

УДК: 619:574.3

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.1.192

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ИХТИОФАУНУ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА И МЕРЫ ПРОФИЛАКТИКИ

Романов А.Ю. * – специалист лаборатории рыбохозяйственной экологии;
Аршаница Н.М. – канд. биол. наук, вед. науч. сотр. лаборатории рыбохозяйственной
экологии; Колосовская Е.В. – вед. специалист лаборатории рыбохозяйственной экологии;
Аникина В.В. – ст. специалист лаборатории рыбохозяйственной экологии;
Гребенников В.А. – специалист лаборатории рыбохозяйственной экологии.

Санкт-Петербургский филиал Всероссийского научно-исследовательского
института рыбного хозяйства и океанографии («ГосНИОРХ» им.Л.С. Берга»)

*negan94@yandex.ru

Ключевые слова: Ладожское озеро, южная акватория, ихтиофауна, воспроизводство, загрязнение, токсикоз, литоральная зона, профилактика

Keywords: Lake Ladoga, southern water area, ichthyofauna, reproduction, toxicosis, pollution, littoral zone, prevention

Поступила: 25.01.2024

Принята к публикации: 25.03.2024

Опубликована онлайн: 02.04.2024



РЕФЕРАТ

Ладожское озеро – крупнейший водоем Европы с огромными запасами питьевой воды, имеет особо важное санитарно-гигиеническое значение для Северо-Западного региона России. Озеро также имеет существенное рыбохозяйственное значение – годовые уловы достигали 6000т. в год. Однако за последние несколько десятилетий рыбохозяйственный статус водоема существенно изменился: запасы и уловы наиболее ценных видов рыб резко снизились в результате антропогенного воздействия – загрязнения и эвтрофирования. Химико-аналитические исследования проб воды, донных отложений, атмосферных осадков и рыб на металлы выполнены в лаборатории рыбохозяйственной экологии Санкт-Петербургского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга») на атомно-абсорбционном спектрофотометре AA – 7000 (Shimadzu) по утвержденным методикам (ПНДФ., 2010; М02-2406., 2013 и М02-902-125, 2005), и в исследовательской лаборатории продуктов питания и объектов природы «АНАЛЭКТ» института Минздрава РФ, методом атомно-абсорбционной спектроскопии по утвержденным методикам. Гидрохимические и гидрологические показатели определялись с помощью автоматического многопараметрического зонда Aqua TROLL 500. Наиболее ценная в рыбохозяйственном отношении южная акватория озера оказалась наиболее уязвимой к токсическому воздействию. Загрязнение нерестилищ, поражение рыб токсикозом, нарушение естественного воспроизводства в сочетании с гидрологическими особенностями водоема привели к необратимым до сих пор преобразованиям в структуре ихтиофауны в целом для всего озера. Выраженные последствия для ихтиофауны водоема связаны с чувствительностью

рыб к загрязняющим веществам, их способностью накапливать патологическую информацию в течение продолжительного жизненного цикла. Гидрологические особенности южной акватории Ладожского озера в сочетании с размещением источников загрязнения и путями поступления загрязняющих веществ, затрудняют проведение профилактических мероприятий на этой наиболее важной в рыбохозяйственном отношении акватории.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Рост численности населения в планетарном масштабе, развитие промышленности, интенсификация сельского хозяйства и успехи прикладной химии явились причиной глобального экологического кризиса с чертами неуправляемости процесса [1].

Токсикологический фактор стал доминирующим и наиболее опасным для пресноводных водоемов. Эта проблема стала актуальной и для России, и весьма значимой для северо-западного региона страны, и в частности для Ладожского озера с огромным запасом пресной воды - 838 км³. Площадь озера составляет 17678 км², с территорией водосбора 258,6 тыс. км², на которой расположены 48 тысяч рек и речек общей протяженностью 126 тыс. км. Вместе с водостоком, с водосбора в озеро выносятся различные загрязняющие вещества и биогены. Ладожское озеро относится к глубоководным водоемам, максимальная глубина достигает 230 метров, средняя – 46,9 м.

