

УДК:619+574.3

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2022.3.111

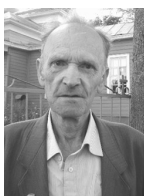
## СОВРЕМЕННОЕ ИХТИОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ НАРВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Аршаница Н.М.1 – к.б.н., вед.н.с., Стекольников А.А.2- к.б.н., Гребенников В.А.1 – аспирант, специалист, Хамзин С.В.3 – бакалавр, Екимова С.Б.1- главный специалист

1. Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга), 2. ФГБОУ СПб ГУВМ, 3. ФГБОУ СПб ГУАУ

**Ключевые слова:** Нарвское водохранилище, загрязнение, тепловые электростанции, ихтиофауна, токсикоз, вода, донные отложения, аэрогенный путь, металлы, промышленная продуктивность

**Keywords:** Narva reservoir, pollution, thermal power plants, ichthyofauna, toxicosis, water, bottom sediments, aerogenic pathway, metals, commercial productivity



### РЕФЕРАТ

Водохранилища – особая категория внутренних водоёмов со специфическими особенностями водообмена, проточности и колебаний уровня. Качество воды в водохранилищах формируется под влиянием трёх факторов: природных и хозяйственных условий формирования стока на водосборе, количества и качества сточных вод, атмосферных поступлений загрязняющих веществ, и процессов, происходящих в самом водоёме. Неоднородно и качество воды на отдельных акваториях водохранилищ. В статье рассматривается вопрос современного ихтиотоксикологического состояния Нарвского водохранилища – водоёма, имеющего рыбохозяйственное значение, ещё два десятилетия назад одного из наиболее загрязнённых на Северо-западе России, что проявлялось в тотальном поражении рыб токсикозом и случаях их гибели. Это было связано с мощной антропогенной нагрузкой и поступлением загрязняющих веществ различными путями и особенно аэрогенным путём. Настоящее исследование связано со снижением антропогенной нагрузки в результате снижения эксплуатации Нарвской и Балтийской тепловых электростанций (ТЭС). В результате проведенных исследований на ряде акваторий водоёма, показано, что снижение антропогенной нагрузки прежде всего сказалось на состоянии рыб, как общепринятых индикаторов качества вод и среды обитания – снизился процент поражения токсикозом и тяжесть выраженности патологического процесса. Снижение антропогенной нагрузки показали результаты биотестирования и материалы химико-аналитического исследования.

### ВВЕДЕНИЕ

Водохранилища – особая категория внутренних водоёмов со специфическими особенностями водообмена, проточности и колебаний уровня. Качество воды в водохранилищах формируется под влиянием трёх факторов: природных и хозяйственных условий формирования стока на водосборе, количества и качества сточных вод, атмосферных поступлений за-

грязняющих веществ, и процессов, происходящих в самом водоёме. Неоднородно и качество воды на отдельных акваториях водохранилищ [1].

Нарвское водохранилище было образовано в нижнем течении р. Нарвы в 1955-1956 гг. для работы Нарвской ТЭС. В дальнейшем водохранилище стало источником водоснабжения и водоёмом – охладителем Балтийской ТЭС и естественно

источником поступления загрязняющих веществ со сбросными теплыми водами и аэрогенным путём. Эти электростанции являются одними из крупнейших трансграничных загрязнителей окружающей среды в регионе Балтийского моря [11].

Нарвское водохранилище это водоём озёрного типа, его площадь 191 км<sup>2</sup>, из них территория Эстонии только 35 км<sup>2</sup> или 18%. Водообмен в водохранилище происходит очень быстро – более 30 раз в течение года. Наряду с участками, где водообмен происходит быстро, имеются участки с замедленным водообменом и даже застойные акватории.

