40	5,24
Ar 13	7670,00	120,00	22,60	23,40	12,50	2,92
Ar 14	38,00	20,20	6,96	4,21	1,14	1,13
Ar 15	58545,00	59,20	56,50	32331,00	1361,00	0,20
Ar 16	27,80	23,30	6,99	4,66	3,97	0,85
Ar 17	7091,00	109,00	14,60	10,90	6,89	0,45
Придонные воды Аргазинского водохранилища						
Ar 1	26,80	84,30	11,4	9,53	3,9	0,99
Ar 2	27,30	64,30	8,54	4,05	2,85	0,91
Ar 3	12,90	53,10	8,13	6,38	5,28	0,86
Ar 4	17,90	79,20	8,35	7,16	6,81	0,84
Ar 5	12,50	39,20	7,43	7,85	3,31	0,87
Ar 6	18,00	38,10	6,88	3,32	3,22	0,79
Ar 7	16,80	26,20	6,64	3,63	3,09	0,8
Ar 8	8,48	35,30	7,32	4,19	2,79	0,72
Ar 9	6,42	24,60	7,56	6,27	2,14	0,77
Ar 10	9,66	49,50	7,15	3,97	3,97	0,87
Ar 11	12,80	14,70	7,23	5,06	2,61	0,63
Ar 12	8,30	41,60	7,13	4,02	1,67	0,63
Ar 13	8,08	38,30	7,02	6,14	1,9	0,77
Ar 14	15,40	16,10	6,33	4,5	2,64	0,8
Ar 15	4,31	24,70	7,35	13,96	2,74	0,7
Ar 16	5,97	25,30	7,09	21,14	2,27	0,77
Ar 17	11,50	17,00	7,18	5,04	2,28	0,66

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Расчёт превышений предельно допустимой концентрации основных ионов и микроэлементов поровых вод донных отложений и придонных вод Аргазинского водохранилища.

Превышения предельно допустимых концентраций осуществлялось по данной формуле:

$$K_i = \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}$$

Где K_i – кратность превышения ПДК; C_i – концентрация i -го загрязняющего вещества в воде; ПДК_i – предельно допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества.

Расчет данного показателя проводился в программе Microsoft Excel 2010.

Полученные при расчёте данные.

Показатели превышение ПДК по основному ионному составу поровых вод донных отложений Аргазинского водохранилища

№ пробы	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
Ar 1	0,05	1,25	0,23	0,65	0,19	0,08
Ar 2	0,04	2,25	0,20	0,58	0,09	0,08
Ar 3	0,04	2,50	0,26	0,73	0,15	0,08
Ar 4	0,04	0,80	0,17	0,50	0,11	0,07
Ar 5	0,04	0,80	0,16	0,50	0,09	0,07
Ar 6	0,04	1,95	0,21	0,70	0,12	0,08
Ar 7	0,05	0,55	0,20	0,55	0,09	0,07
Ar 8	0,05	0,75	0,17	0,43	0,12	0,08
Ar 9	0,04	1,75	0,21	0,58	0,13	0,08
Ar 10	0,04	1,00	0,18	0,48	0,10	0,07
Ar 11	0,04	1,25	0,20	0,63	0,11	0,08
Ar 12	0,03	1,15	0,19	0,55	0,09	0,07
Ar 13	0,03	1,23	0,20	0,56	0,11	0,07
Ar 14	0,04	2,20	0,23	0,63	0,20	0,07
Ar 15	0,06	9,50	1,06	2,05	0,46	0,94
Ar 16	0,03	1,75	0,17	0,50	0,10	0,07
Ar 17	0,04	2,60	0,16	0,48	0,17	0,08

Показатели превышение ПДК по основному ионному составу
придонных вод Аргазинского водохранилища