Смена воды в озере происходит один раз в 11 лет [2]. Нерест, нагул и вылов основных видов рыб происходят в мелководной южной части озера, включающей три губы: Шлиссельбургскую, Волховскую и Свирскую, где находится обширная литеральная зона с глубинами до 8,4 м, площадь которой 2543 км², а объем водной массы всего 9,67 км³, тогда как площадь озера 17678 км², а объем воды 838 км³ [3]. Исходя из этих данных, следует, что площадь литеральной зоны в 7 раз меньше площади озера, тогда как объем воды меньше в десятки раз - 83 раза. Отсюда следует, что поступление загрязняющих веществ различными путями - аэрогенным, с загрязненным поверхностным стоком и сточными водами, создают высокий уровень загрязнения, что выражено сказывается на биоте этой акватории, которая имеет особо важное рыбохо-

зяйственное значение.

Загрязнение озера началось с конца 60-х годов прошлого столетия и стало быстро нарастать по мере развития промышленности и сельского хозяйства на территории водосбора, что привело к мощному токсическому и биогенному воздействию на водоем, выраженно сказавшись на всех звеньях экосистемы озера, особенно на рыбах, что показали комплексные исследования 80-х годов прошлого столетия, и озеро из типично олиготрофного водоема приобрело черты мезотрофности на некоторых акваториях, что было вызвано как воздействием загрязняющих веществ, так и антропогенного эвтрофирования [4].

Следует особо отметить, что регион водосбора озера характеризуется высоким уровнем экономического развития с концентрацией производства выше общероссийского и таким образом озеро аккумулирует все негативные последствия промышленности и сельского хозяйства [5]. Токсикозы рыб приобрели массовый характер с нарушением процесса их воспроизводства, что особенно пагубно сказалось на наиболее ценных видах – сигах и лососях, как наиболее чувствительных к основным типам загрязнения водоемов [6,7]. Последующие исследования также показали нарушение воспроизводства разных видов рыб на акватории южной части озера [8], что особенно выражено проявлялось в Волховской губе и р. Волхов [9,10]. Исследования в Волховской губе дали возможность оценить значимость металлов в загрязнении акватории и их воздействия на рыб, среди которых была выявлена ртуть в действующих концентрациях [11].

Исследование атмосферных осадков дало возможность оценить значимость поступления металлов этим путём [12,13]. Оказалось, что мощным источником поступления загрязняющих веществ в озеро являются загрязнённые воды реки Вол-

хов, среди которых были металлы [14]. Так, река Волхов в течение года выносит в Волховскую губу и далее в озеро 19200 т. железа, 4193 т. алюминия, 2300 т. марганца, 145 т. меди, 90 т. кобальта, 49 т. свинца, 248 т. цинка и так далее [15], также много других токсикантов, учитывая профиль промышленных предприятий г.г. Великого Новгорода, Кириши и Волхова.

Нарушение естественного воспроизводства рыб, особенно ценных видов, выражено сказало на их запасах и уловах и привело к перестройке структуры ихтиофауны в озере в целом. Так, по данным Института озераведения Академии наук Российской Федерации, уже в новом тысячелетии сократился общий объём вылова рыбы. Резко снизилась численность озёрного лосося, озёрной форели, палии, озёрно-речных сига, которые потеряли быстрое промысловое значение. И озеро из лососево-сигового водоёма стало превращаться в корюшко-ряпушковый - в озере стали преобладать рыбы с коротким жизненным циклом [2,5,16].

Выраженное воздействие загрязняющих веществ на ихтиофауну сказало не только на организменном, но и на популяционном уровне в южной акватории озера, что явилось следствием сочетания гидрологических особенностей акватории и воздействием загрязняющих веществ, поступающих различными путями.

Как показано выше, в южной части озера расположена обширная акватория литеральной зоны, которая имеет особое важное рыбохозяйственное значение, как место нереста и нагула молоди рыб [1,5,17,18,19,20]. В создавшихся условиях, как показано нами, эта акватория оказалась чрезвычайно уязвимой к токсическому воздействию как в прошлом, так и в настоящее время. По мнению специалистов-биологов, исследование литорали больших глубоководных озёр, к которым относится Ладожское озеро, особенно важно, так как литеральная зона наиболее подвержена антропогенному воздействию по сравнению с водной массой пелагиали, и первый испытывает это воздействие, которое сказывается на гидробионтах.