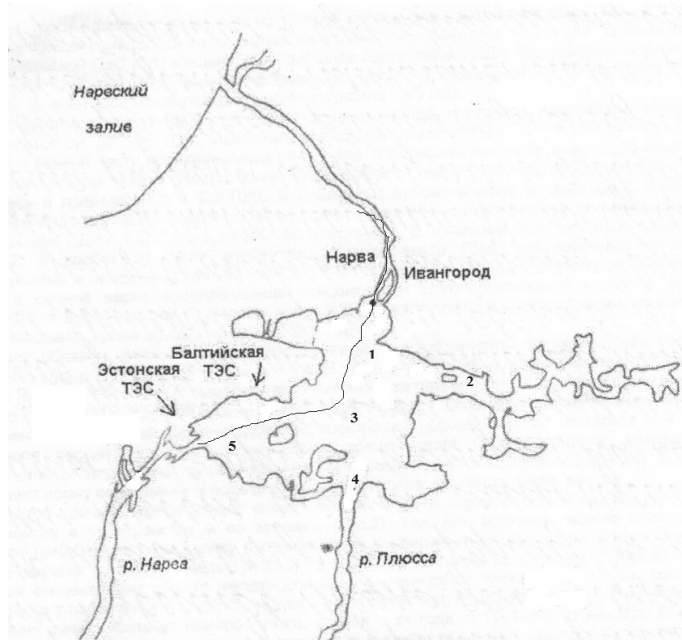
Длина водохранилища 52 км, ширина 15 км, средняя глубина 1,8 км. В результате развитие ветрового волнения происходит взмучивание донных отложений и седиментированные токсиканты переходят в толщу воды, что отрицательно сказывается на состоянии ихтиофауны водоема [2].

Водоохранилище является частью большой трансграничной водной системы: Псковско-Чудское озеро-р.Нарва-Нарвское водохранилище-Нарвская губа Финского залива. В водохранилище впадают 3 реки – Нарва, Плюсса и Пята, вытекает р. Нарва. Из трех впадающих рек доминирует приток воды из р. Нарвы – 80% всего притока, поступающей из Чудского озера, которое по материалам наших исследований является одним из наиболее экологически чистых на Северо-Западе России [3,4]. Высокая антропогенная нагрузка на водохранилище и случаи гибели рыб привлекли внимание специалистов-экологов к этому водоему и в период с 1995 по 2003 гг. были проведены эколого-токсикологические исследования, как со стороны России, так и Эстонии. Материалы этих исследований изложены в отчетах и публикациях [5,6,7,8,9,10]. Эти исследования дали возможность выявить основные источники загрязнения, их характер, уровень и последствия для биоты водоема, в частности для рыб – основного объекта охраны водоемов и продукта питания человека. Было показано, что водоем испытывает ток-

сическое и тепловое воздействие. Основными источниками загрязнения были две ТЭС и предприятия сланцевой промышленности. Эти электростанции являются одними из крупнейших трансграничных загрязнителей окружающей среды в регионе Балтийского моря [11]. Отмечено, что в атмосферу бассейна водохранилища ежегодно поступало более 300 тысяч тонн загрязняющих веществ, которые в виде «сухих» и «мокрых» осадков поступали в водохранилище, а также формируя загрязненный повехностный сток. Показательно то, что более 90% загрязняющих веществ, поступающих аэрогенным путем, приходится на две ТЭС, а остальные на «Фосфорит», «Полимер» и пр. Свой вклад в загрязнение вносят промышленные и бытовые стоки городов Нарва, Сланцы, Ивангород. В составе атмосферных поступлений насчитываются десятки наименований токсикантов разного класса опасности. Большое их количество определяется и в сбросных теплых водах ТЭС [6,7,8].

Неоднократные исследования проб воды, донных отложений и атмосферных осадков показали наличие в них металлов и ксенобиотиков, нередко в концентрациях, превышающих допустимые нормативы. Было отмечено превышение содержания по кадмию, свинцу, меди, марганцу, ртути, цинку и пр. Показательно, что наиболее загрязненными оказались застойные акватории, что указывало на значение аэрогенного пути поступления загрязняющих веществ [5,6,8].

Наиболее показательными оказались результаты биологических исследований – биотестирования и биоиндикации на рыбах. Было отмечено тотальное (100%) поражение их токсикозом, независимо от вида и выраженностью патологического процесса. Особенно показательно это было на застойных акваториях, где ихтиофауна была малочисленна, и отмечались такие проявления токсикоза, как снижение упитанности вплоть до истощения, язвенные процессы, иногда новообразования и выраженное поражение паранхематозных органов, развитие общей анемии.



