

Федеральное государственное казенное общеобразовательное
учреждение
Тюменское президентское кадетское училище

Биоиндикация мышечной ткани рыб из водоемов Тюменской области

Автор: кадет Якушин
Александр, 10 «Д» класс

Руководитель: преподаватель биологии
высшей квалификационной категории,
кандидат биологических наук
Саранчин Евгений Павлович;

Тюмень, 2020г

Содержание

	стр
Введение	2
1. Анализ источников литературы	4
2. Материалы и методы исследований	5
3. Результаты исследований и их обсуждение	6
3.1. Биоиндикация воды	6
3.2. Биоиндикация мышечной ткани рыб	9
3.3. Анализ на концентрацию тяжелых металлов	13
Заключение	14
Список использованных источников	15
Приложение	17

Введение

В окрестностях города Тюмени встречается множество водоёмов. Главным из них является река Тура. Кроме этого, малые реки: Пышма, Тавда, Исеть и многочисленные озера привлекают любителей рыбной ловли. На реке Тура прямо в пределах городской черты можно увидеть многочисленных рыболовов (рис 1).



Рис 1. Берег реки Туры (август 2019г)

По личным опросам и наблюдениям, рыбу, в основном плотву и леща, люди активно используют в пищу. Не меньшим интересом пользуется также ихтиофауна реки Пышма. Необходимо отметить, что изучение электронных источников информации свидетельствует о низком уровне, либо изученности, либо публичности информации о загрязнении рек Тюмени и опасности употребления рыбы. Вероятно, это сказывается на количестве рыболовов, не знающих реальной ситуации с загрязнённостью водоемов.

Цель работы: Изучить возможность использования вылавливаемой рыбы в пищевых целях.

Задачи:

1. Определить наиболее вылавливаемые виды рыб в реках окрестностей города Тюмени.
2. Оценить качество воды методами биоиндикации в реке Тура и реке Пышма.
3. Провести сравнительный анализ качества мышечной ткани у основных видов рыб представленных рек при помощи биологического контроля.
4. Сопоставить данные биологического анализа и химической диагностики тяжелых металлов по мышечным тканям рыб разных видов из реки Тура и реки Пышма.

Актуальность: Значительное количество жителей города Тюмени активно рыбачат в её окрестностях. Выловленная рыба зачастую используется в пищу. Данная работа позволит получить научные данные о целесообразности подобной практики с точки зрения здоровья людей.

Новизна: Методика биологического контроля при помощи цериодафний предполагает оценку и мониторинг качества воды и отложений. Впервые представленная методика используется для анализа качества мышечной ткани рыбы.

Предмет исследования: уровень токсичности мышечных тканей у пресноводных рыб.

Объект исследования: представители двух видов рыб: плотвы (*Rutilus rutilus* L.) и леща (*Abramis brama* L.), выловленные в р. Пышма и Тура.

Гипотеза работы: Методика биоиндикации при помощи цериодафний позволяет оценивать качество воды и донных отложений. Возможно ли её

использование для оценки качества мышечной ткани водных организмов (рыбы) для мониторинга окружающей среды?

1. Анализ источников литературы

Проблемам загрязнения рек и других водоемов промышленными отходами посвящено огромное количество работ. Особый интерес вызывают исследования рек Тюменской области. Значительную роль в изучении экологических проблем рек нашей области сыграли труды Калинина Владимира Матвеевича [1,2]. Еще в восьмидесятых годах прошлого века этим автором отмечался высокий уровень загрязненности Туры и других рек Тюменской области. По его мнению, и данным других специалистов [3,4], основной причиной загрязнения являются промышленные горнодобывающие или перерабатывающие предприятия. Для малых рек чаще причиной являются отходы сельскохозяйственного производства.

Особо хочется отметить работы посвященные загрязненности мышечной ткани и органов рыб в реках Обского бассейна. Между разными видами найдены и показаны достоверные отличия по накоплению тяжелых металлов [5,6]. Так, последние в ходе многолетних исследований (1994-2012гг) отмечают, что у плотвы Новосибирского водохранилища содержание железа в мышечной ткани составляло 17,8 мкг/г, а у леща 6,3 мкг/г. Обратная закономерность прослеживается по содержанию ртути: у плотвы – 0,018мкг/г, а у леща - 0,035. Для этих видов характерным является повышенное накопление свинца в мышечной ткани. Главными причинами различия по этим показателям авторами указывается тип питания. Так, например, у хищных рыб отмечается повышенное содержание ртути.

