

УДК: 619:574.3
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.179

СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГО-ИХТИОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СВИРСКОЙ ГУБЫ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Романов А.Ю. * – аспирант, Аршаница Н.М. – к.б.н., вед. н.с.,
Екимова С.Б. – главный специалист
Санкт-Петербургский филиал Всероссийского научно-исследовательского
института рыбного хозяйства и океанографии (ГосНИОРХ им. Л.С. Берга)

*negan94@yandex.ru

Ключевые слова: Свирская губа, литораль, загрязнения, ихтиофауна, токсикоз, металлы, вода, донные отложения, уровень загрязнения

Keywords: Svirskaya bay, littoral, pollution, ichthyofauna, toxicosis, metals, water, bottom sediments, pollution level

Поступила: 20.02.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



РЕФЕРАТ

Значительная часть акватории губы представлена мелководной литоралью, которая характеризуется наибольшим биоразнообразием и биопродуктивностью. Примерно около 90% бентосных организмов, известных для Ладожского озера, являются обитателями литоральной зоны. Литораль и тяготеющие к ней акватории являются местом нереста и нагула всех видов рыб, обитающих в озере. Свирская губа Ладожского озера расположена в юго-восточной части акватории озера. Её площадь – составляет 260 км². Настоящее исследование на акватории Свирской губы с оценкой состояния ихтиофауны проведено в летний период 2022 г., а предыдущее – в восьмидесятые годы прошлого столетия. В статье представлены материалы биологических и химико-аналитических исследований в Свирской губе Ладожского озера, имеющей важное рыбохозяйственное значение. Показано эколого-ихтиотоксикологическое состояние исследованной акватории и важнейшее значение ихтиофауны в оценке состояния отдельных её участков. Так, мелководная литоральная зона оказалась более загрязненной по сравнению с более удаленной от побережья и более углубленной южной частью озера. Более высокий уровень загрязнения литорали, занимающей значительную часть ее акватории, отрицательно сказался на ихтиофауне водоёма и на её воспроизводстве, особенно на запасы ценных видов рыб, и структуры ихтиоценоза озера в целом. Результаты исследований также показали, что состояние губы в целом несколько улучшилось по сравнению с восьмидесятыми годами прошлого столетия, когда проводились последние ихтиотоксикологические исследования на данной акватории.

Учитывая состояние ихтиофауны и другие показатели проведенного исследования, уровень загрязнения Свирской губы Ладожского озера можно охарактеризовать как слабо выраженный сублетальный.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Свирская губа Ладожского озера расположена в юго-восточной части акватории озера. Её площадь – составляет 260 км² (см. рисунок). Значительная часть акватории губы представлена мелководной литоралью, которая характеризуется наибольшим биоразнообразием и биопродуктивностью. Примерно около 90% бентосных организмов, известных для Ладожского озера, являются обитателями литоральной зоны. Литораль и тяготеющие к ней акватории являются местом нереста и нагула всех видов рыб, обитающих в озере [1, 2]. В то же время литоральная зона первая испытывает на себе воздействие антропогенных факторов, включая поступление различными путями (сточные воды, поверхностный сток, из атмосферы) загрязняющих веществ и биогенных соединений. Это связано с мелководностью, малым объемом воды и кратностью разбавления. Комплексные исследования на акватории Ладожского озера, включая последние, наглядно показали это [3].

Максимальная глубина литоральной зоны Ладожского озера примерно 8,4 м, площадь – 2543 км², а объем водной массы – 9,67 км³, тогда как площадь акватории озера – 17678 км², а объем воды – 838 км³ [4].

Исходя из этих величин следует, что по площади литоральная зона составляет одну седьмую часть озера, а по объему воды меньше в десятки раз.

Прибрежная литоральная зона озера – это зона значительной гидродинамической активности, волнение генерирует целый комплекс течений (градиентные, энергетические, разрывные, стоковые), что способствует выносу загрязняющих веществ в открытую часть озера [5].

На основании изложенного, изучение эколого-ихтиотоксикологического состояния литоральной зоны, особенно ее южной части, где расположены акватории Шлиссельбургской, Волховской и Свирской губ с их обширными литоральными зонами, приобретает важное значение.