**Рис.1. Схема отбора проб в Нарвском водохранилище: 1,2,3,4,5 – станции отбора проб воды, донных отложений, отлова рыб.  
1 – верхний бьеф водохранилища; 2 – кордон Курдынка; 3 – центр водохранилища; 4 – устье р. Плюсса; 5 – устье р. Нарва.**

Пагубное воздействие загрязняющих веществ на ихтиофауну, включая и естественное воспроизводство, особенно выражено сказалось на запасах и уловах рыб в водохранилище, которые колебались от 50 до 60 т в год, что характеризовало продуктивность водоема порядка 1,8-2,0 кг/га, тогда как по другим водохранилищам этот показатель превышает 15-20 кг/га [11,12].

Настоящее исследование на водохранилище проведено летом 2021 г – почти через 20 лет после последнего и связано со снижением антропогенной нагрузки – сокращением мощности ТЭС в несколько раз и периодическими их выводами из эксплуатации. Общеизвестно, что сбросные теплые воды ТЭС содержат различные загрязняющие вещества, а аварийные поступления которых вызывает массовую гибель рыб [13,14].

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Биологические и химико-

аналитические исследования проведены на ряде акваторий водохранилища. Исследовались рыбы, как индикаторы качества вод с оценкой их состояния по пятибалльной системе [15].

1 балл – не выявлено патологических изменений, реакции рыб этой группы на загрязнение, в основном экологическое;

2 балла – выявлены легкие, обратимые повреждения, не угрожающие им гибелью;

3 балла – наблюдаются повреждения средней степени тяжести, гибель возможна при нарушении гидрохимического режима (рН и др.);

4 балла – серьезные повреждения рыб, угрожающие им гибелью, особенно в зимний период и при действии стресс-факторов;

5 баллов – наблюдаются признаки предсмертного состояния рыб с последующей их гибелью. Нарушена координация движений и гидростатического равновесия.

**Таблица 1.**  
**Содержание тяжелых металлов в пробах воды Нарвского водохранилища**

Станция	Cd, мг/л	Pb, мг/л	Cu, мг/л	Mn, мг/л
1	0,0001	0,0014	0,0015	0,0063
2	0,0	0,0034	0,0015	0,0056
3	0,0	0,0012	0,0018	0,0078
4	0,0	0,0006	0,0015	0,0047
5	0,0	0,0014	0,0022	0,0042
ПДК р/х, мг/л	0,005	0,006	0,001	0,01

**Таблица 2.**  
**Содержание тяжелых металлов в пробах донных отложений Нарвского водохранилища.**

Станция	Cd, мг/л	Pb, мг/л	Cu, мг/л	Mn, мг/л
1	0,03	9,98	8,43	314,31
2	0,2	12,07	0,10	514,13
3	0,06	3,63	0,09	208,56
4	0,29	11,31	9,91	1079,01
5	0,04	2,20	1,31	285,33
ДОК, мг/кг	0,35	35,0	30,0	1000,0

**Таблица 3.**  
**Токсикологическая характеристика воды и донных отложений Нарвского водохранилища.**

Страница	Материал	Заключение о токсичности
1	Вода	Слабо токсична
	Донные отложения	Токсична
2	Вода	Токсична
	Донные отложения	Токсична
3	Вода	Не токсична
	Донные отложения	Не токсична
4	Вода	Не токсична
	Донные отложения	Слабо токсична
5	Вода	Не токсична
	Донные отложения	Не токсична
6 (контроль)	Вода	Не токсична
	Донные отложения	Не токсична

Биотестирование проб воды и донных отложений проведено по общепринятой методике в остром и хроническом экспериментах (Ф.Р.1.39.2007.03222). Химико-аналитические исследования воды и донных отложений выполнены в лаборатории рыбохозяйственной экологии Санкт-Петербургского филиала ФГБНУ «ВНИРО» (ГосНИОРХ им. Л.С. Берга) в соответствии с утвержденными общепринятыми методиками.

Отлов рыб, отбор проб воды и донных отложений был произведен на пяти акваториях водохранилища с учетом гидрологии водоема и размещения источников загрязнения (рис. 1).

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Химико-аналитическое исследование содержания некоторых металлов в воде и донных отложениях на пяти акваториях

водохранилища представлены в таблицах 1 и 2. Показано, что все исследованные металлы присутствуют, но в концентрациях ниже нормативов, тогда как предыдущие исследования выявило их и другие в концентрациях превышающих нормативы, особенно по ртути [6].