Т.Я. Лопарёва и др [7] изучая накопления токсикантов в мышечной ткани рыб водоемов Казахстана, пришли к заключению, что несмотря на изоляцию основных бассейнов (Балхаш-Алакольский, Ертисский, Арало-Сырдарьинский) наибольшей концентрации достигали цинк, свинец и медь, а никель и кадмий всегда были на последнем месте. Лещ, при этом,

накапливает никель и кадмий хуже других бентофагов (24% и 28% соответственно). Указана эти показатели - 33% и 31 %.

В.Н. Маркин [3], оценивая экологическое состояние реки Туры с 2001 по 2005гг по различным параметрам (индекс загрязнения воды ИЗВ и индекс Шеннона), пришел к выводу, что по коэффициенту предельной загрязненности вода в верховьях, среднем течении и низовьях Туры оценивается как загрязненная. В остромаловодные годы класс воды по уровню загрязненности поднимался до «грязной» и «очень грязной».

В тоже время, личные наблюдения и опыт показывает, что при столь хорошо изученных проблемах накопления отравляющих веществ и тяжелых металлов в тканях рыб, информация об этой ситуации либо не доходит до жителей Тюменской области, либо игнорируется.

На сайте департамента недропользования и экологии Тюменской области [8] в разделе «Состояние водных объектов» представлена информация о почти ежемесячном мониторинге воды в основных реках области. При этом количественные показатели о превышении предельно допустимых концентраций отравляющих веществ и тяжелых металлов почему-то отсутствуют.

2. Материалы и методы исследований

Работа проводилась с июня по ноябрь 2019 года на базе кабинета биологии Тюменского президентского кадетского училища и лаборатории ООО «ЗапСибЭкоЦентр».

Основные наблюдения и эксперименты проводились на основе методики «Биологические методы контроля» ФР.1.39.2007.03.221 [9].

Указанная методика подразумевает контроль воды или отходов жизнедеятельности при помощи цериодафний. Отбор проб воды проводился по методике ПНД Ф 12.15.1-08 представленной на сайте федеральной службы по надзору в сфере природопользования [10] 10 июля 2019 года из двух рек. Одна из проб была взята из реки Пышма в районе поселка Малые Акияры.

Вторая проба воды была взята из реки Тура в районе моста возле п. Метелева в этот же день.

Измерение массовой концентрации различных элементов в мышечной ткани рыб происходили на базе вышеуказанной лаборатории по методике М 09-02-2016 (ФР.1,31,2016325161) [11] на атомно-абсорбционном спектрометре МГА-915/1000.

Вылов рыбы проводился в течение июля 2019 года. Определение до вида было проведено по определителю В.Д.Богдановой и др [12]. Рыба двух разных видов в реке Пышма была выловлена в п. Малые Акияры. Отлов рыбы в реке Тура проходил с правого берега в районе парка «Заречный» г.Тюмени. Также, в качестве контроля выступила рыба пелядь (*Coredonud peled*) выловленная из оз.Ендырь и характеризующаяся высокими показателями чистоты по тяжелым металлам. Расчеты достоверности отличий полученных данных проводились при помощи коэффициента Стьюдента по методике представленной в работе Е.И.Федорос и Г.А.Нечаевой [13].

3.Результаты исследований и их обсуждение

3.1. Биоиндикация воды

Как уже было сказано выше, в основу оценки загрязненности воды из рек Пышма и Тура, а также токсичности мышечной ткани рыб из данных рек, легла методика, основанная на определении смертности и изменений в плодовитости цериодафний (*Ceriodaphnia affinis*). Критерием острой токсичности является гибель 50% и более цериодафний за 48 часов в исследуемой воде при условии, что в контроле гибель не превышает 10%. Если анализ выживаемости и изменения плодовитости оценивается за 7 суток, то критерием так называемой хронической токсичности служит гибель 20% и более организмов и (или) достоверное отличие в плодовитости от числа выживших по сравнению с контролем. Ветвистоусые рачки рода *Ceriodaphnia* широко распространены в водоемах, поэтому легко