Настоящее исследование на аквато-

рии Свирской губы с оценкой состояния ихтиофауны проведено в летний период 2022 г., а предыдущее – в восьмидесятые годы прошлого столетия [6].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Биологические и химико-аналитические исследования проведены на четырех акваториях губы (см. рисунок), две из которых в литоральной зоне.

Особое внимание было уделено оценке состояния рыб как основных индикаторных организмов оценки качества вод с рыбохозяйственных позиций.

Оценка состояния рыб проводилась по пятибалльной шкале [7]. Биотестирование проб воды и элютриатов донных отложений проводили по общепринятой методике в остром и хроническом экспериментах (ФР.1.39.2007.03222). Химико-аналитические исследования проб воды и донных отложений на металлы выполнены в лаборатории рыбохозяйственной экологии Санкт-Петербургского филиала ФГБНУ «ВНИРО» (ГосНИОРХ им. Л.С. Берга) на приборе АА. – 7000 (Shimadzu) по методикам (ПНДФ..., 2010; М02-2406..., 2013 и М02-902-125, 2005) в соответствии с утвержденными общепринятыми методиками, гидрохимические и гидрологические показатели определялись с помощью зонда Aqua TROLL 500.



Рис. 1 – Литоральная зона южной части Ладожского озера (темный цвет); х – станции отлова рыб и отбора проб.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ/RESULTS AND DISCUSSION

Патологоанатомическое исследование разных видов рыб Свирской губы показало, что развитие и появление патологического процесса характерно для хронически протекающего токсикоза. Представленные в табл. 1 результаты исследования показывают, что поражение рыб токсикозом носит довольно массовый характер, особенно в литоральной зоне губы (акватории 1, 2), но проявляется в основном в легкой обратимой форме, но более выражено на станциях 1 и 2, где выявлены особи с повреждениями средней степени тяжести.

У исследованных рыб в основе всех патологических процессов лежит расстройство сосудистой системы, что визуально выражено в виде гиперемии, отека, изменения окраски, воспаления и пр.

Наружный осмотр показал повреждение жаберной ткани в виде гиперемии, отека, неравномерности окраски, очагов поверхностного некроза, а также желтушности жаберных крышек у отдельных особей. При вскрытии обнаружены изменения в печени, почках, кишечнике и реже в головном мозге. Выраженность патологического процесса отмечена у рыб мелководной литоральной зоны.

Сопоставляя результаты, полученные в настоящее время, с аналогичными полученными в восьмидесятых годах прошлого столетия, следует отметить – состояние рыб несколько улучшилось [8].

Биотестирование проб воды и донных отложений зафиксировало воздействие загрязняющих веществ в хроническом эксперименте: в двух пробах по одному из критериев токсичности – по плодовитости *Daphnia Magna Straus* на акватории литорали. Исследование в воде нормируемых металлов не выявило превышения нормативного содержания, за исключением незначительного превышения меди и марган-

ца, а содержание их в донных отложениях также было в пределах нормы. Однако количество металлов в литорали было существенно выше (табл. 2).

В таблице 3 представлены материалы некоторых гидрохимических показателей качества воды, которые также оказались в пределах нормы, особенно по таким важным критериям, как содержание растворенного кислорода в воде и величина pH.

Анализируя полученные материалы, необходимо пояснить причину происхождения токсикоза у рыб и воздействия на дафний при биотестировании не только на акватории Свирской губы, но и на других участках южной части Ладожского озера [9]. Хорошо известно, что загрязнение поверхностных вод приобрело глобальный характер с региональными и локальными особенностями и этот процесс стал неуправляемым, так как основные и наиболее опасные токсиканты – металлы и ксенобиотики распространяются аэрогенным путем на большие расстояния. Если металлов насчитывается десятки наименований и на основные из них разработаны ПДК, тогда как количество ксенобиотиков, поступающих в водоемы, исчисляется тысячами и постоянно пополняется новыми, на подавляющее большинство которых нет не только ПДК, но и каких-либо нормативов. [10]. По далеко не полным данным Института озероведения РАН, в Ладожском озере еще в прошлом веке поступало до 600 наименований загрязняющих веществ [11].