Всё это указывает на индикаторную роль литорали и в оценке экологического состояния озера в целом, что показано на состоянии зоопланктона и зообентоса [25]. С чем нельзя не согласиться, так как концентрация вредных веществ здесь будет несравненно выше по сравнению с огромными водными массами глубоководной части озера, где степень разбавления загрязняющих веществ очень высока. Таким образом анализ литературных источников показывает большую значимость этой акватории в рыбохозяйственном отношении и её уязвимость к антропогенному воздействию, что показано на примере различных представителей биоты, за исключением ихтиофауны. Учитывая это, целью наших исследований была ихтиофауна, которая является признанным индикатором качества вод с рыбохозяйственных позиций. Исследования были проведены на южной акватории озера и имели профилактическую направленность на разработку научно-обоснованных мероприятий для нормализации токсикологического режима и структуры ихтиофауны в озере.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования проведены в различные сезоны в период 2020-2023 годов на южной акватории Ладожского озера, включая Шлиссербургскую, Волховскую, Свирскую губы с обширными литеральными зонами. Производился массовый отлов различных видов и возрастных групп рыб, включая личинок.

Использовались различные орудия лова. Оценка патологоэнтимического и патологоморфологического состояния рыб проводилась с использованием общепринятых методик [26,29,30]. Отловлено и исследовано около тысячи экземпляров рыб и более пяти тысячи личинок. Атмосферные осадки (дождь) неоднократно отбирались на трех прибрежных участках южного побережья Ладожского озера. Там же отбирались и пробы воды в озере. Биотестирование проб воды, донных отложений и атмосферных осадков проводили по общепринятым методикам в

остром и хроническом экспериментах (ФР.1.39.2007.03.222).

Химико-аналитические исследования проб воды, донных отложений, атмосферных осадков и рыб на металлы выполнены в лаборатории рыбохозяйственной экологии Санкт-Петербургского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга) на атомно-абсорбционном спектрофотометре АА – 7000 (Shimadzu) по утвержденным методикам (ПНДФ., 2010; М02-2406., 2013 и М02-902-125, 2005), и в исследовательской лаборатории продуктов питания и объектов природы «АНАЛЭКТ» института Минздрава РФ, методом атомно-абсорбционной спектрометрии по утвержденным методикам. Гидрохимические и гидрологические показатели определялись с помощью автоматического многопараметрического зонда Aqua TROLL 500.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

По результатам патологоанатомического исследования рыб южной акватории озера независимо от сезона года, отмечалось поражение рыб токсикозом, протекающим хронически и наиболее массово в литоральной зоне на всех обследованных акваториях, но особенно выражено в Волховской губе. [21,22,23,24]. Признаки токсикоза более четко наблюдались у рыб старших возрастных групп и хищников. Поражение было связано с нарушением гемодинамики, патологические проявления токсикоза наиболее часто и четко наблюдались в таких органах, как жабры, печень, почки, реже в головном мозге. Проведённое патологоанатомическое исследование рыб на трёх акваториях южной части озера за пределами литеральной зоны показало, что и на этих акваториях рыбы поражены токсикозом (Таблица 1), что связано с выносом загрязняющих веществ из прибрежной зоны.

Сопоставляя полученные результаты с аналогичными, полученными на литоральных акваториях, следует отметить проявление симптомов хронического токсикоза с аналогичными проявлениями

патологического процесса, но менее выраженного и менее массовым проявлением у корюшки и ряпушки. Поражение рыб токсикозом за пределами литоральной зоны связано с наличием гидродинамического воздействия и постоянными турбулентными и конвективными перемещениями воды за пределы литоральной зоны - выносом загрязняющих веществ в озеро [24].