доступны для исследования. Они имеют небольшие размеры, не требовательны, высоко плодовиты и имеют короткий цикл развития. Рачки вида *Ceriodaphnia affinis* обитают в пресноводных водоемах Европы, Северной Америки, Азии, Северной Африки. Этот вид относится к олиго- и бетамезосапробам и населяет водоемы с замедленным течением (неглубокие озера, реки, водохранилища). По отношению к кислородному фактору цериодафния довольно чувствительна, ее нормальное развитие протекает при концентрации растворенного кислорода в воде не ниже 5 мг/л. Вследствие этого цериодафнии чувствительны к органическому загрязнению веществами, снижающими концентрацию растворенного кислорода в среде. Стоит отметить, что несмотря на существование вышеуказанной методики, исследовательских работ в этом направлении найдено немного. К их числу можно привести исследование Е.Ю. Ивановой [14], которая сравнивала качество биоиндикации с помощью цериодафний и рыб гуппи. Исследователь выявила меньшую, чем у гуппи чувствительность цериодафний к антропогенному загрязнению воды из реки Дон в районе Нововоронежской АЭС.

Первым шагом нашего исследования был анализ токсичности воды из рек Тура и Пышма. Для этого были взяты разовые пробы из средней глубины (50-60 см) (рис 2) и проведен тест на хроническую токсичность. Сначала были проведены анализ рН и концентрации кислорода в воде. Для воды р. Тура они составили 7,45 и 9,45 мкг/дм³ соответственно. Для воды р. Пышма рН был равен 7,69 и концентрация O₂ – 9 мкг/дм³. Таким образом, можно сделать предварительное заключение, что в условиях разовой пробы рН воды в обеих пробах практически соответствует нейтральному показателю.

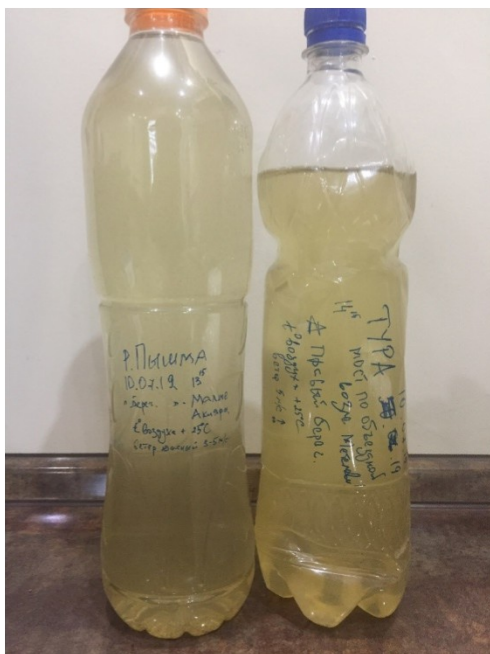


Рис 2. Пробы воды из рек Пышма (слева) и Тура.

Затем, в условиях кабинета биологии ГПКУ был проведен эксперимент по установлению хронического токсического действия. Для этого, в десяти пробирках (в двух повторностях) были посажены по одной цериодафнии (рис 3). В качестве контроля выступала водопроводная отстоянная в течение трех суток вода (культивационная).



Рис 3. Подготовка к определению токсического хронического действия.

Наблюдения велись за гибелью цериодафний, а также проводился подсчет родившейся молодежи. На 11 день были зафиксированы новые особи и проведен их подсчет (Приложение 1). Полученные данные были обработаны, определены: среднее значение родившихся особей для каждого водоема,

ошибка среднего, квадрат ошибок среднего значения. На основании полученных данных проведен анализ достоверности отличий по к. Стьюдента при $P=0,05$. Он показал, что вода в реке Пышма не оказывает хронического токсического действия, а в реке Тура вода достоверно уступает по показателям и оценивается как «оказывающая хроническое токсическое действие».

Необходимо понимать, что подобный анализ воды из водоемов требует системности и должен проводиться в режиме мониторинга. Поставленный нами эксперимент не отражает динамику изменения качества воды в реках. Альтернативой долгого изучения воды может служить анализ тканей рыб или других обитателей водоемов которые находятся в состоянии постоянного многолетнего обмена веществ с окружающей их средой. Более того, изучение именно мышечной ткани рыб может позволить получить первичную информацию о влиянии экологических условий (загрязненности воды) на организм человека постоянно питающегося продуктами рыболовного промысла.