Исследование содержания металлов, поступающих в Ладожское озеро аэрогенным путем, показало, что в атмосферных осадках содержание металлов нередко превышает их содержание в воде [12, 13]. Это же еще в большей степени касается как ксенобиотиков, так и других токсикантов органической природы.

Следует полагать, что загрязнение Свирской губы связано с поступлением загрязняющих веществ не из организованных источников (сточные воды), а

аэрогенным путем и с загрязненным поверхностным стоком, тогда как на соседней акватории (Волховская губа) доминирует загрязнение, поступающее со сточными водами и аэрогенным путем из местных источников загрязнения [11, 14, 15, 16].

Проведенные исследования на акватории Свирской губы Ладожского озера показали, что биологические критерии качества вод оказались более результативными по сравнению с химико-аналитическими, и особенно это относится к рыбам как к чувствительным организмам, способным в течение продолжительного жизненного цикла накапливать патологическую информацию. [17, 18, 19, 20,]. Совокупное воздействие

загрязняющих веществ, включая металлы, является причиной их воздействия на ихтиофауну, это проявляется на всех этапах жизненного цикла рыб и особенно в период раннего онтогенеза. Массовое поражение рыб токсикозом, протекающим хронически, наблюдаемое на акватории озера начиная с восьмидесятых годов прошлого столетия, загрязнение нерестилищ рыб и нарушение естественного воспроизводства [21, 22, 23, 25, 26] сказались не только на запасах и уловах рыб в озере, но также и на качественном сдвиге в сторону доминирования видов с коротким жизненным циклом (корюшки, ряпушки) и практически приостановило промысловый вылов лосося и сига [27, 28, 29, 30].

Таблица 1

Результаты патологоанатомического исследования рыб
Свирской губы Ладожского озера (лето 2022 г.)

Акватория вылова рыб (станции)	Виды рыб	Количество исследован- ных рыб	Оценка состояния рыб		
			Процент поражения токсико- зом	Степень вы- раженности токсикоза в баллах	Количество экзем- пляров по баллам
1. Лито- ральная зона	Лещ	10	50	2-3,0	2,0-3; 3,0-3
	Плотва	10	70	2-3,0	2,0-4; 3,0-3
	Окунь	10	60	2-3,0-4,0	2,0-3; 3,0-2-4,0-1
	Уклея	10	40	2,0	2,0-4
2. Лито- ральная зона	Лещ	10	60	2-3,0	2,0-5; 3,0-1
	Плотва	10	50	2,0	2,0-5
	Окунь	10	60	2-3,0	2,0-4; 3,0-2
	Судак	10	50	2,0	2,0-5
	Ерш	10	60	2-3,0	2,0-2; 3,0-4
3, 4. За предела- ми лито- ральной зоны	Лещ	10	50	2-3,0	2,0-3; 3,0-1
	Окунь	10	40	2,0	2,0-4
	Судак	10	50	2,0	2,0-3
	Корюшка	10	30	2,0	2,0-3

Таблица 2

Концентрация тяжёлых металлов и нефтяных углеводородов, мг/кг,
в пробах донных отложений, отобранных в Свирской губе
Ладожского озера (лето 2022 г.)

Станция	Глубина, м	Cd	Pb	Cu	Mn	НУВ
1	7,1	0,006	1,30	1,00	213,22	128,4
2	8,3	0,022	1,68	1,82	353,57	121,6
3	6,4	0,233	8,42	5,09	8497,80	141,6
4	22	0,089	0,78	1,37	201,73	115,2
Ориентировочный норматив		35,0	0,35	30,0	1000,0	180

Таблица 3

Гидрохимические показатели Свирской губы Ладожского озера (лето 2022 г.)

Станция	Глубина в метрах	Эл, мкS/см	Минерализация, г/л	[O ₂], мг/л	% нас., [O ₂]	pH	Eh, mV
1	7,1	94,55	0,061	11,2	105,7	8,0	99
2	8,3	84,32	0,055	11,2	105,5	7,9	90
3	6,4	47,78	0,032	10,2	102,3	7,7	109
4	22	93,81	0,061	12,0	105,7	7,9	111

Примечание. Станции 6–8 – литоральные зоны.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Исследования показали, что Свирская губа Ладожского озера, имеющая важное рыбохозяйственное значение как место нереста и нагула ценных видов рыб, испытывает умеренное антропогенное воздействие, более выражено проявляется на акватории литоральной зоны, что сказывается на состоянии обитающих там рыб.