Результаты биотестирования проб воды и донных отложений представлены в таблице 3. Выявлено воздействие загрязняющих веществ в хроническом эксперименте на ряде акваторий, что отражает суммарное воздействие загрязняющих веществ, содержащихся в воде и донных отложениях. Это металлы, ксенобиотики и многие другие токсиканты. Воздействие

токсикантов сказывалось на поведении тест-объектов следующим образом: дафнии были малоактивны, теряли пигментацию, мало питались и находились большую часть эксперимента у дна. Также в хроническом опыте наблюдалась небольшая, но заметная гибель дафний и негативное влияние на процесс их размножения. Потомство также было слабым, слабопигментированным и малоактивным. Однако, стоит отметить присутствие в пробах дафний, отобранных на акваториях вместе с пробами. Местные дафнии были также с бледной пигментацией, мелкие и неактивные, наблюдалось их угнетенное состояние.

**Таблица 4.**

**Результаты патологоанатомического исследования рыб Нарвского водохранилища (лето 2021 г.)**

Акватории опловарьбы и станции отбора воды и донных отложений, №	Виды рыб	Количество исследованных рыб	Оценка состояния рыб		
			Процент пораженных токсикозом	Степень выраженности токсикоза в баллах	Количество экземпляров
1. Верхний бьеф водохранилища	Лещ	10	70	2-3,0	2,0-2; 3,0-5
	Окунь	10	80	2-3,0	2,0-4; 3,0-4
	Плотва	10	60	2-3,0	2,0-4; 3,0-2
2. Кордон Курдынка	Лещ	10	100	2-3-4,0	2,0-2; 3,0-7; 4,0-1
	Окунь	10	80	2-3,0	2,0-1; 3,0-7
	Плотва	10	80	2-3,0	2,0-2; 3,0-6
3. Центр водохранилища	Лещ	10	60	2-3,0	2,0-4; 3,0-2
	Плотва	10	50	2-3,0	2,0-3; 3,0-2
	Окунь	10	50	2-3,0	2,0-4; 3,0-2
4. Устье р. Плюсса	Лещ	10	80	2-3,0	2,0-4; 3,0-4
	Плотва	10	70	2-3,0	2,0-3; 3,0-4
	Окунь	10	80	2-3,0	2,0-4; 3,0-4
5. Устье р. Нарва	Лещ	10	50	2-3,0	2,0-3; 3,0-2
	Плотва	10	50	2-3,0	2,0-3; 3,0-3
	Окунь	10	60	2-3,0	2,0-4; 3,0-2

Результаты ихтиотоксикологического исследования на пяти акваториях водохранилища обобщены и представлены в таблице 4.

Из таблицы видно, что поражение рыб токсикозом отмечено на всех акваториях и носит массовый характер, протекая хронически. На акватории 1 проявления токсикоза представлены легкими и средними повреждениями, отмечены у всех видов рыб. На акватории 2, с замедленным водообменом – застойной, проявления токсикоза носят более выраженный характер с преобладанием особей с повреждениями средней тяжести, выявлен один экземпляр леща с тяжелыми необратимыми повреждениями. Прежде на этой акватории ихтиофауна была малочисленна и представлена не всеми видами рыб, обитающими в водоеме. На центральной акватории водоема, где постоянно наблюдается стоковое течение из р. Нарва, поражение рыб протекало в более легкой форме.

На акватории 4, тяготеющей к устью р. Плюсы, процент пораженных рыб несколько повышен и поражения носят довольно выраженный характер, что связано с выносом рекой загрязняющих веществ.

На акватории 5, испытывающей максимальное воздействие стока р. Нарвы, количество пораженных рыб сравнительно низкое с преобладанием особей с легкими обратимыми повреждениями. У исследованных рыб на всех акваториях водоема проявления хронического токсикоза были связаны с нарушением гемодинамики, реже с процессами перерождения, поражением жаберной ткани (отек, изменение окраски, очаги поверхностного некроза), инъекции сосудов головного мозга и отеком слизистой кишечника.

Проведенные исследования показали, что у рыб не выявлено таких, ранее наблюдаемых проявлений токсикоза, как повреждение глаз, язвенных процессов, очагов тканевого некроза в жаберной ткани, снижения упитанности, водянки полости тела, случаев выявления новообразований и пр.