Сопоставляя результаты исследований с восьмидесятью годами прошлого столетия и более поздними, необходимо отметить некоторое снижение массовости поражения рыб и более слабую выраженность патологического процесса [7,9]. Проведенное нами патоморфологическое исследование рыб показало, что гистоморфологические нарушения во внутренних органах рыб носят массовый характер и являются выраженным проявлением воздействия токсикологического фактора на ихтиофауну, что в целом указывает на значительный уровень загрязнения среды обитания рыб [22].

Исследования показали выраженное проявление токсикоза в различных органах рыб. В жаберной ткани наблюдали изменения структурных элементов от лепесточков до капилляров. В печени рыб отмечали дистрофические процессы, жировое перерождение, иногда с очагами некроза. В почках были обнаружены очаговые и различные кровоизлияния, зернистая дистрофия. Проявления токсикоза отмечали и в тканях головного мозга, хотя она менее реактивна по сравнению с тканями других органов. Эти исследования показали, что патоморфологические проявления хронического токсикоза отмечены у рыб и за пределами литеральной зоны, но они более четко проявлены у туводных рыб литеральной зоны.

Проведённые нами исследования личинок на трёх участках литеральной зоны показали их массовое и выраженное поражение токсикозом [23]. Отлов личинок разных видов рыб и их визуальное исследование дало возможность определить процент поражённых личинок по акваториям. Самый высокий процент поражён-

ных токсикозом личинок выявлен в Волховской губе и в зависимости от размещения источника загрязнения он колебался от 40 до 70 %. В Шлиссельбургской и Свирской губах процент визуального поражения личинок был в пределах 30 % от числа исследованных. На всех акваториях повреждения личинок носили однотипный характер - повреждение костной ткани, искривление позвоночника, деформация головы, изменение окраски тела, пучеглазие, анемия, брюшная водянка и пр. Были обнаружены погибшие особи, особенно в Волховской губе, на акваториях, тяготящих к источнику загрязнения - место сброса сточных вод с Сяського ЦБК, близ устья реки Волхов. Выявленные патологии касались различных видов рыб, кроме лосося и сига, которые наиболее чувствительны к основным типам загрязнения водоемов, включая период раннего онтогенеза [6]. Это связано не только с чувствительностью данных рыб, а также с длительным инкубационным периодом, что является основной причиной резкого снижения запасов этих рыб в озере.

Исследование атмосферных осадков на трёх акваториях южного побережья озера показало значимость поступления загрязняющих веществ аэрогенным путём. Это весьма пагубно для мелководной

литеральной зоны, для всех звеньев биоты, но особенно для рыб и прежде всего для их воспроизводства. Исследование атмосферных осадков на содержание металлов показало их наличие в колеблющихся концентрациях от величин ПДК до их превышения в десятки и более раз [24]. Однако биотестирование проб во всех случаях показало их острую токсичность, включая пробы, где содержание металлов было низким и не могло быть причиной острой токсичности. Это указывало на наличие в пробах токсикантов органической природы и их особую опасность для мелководной литеральной зоны, и особенно пагубно влияющих на воспроизводство рыб - основу сохранения вида, популяции и структуры ихтиоценоза в целом. По нашим данным, можно полагать, что именно загрязнение литеральной зоны явилось основной причиной резкого снижения запасов в озере лосося и особенно сига. И это несмотря на функционирование Волховского рыбодного завода, водоснабжение которого осуществляется с акватории, имеющей высокий уровень загрязнения, что выражено сказывается на состоянии потомства со случаями массовой гибели инкубируемой икры и личинок [27].

Биотестирование проб воды и донных

Таблица 1 – Результаты патологоанатомического исследования рыб Южной акватории Ладожского озера за пределами литеральной зоны (2023 г.)