Загрязнение акватории губы связано в основном с поступлением загрязняющих веществ аэрогенным путем и с поверхностным стоком. Результаты исследований на других акваториях озера и анализ специальной литературы дали основание

считать, что более высокий уровень загрязнения литоральной зоны озера в целом способствовал поражению рыб токсикозом с воздействием на их воспроизводство, что в значительной степени привело к сокращению запасов ценных видов рыб и перестройке ихтиоценоза.

Биологические методы контроля качества вод (биоиндикация на рыбах и биотестирование на дафниях) оказались более значимыми по сравнению с химико-аналитическими.

Результаты проведенного исследования дали возможность оценить уровень загрязнения губы как слабо выраженный сублетальный.

THE CURRENT ECOLOGICAL AND ICHTHYOTOXICOLOGICAL STATE OF THE SVIR BAY OF LAKE LADOGA

Romanov A.Yu. – postgraduate student, **Arshanitsa N.M.** – Candidate of Biological Sciences, leading researcher, **Ekimova S.B.** – main expert

St. Petersburg Branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography (GosNIORH named after L.S. Berg)

*negan94@yandex.ru

ABSTRACT

A significant part of the water area of the bay is represented by a shallow littoral, which is characterized by the highest biodiversity and bioproductivity. Approximately 90% of benthic organisms known for Lake Ladoga are inhabitants of the littoral zone. The littoral and water areas gravitating towards it are a spawning and feeding place for all fish species living in the lake. The Svir Bay of Lake Ladoga is located in the southeastern part of the lake water area. Its area is 260 km². The present study in the water area of the Svirskaya Bay with an assessment of the state of the ichthyofauna was carried out in the summer of 2022, and the previous one - in the eighties of the last century. The article presents the materials of biological and chemical-analytical studies in the Svir bay of Lake Ladoga, which is of great fishery importance. The ecological and ichthyotoxicological state of the studied water area and the most important importance of the ichthyofauna in assessing the state of its individual sites are shown. Thus, the shallow littoral zone turned out to be more polluted compared to the more remote from the coast and more deepened southern part of the lake. A higher level of pollution of the littoral, which occupies a significant part of its water area, negatively affected the ichthyofauna of the reservoir and its reproduction, which led to an impact on fish stocks, especially valuable species, and the structure of the ichthyocenosis of the lake as a whole. The results of the research also showed that the condition of the lip as a whole has improved somewhat compared to the eighties

of the last century, when the last ichthyotoxicological studies were conducted in this water area.

Taking into account the state of the ichthyofauna and other indicators of the study, the pollution level of the Svir Bay of Lake Ladoga can be characterized as weakly expressed sublethal.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Курашов, Е.А. Литоральная зона Ладожского озера / Е.А. Курашов. – СПб.: Нестор-История, 2011. – 415 с.
2. Кудерский, Л.А. Избранные труды. – СПб. – Москва. – 2013. – Т. 3. – 326 с.
3. Крылова, Ю.В. Оценка экологического состояния литоральной зоны Ладожского озера по результатам исследований 2019 года / Ю.В. Крылова, Е.А. Курашов и др. // Труды Карельского научного центра РАН. – 2022. – № 2. – С. 13–34.
4. Науменко, М.А. Морфометрия и особенности гидрологического режима / М.А. Науменко, С.Г. Каретников // Ладожское озеро: прошлое, настоящее, будущее. – СПб.: Наука, 2002. – С. 16–49.
5. Распопов, И.М. Роль волнения в формировании биоценозов бентоса больших озер / И.М. Распопов, Ф.Ф. Воронцов. – Л.: Наука, 1990. – 114 с.
6. Аршаница, Н.М. Влияние загрязнения на экосистему Ладожского озера / Н.М. Аршаница // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 1988. – Вып. 285. – С. 138.
7. Аршаница, Н.М. Патоморфологический анализ в полевых и экспериментальных условиях / Н.М. Аршаница, Л.А. Лесников // Методы ихтиотоксикологических исследований. – 1987. – С. 7–9.
8. Аршаница, Н.М. Материалы ихтиотоксикологических исследований в бассейне Ладожского озера / Н.М. Аршаница // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 1988. – Вып. 285. – С. 12–23.
9. Романов, А.Ю. Современный ихтиотоксикологический режим Волховской губы Ладожского озера / А.Ю. Романов, Н.М. Аршаница, М.Р. Гребцов, А.А. Стекольников и др. // Международный вестник ветеринарии. – СПб. – 2021. – № 4. – С. 103–108.