Далее, ни на одной из акваторий не

было отмечено визуально наблюдаемого тотального поражения рыб, а повреждения рыб в массе носили обратный характер. Полученные результаты исследований связаны со снижением антропогенной нагрузки на водоем и особенно поступлением загрязняющих веществ аэрогенным путем и сбросными теплыми вод ТЭС. Анализируя полученные результаты по оценке эколого-токсикологического состояния водохранилища, следует отметить, что надежным показателем оценки уровня его загрязнения являются рыбы, которые имеют продолжительный жизненный цикл и способны накапливать патологическую информацию, которая проявляется на организменном уровне в виде визуальных симптомов токсикоза. В последние десятилетия рыбы приобретают всё большее значение, как индикаторы качества вод на организменном уровне, а также в период раннего онтогенеза [16,17,18,19 и др.].

Влияние загрязняющих веществ сказывается на численности рыб, их видовом составе и промысловой продуктивности водоема. В настоящее время по сообщениям рыболовов-промысловиков и любителей, численность рыб в водоеме возросла, особенно за счет молоди, существенно выросла и промысловая продуктивность.

## **ВЫВОДЫ**

Исследования прошлых лет в период максимальной антропогенной нагрузки на водоем, связанной с работой двух ТЭС, показали высокий уровень загрязнения водоема различными токсикантами, что отрицательно сказалось на его ихтиофауне – тотальным поражением рыб токсикозом и случаями её массовой гибели. В последние годы воздействие двух ТЭС снизилось в несколько раз и эколого-токсикологическое состояние водохранилища существенно улучшилось, что особенно благоприятно сказалось на состоянии ихтиофауны – её поражении токсикозом, который стал проявляться относительно доброкачественно. Возросло количество молоди рыб, что указывает на улучшение условий естественного воспроизводства, выросла промысловая про-



дуктивность водоёма – рыбы стали интегральным показателем эколого-токсикологического состояния водоёма.

На состояние ихтиофауны Нарвского водохранилища, кроме снижения антропогенной нагрузки, повлияли такие гидрологические особенности водоёма как влияние мощного притока относительно чистой воды рекой Нарва из Чудского озера, кратность водообмена, наличие течений и мелководность. Всё это способствовало сохранению рыбохозяйственного статуса Нарвского водохранилища в прошлом и в немалой степени улучшению его в настоящее время.

#### THE CURRENT ICHTHYOTOXICOLOGICAL STATE OF THE NARVA RESERVOIR

Arshanitsa N.M.1 – Candidate of Biological Sciences, ved.N.S., Stekolnikov A.A.2- Candidate of Biological Sciences, Grebennikov V.A.1- postgraduate student, specialist, Khamzin S.V.3 – bachelor, Ekimova S.B.1 - chief specialist ( 1. St. Petersburg branch of VNIRO State Research University (GosNIORH named after L.S. Berg), 2. FGBOU SPb GUVU, 3. FGBOU SPb GUAV)

#### ABSTRACT

Reservoirs are a special category of inland water bodies with specific features of water exchange, flow and level fluctuations. The quality of water in reservoirs is formed under the influence of three factors: natural and economic conditions for the formation of runoff in the catchment area, the quantity and quality of wastewater, atmospheric emissions of pollutants, and processes occurring in the reservoir itself. The quality of water in individual water areas of reservoirs is also heterogeneous. The article deals with the issue of the current ichthyotoxicological state of the Narva reservoir, a reservoir of fishery importance, two decades ago one of the most polluted in the North-West of Russia, which manifested itself in the total defeat of fish by toxicosis and cases of their death. This was due to a powerful anthropogenic load and the entry of pollutants in various ways, and especially by the aerogenic route. The present study is associated with a

decrease in anthropogenic load as a result of a decrease in the operation of the Narva and Baltic thermal power plants (TPP). As a result of analytical studies in a number of water areas of the reservoir, it was shown that the reduction of anthropogenic load primarily affected the condition of fish as generally accepted indicators of water quality and habitat – the percentage of toxicosis damage and the severity of the pathological process decreased.