3.2. Биоиндикация мышечной ткани рыб

В методике по биоиндикации с использованием цериодафний существует несколько направлений или объектов исследования. В основном изучается качество воды из различных водоемов. Также методика позволяет оценивать загрязнённость почвы, осадков сточных вод и отходов предприятий.

В своей работе мы решили использовать методику для анализа мышечной ткани рыб по аналогии с оценкой отходов производств. Как было сказано выше, нами были пойманы два вида рыб в каждой реке (рис 4). Мы определили их по основным признакам (форма тела, окрас и форма плавников) как обыкновенного леща (*Abramis brama L.*) и плотву (*Rutilus rutilus L.*).



Рис 4. Рыба выловленная из рек Пышма(слева) и Тура. Слева на каждом изображении – лещ, справа – плотва.

После определения видовой принадлежности рыбы мы приготовили так называемые чипсы из мышечной ткани. Для этого из каждой рыбы было извлечено мясное филе, нарезано на мелкие кусочки (рис 5) и высушено до сухого состояния в естественных условиях.

Рис.5. Сушка мышечной ткани рыб реки Пышмы.

Полученные таким образом чипсы восемь часов перемешивались в водной среде на электромешалке ЛАБ-ПУ-02 (приложение 2) для выведения содержащихся в них веществ в раствор воды в соотношении 1:10. Полученная вытяжка была отстояна и отфильтрована при помощи лабораторной фильтровальной бумаги «Белая лента». Анализ рН во всех четырех вытяжках варьировал от 6,7 до 7,2, то есть был близок к нейтральному значению (рис 6).



Рис 6. Определение рН полученных вытяжек.

Сразу после этого, с ней был заложен опыт на определение острого токсического действия по вышеуказанной методике с цериодафниями. В качестве контроля выступала водопроводная отстоянная вода. В пробирках, в двух повторностях (кроме контроля), были размещены по 10 цериодафний. Взвесь на основе чипсов всех видов рыб из каждой реки была разведена до нескольких степеней (1:10; 1:100; 1:1000; 1:10000). В течении 48 часов отслеживалась гибель цериодафний для оценки летальной концентрации веществ (ЛКР₄₈₋₅₀) и безвредной концентрации (БКР₁₀₋₄₈). В результате наблюдений (приложение 3), были получены данные, сходные для всех четырех объектов (плотва и лещ из Туры и плотва и лещ из Пышмы). ЛКР₄₈₋₅₀ составила 31,6, а БКР₁₀₋₄₈ – 49,7. По этим показателям признано, что раствор мясных чипсов обладает токсическим действием. В контроле при этом все цериодафнии остались живы. Это может свидетельствовать о наличии в мышечной ткани рыб каких-либо отравляющих веществ. Многие авторы указывают [15], что основной проблемой является накопление в тканях (в том числе мышечной) тяжелых металлов. Недостатком подобного анализа, на наш взгляд, следует считать выбор водопроводной отстоянной воды в качестве контроля. Есть вероятность, что мясная вытяжка сама по себе неблагоприятна для жизни цериодафний и тогда необходимо в качестве контроля использовать аналогичные условия, то есть проводить наблюдения за рачками в мясной вытяжке из экологически чистой рыбы. В современных условиях найти такую не просто. Поэтому в январе 2020 года по рекомендации сотрудников Госрыбцентра, расположенного в г.Тюмени, мы смогли выбрать рыбу с подобными характеристиками. Это оказалась пелядь (*Coredonus peled*) или сырок, выловленный из оз. Ендырь Ханты-Мансийского АО (приложение 4). Приготовив филе и чипсы из мышечной ткани сырка, мы довели их до состояния вытяжки по указанной выше технологии и в течение двух суток проводили наблюдения за цериодафниями в различных концентрациях (таблица 1).