10. Моисеенко, Т.И. Водная экотоксикология, теоретические и практические аспекты / Т.И. Моисеенко. – Москва: Наука, 2006. – 399 с.
11. Стекольников, А.А. Особенности сезонного эколого-токсикологического состояния реки Волхов / А.А. Стекольников // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2014. – № 3. – С. 236–241.
12. Аршаница, Н.М. Эколого-токсикологическая оценка аэрогенного пути загрязнения рыбохозяйственных водоемов / Н.М. Аршаница, М.Р. Гребцов, А.А. Стекольников // Ветеринарный врач. – Казань. – 2013. – № 1. – С. 6–9.
13. Аршаница, Н.М. Токсикорезистентность рыб к основным типам загрязняющих веществ / Н.М. Аршаница, Д.С. Беляев, А.А. Стекольников и др. // Международный вестник ветеринарии. – СПб. – 2018. – № 3. – С. 110–123.
14. Гребцов, М.Р. К вопросу аэрогенного поступления металлов в Волховскую губу Ладожского озера / М.Р. Гребцов // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2015. – № 2. – С. 374–376.
15. Гребцов, М.Р. Содержание металлов в рыбах Волховской губы Ладожского озера / М.Р. Гребцов // Материалы III Международного конгресса ветеринарных фармакологов и токсикологов. – СПб. – 2014. – С. 72–74.
16. Гребцов, М.Р. Содержание металлов в рыбах Волховской губы Ладожского озера и среде их обитания / М.Р. Гребцов // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2013. – № 4. – С. 70–74.
17. Романов, А.Ю. Река Волхов как источник загрязнения Ладожского озера / А.Ю. Романов, Н.М. Аршаница и др. // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – СПб. – 2021. – № 2. – С. 96–99.
18. Леонов, А.Г. Рыбные ресурсы Ладожского озера и их использование в начале XXI века / А.Г. Леонов, А.Я. Тесля // Исследование больших озер Северо-Запада европейской части России. – СПб. – 2009. – С. 121–136.
19. Лукьяненко, В.И. Общая ихтиотоксикология / В.И. Лукьяненко. Алхименко, А.П. Ладоге нужен закон об охране труда / А.П. Алхименко, В.А. Румянцев // Ладожскому озеру – надежную защиту. – СПб. : Институт озерадения РАН, 2009. – С. 4–13.
20. Федорова, Г.В. Ихтиоценоз Ладожского озера и его охрана при загрязнении и антропогенном эвтрофировании / Г.В. Федорова // Дис. докт. биол. наук. – М., 1992. – 77 с.
21. Огородникова, В.А. Распределение и численность ранней молодежи массовых видов рыб в южной части Ладожского озера / В.А. Огородникова, О.Н. Суслопарова // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 1995. – Вып. 314. – С. 231–247.
22. Аршаница, Н.М. Влияние загрязнений на воспроизводство рыб / Н.М. Аршаница, О.А. Ляшенко // Материалы Международной конференции по воспроизводству рыб. – СПб. : Нестор-История, 2010. – С. 12–14.
23. Курашов, Е.А. Воспроизводство рыб и беспозвоночных при воздействии загрязняющих веществ / Е.А. Курашов, Н.М. Аршаница и др. // Международный вестник ветеринарии. – СПб. – 2020. – № 3. – С. 105–115.
24. Румянцев, В.А. Формирование качества воды Ладожского озера в современных условиях, как основа его рыбных ресурсов. / В.А. Румянцев // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 2007. – Вып. 337. СПб. – С. 472–483.
25. Кудерский, Л.А. Избранные труды – СПб. – Москва. – 2017. – Т. 5. – 291 с.
26. Кудерский, Л.А. Рыбы в опасности: некоторые последствия хозяйственной деятельности на внутренних водоемах / Л.А. Кудерский // Сб. научных трудов «Водные биологические ресурсы, воспроизводство и экология гидробионтов». – М., 1982. – Вып. 66. – С. 56–83.
27. Алхименко, А.П. Ладоге нужен закон об охране труда / А.П. Алхименко, В.А. Румянцев // Ладожскому озеру –

надежную защиту. – СПб. : Институт озерадения РАН, 2009. – С. 4–13.