№ пробы	Cl-	SO ₂ -4	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
Ar 1	0,03	0,75	0,16	0,52	0,05	0,08
Ar 2	0,03	0,75	0,16	0,49	0,05	0,08
Ar 3	0,03	0,77	0,18	0,41	0,05	0,08
Ar 4	0,03	0,73	0,16	0,47	0,05	0,07
Ar 5	0,03	0,80	0,17	0,45	0,05	0,07
Ar 6	0,03	0,79	0,17	0,47	0,05	0,08
Ar 7	0,03	0,71	0,18	0,42	0,05	0,07
Ar 8	0,02	0,75	0,17	0,45	0,05	0,07
Ar 9	0,03	0,77	0,17	0,46	0,05	0,07
Ar 10	0,03	0,80	0,17	0,45	0,05	0,07
Ar 11	0,03	0,89	0,17	0,45	0,05	0,07
Ar 12	0,02	0,80	0,17	0,44	0,05	0,07
Ar 13	0,03	0,88	0,17	0,46	0,05	0,07
Ar 14	0,02	0,75	0,18	0,45	0,05	0,07
Ar 15	0,03	0,84	0,18	0,45	0,05	0,07
Ar 16	0,03	0,83	0,18	0,43	0,05	0,07
Ar 17	0,03	0,83	0,16	0,47	0,05	0,07

Показатели превышение ПДК по содержанию некоторых микроэлементов
в поровых водах донных отложений Аргазинского водохранилища

№ пробы	Mn	Fe	Cu	Zn	Ni	Mo
Ar 1	489,10	0,93	26,10	0,35	1,36	5,42
Ar 2	735,00	0,94	40,50	1,27	1,18	2,70
Ar 3	437,10	1,99	12,50	0,38	0,92	1,95
Ar 4	8,75	0,96	8,89	0,30	0,30	1,78
Ar 5	1,62	0,45	9,99	0,13	0,26	2,02
Ar 6	827,80	0,78	11,40	0,48	0,75	1,69
Ar 7	543,00	1,24	14,70	1,28	0,79	3,01
Ar 8	1,58	0,09	11,20	0,23	0,14	6,03
Ar 9	466,20	0,30	9,96	1,10	0,85	4,52
Ar 10	296,10	0,07	17,70	0,45	0,99	8,64
Ar 11	576,90	1,02	15,60	1,59	0,83	3,21
Ar 12	390,60	0,43	12,30	0,86	1,04	5,24
Ar 13	767,00	1,20	22,60	2,34	1,25	2,92
Ar 14	3,80	0,20	6,96	0,42	0,11	1,13
Ar 15	5854,50	0,59	56,50	3233,10	136,1	0,20
Ar 16	2,78	0,23	6,99	0,47	0,40	0,85
Ar 17	709,10	1,09	14,60	1,09	0,69	0,45

Показатели превышение ПДК по содержанию некоторых микроэлементов
в придонных водах Аргазинского водохранилища

№ пробы	Mn	Fe	Cu	Zn	Ni	Mo
Ar 1	2,68	0,843	11,4	0,953	0,39	0,99
Ar 2	2,73	0,643	8,54	0,405	0,285	0,91
Ar 3	1,29	0,531	8,13	0,638	0,528	0,86
Ar 4	1,79	0,792	8,35	0,716	0,681	0,84
Ar 5	1,25	0,392	7,43	0,785	0,331	0,87
Ar 6	1,8	0,381	6,88	0,332	0,322	0,79
Ar 7	1,68	0,262	6,64	0,363	0,309	0,8
Ar 8	0,848	0,353	7,32	0,419	0,279	0,72
Ar 9	0,642	0,246	7,56	0,627	0,214	0,77
Ar 10	0,966	0,495	7,15	0,397	0,397	0,87
Ar 11	1,28	0,147	7,23	0,506	0,261	0,63
Ar 12	0,83	0,416	7,13	0,402	0,167	0,63
Ar 13	0,808	0,383	7,02	0,614	0,19	0,77
Ar 14	1,54	0,161	6,33	0,45	0,264	0,8
Ar 15	0,431	0,247	7,35	1,396	0,274	0,7
Ar 16	0,597	0,253	7,09	2,114	0,227	0,77
Ar 17	1,15	0,17	7,18	0,504	0,228	0,66