Таблица 1

Биотестирование водной вытяжки (1:10)¹ из рыбы (сырок)
с оз.Ендырь на тест-объекте (*Ceriodaphnia affinis*)

Дата (начало/конец)	рН, до начала опыта	рН, в конце опыта	К ²	Кол-во выживших цериодафний							
				Без разбавления	Разбавление вытяжки						
					10%		1%		0,1%		
				Параллельные исследования (повторности)							
1	2	1	2	1	2	1	2				
11.02.2020	7,8	8,3	10	10	10	10	10	10	10	10	10
13.02.2020			10	10	10	10	10	10	10	10	10

¹ – одну часть абсолютно сухой пробы плюс 10 частей воды

К² – Культивационная (водопроводная дехлорированная вода)

Анализ таблицы позволяет сделать очень важные выводы. Тот факт, что в разных вариантах разбавления все рачки остались живы, свидетельствует о том, что условия мясной вытяжки сами по себе не губительны для рачков цериодафний. Поэтому в проведенных ранее исследованиях по мышечной ткани плотвы и леща из рек Туры и Пышмы, гибель рачков, вероятнее всего, вызывалась именно наличием токсичных веществ.

4.3. Анализ на концентрацию тяжелых металлов

Для определения содержания тяжелых металлов смеси мясных чипсов подвергли анализу на атомно-абсорбционном спектрометре в лаборатории ООО «ЗапсибЭкоЦентр». Анализ проводился по методике измерения массовой доли химических элементов М.09-02-2016. Метод основан на измерении резонансного поглощения света, возникающего при его прохождении через слой атомного пара в графитовой печи спектрометра. Нами были определены концентрации наиболее распространенных тяжелых металлов (таблица 2).

Таблица 2

Содержание металлов в мышечной ткани рыб из водоемов
окрестностей Тюмени

Металл	Концентрация, мг/кг			ПДК
	Лещ (р.Тура)	Плотва(р.Пышма)	Сырок (оз.Ендырь)	
кадмий	0,088	0,040	0,033	0,2
медь	1,053	1,151	0,066	10,0
марганец	33,46	17,65	1,962	10,0
железо	30,55	153,4	-	30,0
цинк	39,54	43,62	0,480	40,0
никель	0,413	0,576	0,062	0,5
свинец	<0,50	<0,50	-	1,0

Представленные данные наглядно демонстрируют, что сырок с озера Ендырь с полным правом может считаться экологически чистой рыбой и использоваться в качестве контроля. С учетом того, что анализ проводился с однократной повторностью и оценить достоверность отличий нет возможности, все же можно убедиться, что количество марганца более чем в 1,5 – 3 раза превышает ПДК и в мышцах плотвы и в мышечной ткани леща. Интересным является то факт, что концентрация железа в мышцах леща не превышает допустимого значения, а в мышечной ткани плотвы превышение составило пятикратный размер. Эти данные, в какой-то мере, согласуются с исследованиями Попова П.А. и Андросовой Н.В [6], подтверждая высокий уровень железа у многих видов рыб бассейна Оби. Можно сделать вывод, что системное употребление такой рыбы может усиливать процессы связанные с заболеванием гемохроматозом, т.е. ускорить процессы цирроза, увеличения печени и другим неприятным последствиям [16]. Употребление рыбы с избытком марганца может дать так называемый политропный эффект, т.е. оказывать вредное воздействие на работу легких, сердечно-сосудистой системы и может вызывать аллергический и мутагенный эффект [17]. Анализ содержания других тяжелых металлов не показал их высоких концентраций в мышечной ткани рыб.

Заключение

Анализ литературных источников показал высокий уровень изученности влияния техногенных загрязнений на накопление отравляющих веществ в тканях рыб, в том числе и мышечной. Рыбы по праву могут считаться индикаторами накопления таких веществ за счет многолетнего и постоянного обмена веществ с окружающей средой.

Удивительным может показаться то, что население города Тюмени активно ловят рыбу из рек Тура и Пышма. Видимо, этому способствует тот факт, что средства массовой информации, на наш взгляд, недостаточно активно освящают реальную проблему загрязненности этих рек.

Проведенное нами исследование токсичности воды при помощи биоиндикации на цериодафниях показало, что вода реки Туры может оцениваться как «Оказывающая хроническое токсическое действие», а в реке Пышме – «Не оказывающая хроническое токсическое действие».

Изучение мышечной ткани рыб рек Тура и Пышма показало токсичность мышц, но без достоверных отличий между ними по острому токсическому действию на цериодафний. Контрольная проверка на проверенном нами экологически чистом сырке подтвердила объективность полученных данных. Все же необходимы дополнительные опыты для оценки возможности использования цериодафний при анализе мышечных проб.