28. Аршаница, Н.М. Антропогенное влияние на популяцию сигов южной части Ладожского озера / Н.М. Аршаница, Г.В. Федорова // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 1986. – Вып. 257. – С. 75–84.

29. Аршаница, Н.М. Использование патологоанатомического и патоморфологического методов для оценки состояния рыб Ладожского озера. Проблемы ихтиологии в начале XXI века / Н.М. Аршаница, Л.С. Онищенко // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 2009. – Вып. 338. – С. 11–15.

30. Аршаница, Н.М. Памятная записка о симпозиуме по водной токсикологии (СЭВ) / Н.М. Аршаница. – Л. – 1970. – С. 79–84.

REFERENCES

1. Kurashov, E.A. Littoral zone of Lake Ladoga / E.A. Kurashov. – St. Petersburg.: Nestor-History, 2011. – 415 p.
2. Kudersky, L.A. Selected works – St. Petersburg, –Moscow. – 2013. – Vol. 1. 3. – 326 p.
3. Krylova, Yu.V. Assessment of the ecological state of the littoral zone of Lake Ladoga according to the results of research in 2019 / Yu.V. Krylova, E.A. Kurashov et al. // Proceedings of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2022. – No. 2. – pp. 13–34.
4. Naumenko, M.A. Morphometry and features of the hydrological regime / M.A. Naumenko, S.G. Karetnikov // Lake Ladoga: past, present, future. –St. Petersburg.: Nauka, 2002. – pp. 16–49.
5. Raspopov, I.M. The role of waves in the formation of benthic biocenoses of large lakes / I.M. Raspopov, F.F. Vorontsov. – L.: Nauka, 1990. – 114 p.
6. Arshanitsky, N.M. Influence of pollution on the ecosystem of Lake Ladoga / N.M. Arshanitsa // Collection of scientific works of GosNIORH. – 1988. – Issue 285. – 138.P.
7. Arshanitsky, N.M. Pathomorphological analysis in field and experimental conditions / N.M. Arshanitsa, L.A. Lesnikov //

methods of ichthyotoxicological studies. – 1987. – pp. 7–9.

8. Arshanitsky, N.M. Materials of ichthyotoxicological studies in the Ladoga Lake basin / N.M. Arshanitsa // Collection of scientific works of GosNIORH. – 1988. – Issue 285. – pp. 12–23.

9. Romanov, A.Yu. Modern ichthyotoxicological regime of the Volkhov Bay of Lake Ladoga / A.Yu. Romanov, N.M. Arshanitsa, M.R. Grebtsov, A.A. Stekolnikov et al. // International Bulletin of Veterinary Medicine. – SPb., – 2021. – № 4. – Pp. 103–108.

10. Moiseenko, T.I. Aquatic ecotoxicology, theoretical and practical aspects / T.I. Moiseenko. – Moscow: Nauka, 2006. –399 P.

11. Stekolnikov, A.A. Features of the seasonal ecological and toxicological state of the Volkhov River / A.A. Stekolnikov // issues of regulatory regulation in veterinary medicine. – 2014. – No. 3. – pp. 236–241.

12. Arshanitsky, N.M. Ecological and toxicological assessment of the aerogenic pathway of pollution of fishery reservoirs / N.M. Arshanitsa, M.R. Grebtsov, A.A. Stekolnikov // Veterinarian. – Kazan. – 2013. – No. 1. – pp. 6–9.

13. Arshanitsky, N.M. Toxicoresistance of fish to the main types of pollutants / N.M. Arshanitsa, D.S. Belyaev, A.A. Stekolnikov et al. // International Bulletin of Veterinary Medicine. – SPb., – 2018. – № 3. – Pp. 110–123.

14. Grebtsov, M.R. On the issue of aerogenic intake of metals in the Volkhov Bay of Lake Ladoga / M.R. Grebtsov // issues of regulatory regulation in veterinary medicine. – 2015. – No. 2. – pp. 374–376.