The reduction of anthropogenic load was shown by the results of biotesting and materials of chemical-analytical research.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Авакян А.Б. Водохранилища и окружающая среда. М. Знания, 1982, с.48 (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Наука о Земле» №1)
2. Авакян А.Б., Шарапов В.А. Водохранилища гидроэлектростанций СССР. М. Энергия, 1977. – 399 с.
3. Аршаница Н.М., Гребцов М.Р., Стекольников А.А. Содержание металлов в мышечной ткани рыб некоторых водоемов Северо-Запада России. Международный вестник ветеринарии № 3. СПб, 2016 – с. 57-63.
4. Аршаница Н.М., Ляшенко О.А. Эколого-токсикологическая оценка состояния Чудского озера. Материалы докладов международной конференции, посвященной 110 летию КаспНИРХ. Астрахань, 2007. – 135-138 с.
5. Аршаница Н.М., Петрова И.В., Филатова Т.И. Ихтиотоксикологическая ситуация в Нарвском водохранилище. – Река Нарва и Нарвское водохранилище. Сб. статей – Тарту, 2000. - с. 75-78
6. Аршаница Н.М., Первозников М.А., Серопова Н.С. Ихтиотоксикологические исследования на Нарвском водохранилище и р. Нарва. Сб. научных трудов ГосНИОРХ, вып. 326, СПб, 2000. – с. 203-226
7. Аршаница Н.М., Петрова И.В., Филатова Т.Н. Характеристика антропогенной нагрузки на Нарвское водохранилище. Река Нарва и Нарвское водохранилище. Сб. статей о гидрологии, экономическом состоянии и водном хозяйстве. Тарту, 2000. – с. 70-75
8. Отчет о научно-исследовательской ра-

- боте «Некоторые особенности формирования токсикологического режима водохранилищ и поражения рыб токсикозами». ГосНИОРХ, СПб., 2003. – 60 с.
9. Чурсина Л.Д., Аршаница Н.М., Филатова Т.Н., Солнцев В.Н. Оценка гидрохимического и ихтиотоксикологического состояния Нарвского водохранилища. Тезисы докладов VI Всероссийского гидрологического съезда. Секция 4. Экологическое состояние водных объектов. – СПб: Гидрометеиздат, 2004. – с. 123-124
10. Аршаница Н.М., Чурсина Л.Д., Филатова Т.Н., Солнцев В.Н. Оценка гидрохимического и ихтиотоксикологического состояния Нарвского водохранилища. Сб. научных трудов, том VI. Современное состояние, проблемы охраны и рационального использования биоресурсов пресноводных водоемов. СПб.2007. – с.157-167
11. Ярвик А., Туровский А., Кадаков В. Нарвское водохранилище – важный объект транспортного сотрудничества на основе принципов уравновешенного развития. Сб. статей «Река Нарва и Нарвское водохранилище». Тарту, 2000. – с. 37-42
12. Факторы формирования рыбопродуктивности водохранилищ и пути его увеличения. Сб. научных трудов ГосНИОРХ, 1986, 242, Ленинград. с. 167
13. Носков А.С., Савинкова М.А., Анищенко Л.Я. Воздействие ТЭС на окружающую среду и способы снижения наносимого ущерба (токсикологические перспективы). Аналитический обзор/ А.С.Носков [и др.] – Новосибирск, 1990 – 184с
14. Аршаница Н.М., Ляшенко О.А. Эколого-токсикологическая оценка сбросных теплых вод электростанций. Сб. научных трудов Всероссийской конференции «эколого-биологические проблемы вод и биоресурсов: пути решения» Ульяновск, 2007. – 203-209 с.
15. Аршаница Н.М., Лесников Л.А. Патологоморфологический анализ рыб в полевых и экспериментальных условиях. Методы ихтиотоксикологических исследований. – Л. 1987. – с.7-9.
16. Браун В.М. Рыбы как индикаторы качества вод./В.М.Браун/. Научные основы контроля поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Л. 1977. – с.194-208.
17. Аршаница Н.М., Гребцов М.Р., Стекольников А.А. Рыбы, как индикаторы качества вод. Международный вестник ветеринарии №3 – СПб, 2017. – 72-76 с.
18. Аршаница Н.М., Стекольников А.А., Гребцов М.Р. Токсикозы рыб. Диагностика и профилактика. СПб. – М – Краснодар., 2022 – 159 с.
19. Курашов Е.А., Аршаница Н.М., Стекольников А.А., Гребцов М.Р., Барбашова М.А. Воспроизводство рыб и беспозвоночных при воздействии загрязняющих веществ. Международный вестник ветеринарии №3, 2020 – с.105-115