Анализ на содержание тяжелых металлов показал, что в мышечной ткани плотвы из реки Пышма содержание железа в пять раз превышает ПДК, а марганца, как минимум, в полтора раза. В мышцах леща из реки Тура обнаружено повышенное содержание (33,46 мг/кг) марганца. Остальные тяжелые металлы (Cd, Cu, Zn, Ni, Pb) в концентрациях достоверно превышающих ПДК не обнаружены.

На данный момент можно только предполагать, что гибель цериодафний при анализе мышечной ткани рыб рек Туры и Пышмы как-то связана с избытком в ней железа или марганца. Этот факт также требует дальнейших исследований.

Авторы работы выражают особую признательность сотруднику лаборатории ООО «ЗапСибЭкоЦентр» Якушиной Татьяне Евгеньевне за помощь в организации экспериментального исследования при помощи цериодафний.

Список использованных источников

1. Калинин, В.М. Малые реки в условиях антропогенного воздействия (на примере Восточного Зауралья) [Текст]/В.М.Калинин, С.И.Ларин, И. М. Романова.- Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 1998.- 220 с.
2. [Калинин, В. М. Гидролого-экологические сюжеты \(от Тюмени до Ямала\) \[Электронный ресурс\]/В.М.Калинин. Журнал Самиздат. Режим доступа : <http://samlib.ru/k/kalininwm/gidros.shtml>](http://samlib.ru/k/kalininwm/gidros.shtml)
3. Маркин, В.Н. Эколого-водохозяйственная оценка реки Туры[Текст]/ В.Н.Маркин//Гидравлика, гидрология, водные ресурсы: сб. статей. -№2,2012. – С.60-65.
4. Чемагин, А.А. Современное экологическое состояние реки Иртыш в нижнем течении [Текст]/дисс. канд.биол. наук.03.02.08: /Чемагин Андрей Александрович. – Тюмень,2015. – 231с.
5. Лобанова, Т.А. Особенности накопления тяжелых металлов промысловыми видами рыб. [Текст]/ Т.А. Лобанова//Вестник КГУ имени Н.А.Некрасова. Естественные науки, №1, 2008. – С.18-21.
6. Попов, А.А. Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани рыб из водоемов бассейна реки Оби [Текст]/ А.А.Попов, Н.В.Андросова//Вестник Томского ГУ. Биология,2014. №4. С.108-122.
7. Лопарёва, Т.Я., Шарипова, А.О., Петрушенко, Л.В. Уровень накопления токсикантов в мышечной ткани рыб в водных бассейнах республики Казахстан [Текст]/ Т.Я Лопарёва, А.О. Шарипова, Л.В. Петрушенко// Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. 2016, №2. С115-122.
8. Состояние водных объектов. Сайт департамента недропользования и экологии Тюменской области[Электронный ресурс]/ Режим доступа: https://admtumen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/water.htm
9. Биологические методы контроля. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний. [Текст]/Федеральный реестр (ФР) ФР.1.39.2007.03221. Москва: Акварос, 2007.
10. Методические указания по отбору проб для анализа сточных вод [Текст]/Федеральный реестр ПНД Ф 12.15.1-08 . Москва:2015.
11. Методика измерений массовых концентраций магния, кальция, стронция пламенным атомно-абсорбционным методом в пробах питьевых, природных и сточных вод [Текст]/ Федеральный реестр (ФР). ПНД Ф 14.1:2:4.137-98, М.: 2017.
12. Богданов, В.Д. Рыбы Среднего Урала. Справочник-определитель [Текст]/ В.Д.Богданов, О.А.Госькова, В.Н. Большаков. – Изд-во Сократ,2006. – 208с.
13. Федорос, Е. И. Экология в экспериментах : учеб. пособие для учащихся 10-11 кл. общеобразовательных учреждений [Текст]/ Е. И. Федорос, Г. А. Нечаева. - Москва : Вентана-Граф, 2006. – 382с.