15. Grebtsov, M.R. Metal content in Fish of the Volkhov Bay of Lake Ladoga / M.R. Grebtsov // materials of the III International Congress of Veterinary Pharmacologists and Toxicologists. – SPb., – 2014. – pp. 72–74.

16. Grebtsov, M.R. The content of metals in Fish of the Volkhov Bay of Lake Ladoga and their habitats / M.R. Grebtsov // issues of regulatory regulation in veterinary medicine. – 2013. – No. 4. – pp. 70–74.

17. Romanov, A.Yu. The Volkhov River as a source of pollution of Lake Ladoga / A.Yu. Romanov, N.M. Arshanitsa et al. // Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. – SPb., – 2021. – № 2. – Pp. 96-99.
18. Leonov, A.G. Fish resources of Lake Ladoga and their use at the beginning of the XXI century / A.G. Leonov, A.Ya. Teslya // research of large lakes of the North-Western European part of Russia. – St. Petersburg, – 2009. – pp. 121-136.
19. Lukyanenko, V.I. General ichthyotoxicology / V.I. Lukyanenko. Alkhimenko, A.P. Ladoga needs a law On labor protection / A.P. Alkhimenko, V.A. Rummyantsev // Ladoga Lake – reliable protection. – St. Petersburg, : Institute of Lake Science of the Russian Academy of Sciences, 2009. – pp. 4-13.
20. Fedorova, G.V. Ichthyocenosis of Lake Ladoga and its protection during pollution and anthropogenic eutrophication / G.V. Fedorova // Dis. dokt. biol. nauk. – M., 1992. – P. 77.
21. Ogorodnikova, V.A. Distribution and abundance of early young mass fish species in the southern part of Lake Ladoga / V.A. Ogorodnikova, O.N. Susloparova // Collection of scientific works of GosNIORH. – 1995. – Issue 314. – pp. 231-247.
22. Arshanitsky, N.M. Influence of pollution on fish reproduction / N.M. Arshanitsa, O.A. Lyashenko // Proceedings of the International Conference on Fish Reproduction. – St. Petersburg, : Nestor-History, 2010. – pp. 12-14.
23. Kurashov, E.A. Reproduction of fish and invertebrates under the influence of pollutants. A. Kurashov, N.M. Arshanitsa et al. // International Bulletin of Veterinary Medicine. – SPb., – 2020. – № 3. – Pp. 105-115.
24. Rummyantsev, V.A. Formation of the water quality of Lake Ladoga in modern conditions, as the basis of its fish resources. / V.A. Rummyantseva // Collection of scientific works of GosNIORH. – 2007. – Issue 337. SPB., – pp. 472– 483.
25. Kudersky, L.A. Selected works – SPb. – Moscow. – 2017. – Vol. 1. 5. - 291 p.
26. Kudersky, L.A. Fish in danger: some consequences of economic activity in inland waters / L.A. Kudersky // Collection of scientific papers "aquatic biological resources, reproduction and ecology of aquatic organisms". – M., 1982. – Issue 66. – pp. 56-83.
27. Alkhimenko, A.P. Ladoga we need a law on labor protection / A.P. Alkhimenko, V.A. Rummyantsev // Ladoga Lake – reliable protection. – St. Petersburg, : Institute of Lake Studies of the Russian Academy of Sciences, 2009. – pp. 4-13.
28. Arshanitsky, N.M. Anthropogenic influence on the whitefish population of the southern part of Lake Ladoga / N.M. Arshanitsa, G.V. Fedorova // Collection of scientific works of GosNIORH. – 1986. – Issue 257. – pp. 75-84.
29. Arshanitsky, N.M. The use of pathoanatomic and pathomorphological methods for assessing the condition of fish of Lake Ladoga. Problems of ichthyology at the beginning of the XXI century / N.M. Arshanitsa, L.S. Onishchenko // Collection of scientific works of GosNIORH. – 2009. – Issue 338. – pp. 11-15.
30. Arshanitsky, N.M. A memorandum on the Symposium on Aquatic Toxicology (CMEA) / N.M. Arshanitsa. – L. – 1970. – pp. 79-84.