14. Иванова, Е.Ю. Исследование водной экосистемы реки Дон в районе города Нововоронеж методом биотестирования [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <https://books.google.ru/books?id=lZ49CwAAQBAJ&pg=PT13&lpg=PT13&dq=%D0%B8%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5+%D1%86%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%84%D0%BD%D0%B8%D0%B9&source=bl&ots=4AuJaeFntp&sig=ACfU3U1PGuypwkhkVNPE5HSb2TPnbyryaw&hl=ru&sa=X&ved=2ahUKEwjnq7iN7bznAhVCwMQBHauNDEgQ6AEwAHoECAkQAQ#v=onepage&q=%D0%B8%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D1%86%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%84%D0%BD%D0%B8%D0%B9&f=false>
15. Матвеева, А.Ю. и др. / [Текст]: Влияние антропогенной нагрузки на аккумуляцию тяжелых металлов в органах и тканях промысловых рыб/ А.Ю. Матвеева и др.- Природообустройство 2018, №2, С 132-135
16. Метаболизм железа. Лабораторная служба Хеликс[Электронный ресурс]/ Режим доступа: <https://helix.ru/kb/item/42-070>.
17. Биологическая роль соединений марганца. III Международная конференция. Студенческий научный форум – 2011[Электронный ресурс]/ Режим доступа <https://scienceforum.ru/2011/article/2011001035>

Приложение 1.

Данные о хроническом эксперименте по определению качества воды.

25	Таблица Д.1 - Общее количество родившейся молоди в эксперименте						
		Концентрация воды, %					
		Пышма	Тура	контроль			
	№ стакана	Общее количество родившейся молоди по истечении 11 суток					
	1	8	4	12			
	2	8	4	10			
	3	10	7	10			
	4	6	11	8			
	5	5	7	11			
	6	12	6	5			
	7	7	5	10			
	8	8	6	8			
	9	10	7	7			
	10	8	9	10			
	Сумма	82	66	91			
		$x-x'$	$(x-x')^2$	$x-x'$	$(x-x')^2$	$x-x'$	$(x-x')^2$
		Пышма		Тура		контроль	
		0,2	0,04	2,6	6,76	-2,9	8,41
		0,2	0,04	2,6	6,76	-0,9	0,81
		-1,8	3,24	-0,4	0,16	-0,9	0,81
		2,2	4,84	-4,4	19,36	1,1	1,21
		3,2	10,24	-0,4	0,16	-1,9	3,61
		-3,8	14,44	0,6	0,36	4,1	16,81
		1,2	1,44	1,6	2,56	-0,9	0,81
		0,2	0,04	0,6	0,36	1,1	1,21
		-1,8	3,24	-0,4	0,16	2,1	4,41
		0,2	0,04	-2,4	5,76	-0,9	0,81
		0,00	37,60	0,00	42,40	0,00	38,90
		Пышма	Тура	контроль	Концентрация природной воды, %		
		8,20	6,60	9,10	Среднее значение (x)		
		0,65	0,69	0,66	Ошибки среднего арифметического (m)		
		0,42	0,47	0,432	Квадрат ошибок среднего арифметического		
		0,98	2,63	-	Рассчитанный показатель достоверности		
		*0,98<2,1 **2,63>2,11					
Заключение:	*Проба не оказывает хронического токсического действия						
	**Проба оказывает хроническое токсическое действие						

Приложение 4.

Данные Госрыбцентра по количеству тяжелых металлов в сырке

Мониторинг показателей безопасности					
Наименование рыбы	Район вылова рыбы, дата вылова	Содержание тяжелых металлов, мг/кг			
		Pb	Cd	Hg	As
Пелядь	оз Ендырь 11.2017	<0,010	<0,0015	-	0,011±0,005
Пелядь	оз. Сырковое 25.03.2016	<0,010	0,014±0,004	0,028±0,004	0,0062±0,0029
Плотва	оз. Сырковое 03.2015	0,079±0,031	0,068±0,022	<0,0025	0,016±0,007
Пелядь	оз. Сырковое 05.12.2013	<0,010	<0,0015	0,034±0,005	0,026±0,012
Елец	оз. Сырковое 05.03.2011	0,010±0,003	0,0032±0,0010	0,013±0,0002	0,011±0,00
Ерш	оз. Сырковое 05.03.2011	0,041±0,016	0,050±0,019	0,046±0,003	0,012±0,006
Пелядь озерная	оз. Сырковое 05.12.2011	0,012±0,004	0,0044±0,0015	0,005±0,0002	0,024±0,011
Предельно -допустимая концентрация		1,0	0,2	0,3 не хищн. 0,6 хищн.	1,0