Акватория вылова рыб (станции)	Виды рыб	Количество исследованных рыб	Оценка состояния рыб		
			Процент поражения токсикозом	Степень выраженности токсикоза в баллах	Количество экземпляров по баллам
1. Свирская губа	корюшка	20	30	2,0	2,0-6
	ряпушка	10	20	2,0	2,0-2
	ерш	10	40	2,0	2,0-4
	окунь	10	40	2,0	2,0-4
	судак	10	40	2-3	2,0-2;3,0-2
2. Волховская губа	корюшка	20	30	2-3,0	2,0-3; 3,0-3
	ряпушка	10	20	2,0	2,0-2
	ерш	10	40	2-3,0	2,0-1; 3,0-3
	окунь	10	40	2-3,0	2,0-2;3,0-2
	судак	10	40	2-3,0	2,0-2; 3,0-2
3.Шлиссельбургская губа	лещ	10	30	2-3,0	2,0-1;3,0-2
	окунь	10	30	2-3,0	2,0-2;3,0-1
	судак	10	40	2-3,0	2,0-2;3,0-2
	корюшка	10	30	2,0	2,0-3

отложений показало лишь хроническую токсичность, и этот метод оценки уровня загрязнения оказался менее эффективным по сравнению с рыбами, что связано с гидрологическими особенностями исследуемой акватории и одномоментностью взятия пробы. Содержание металлов в воде и донных отложениях также было низким и связано с теми же факторами, что сказались при биотестировании. Гидрохимические исследования на всех акваториях не выявили существенных отклонений от нормы. Рассматривая результаты исследования рыб как индикаторных организмов качества вод в южной акватории Ладожского озера, нельзя не согласиться с мнением специалистов экологов-токсикологов, что рыбы приобретают все большее значение в этом качестве, и особое значение имеет такой показатель, как воспроизводство. Именно реакция рыб на действие токсикологического фактора дает возможность в условиях южной акватории Ладожского озера, объяснить причину структурной перестройки их ихтиофауны в озере [7,18,28]. В условиях мелководных зон озера это связано с гидрологическими особенностями в местах нереста рыб, уровнем загрязнения и чувствительностью рыб к различным типам загрязнения, с пролонгированными последствиями, особенно в период раннего онтогенеза. Анализируя результаты проведенных исследований, необходимо отметить, что наиболее высокий уровень загрязнения отмечен в Волховской губе, а Шлиссельбургская и Свирская губы загрязнены в меньшей степени.

ВЫВОДЫ/ CONCLUSION

Исследования, проведенные на акватории южной части Ладожского озера, имеющей особо важное рыбохозяйственное значение, показали, что и в настоящее время здесь отмечается неблагоприятный токсический режим, оказывающий выраженные воздействия на ихтиофауну и ее воспроизводство, особенно значимо проявляющийся в литеральной зоне. Наиболее информативными индикаторами уровня загрязнения оказались рыбы, особенно в период раннего онтогенеза.

Основными путями поступления загрязняющих веществ оказались сточные воды, загрязненный поверхностный сток и их аэрогенное поступление, особенно действенное в условиях литоральной зоны. Нарушение естественного воспроизводства рыб явилось основной причиной изменения структуры рыбного населения озера, как количественного, так и качественного характера. Произошла смена доминантных видов рыб. Основная роль стала принадлежать рыбам с коротким жизненным циклом (корюшка, ряпушка). Определена закономерная зависимость между уровнем загрязнения и массовостью токсикозов, выраженностью патологического процесса и воздействием на воспроизводство рыб, исходя из видовых особенностей. Рыбы, как завершающие звено трофических цепей в водоёме, аккумулируют в себе изменения в среде обитания на всех этапах своего развития, а поэтому должны быть обязательным объектом исследования в водоёмах, имеющих рыбохозяйственное значение. Исходя из токсикологической ситуации в южной части озера, все рыбохозяйственные мероприятия, без учёта токсикологического фактора, не дадут должного эффекта и бесперспективны. Мероприятия по снижению антропогенной нагрузки на акваторию южной части озера представляются сложными, дорогостоящими, длительными по времени и до конца невыполнимыми. Если в бассейне Ладожского озера не будут приняты своевременные конкретные практические меры по снижению уровня загрязнения, то сложившийся токсикологический режим ухудшится, так как начавшиеся положительные тенденции в промышленности и сельском хозяйстве будут существенно возрастать, при этом возрастет уровень поступления загрязняющих веществ в озеро, что отрицательно скажется на рыбах, а также и на санитарно-гигиеническом качестве воды. В настоящее время существенный эффект, особенно на акватории Волховской губы, может быть достигнут путем проведения кардинальных природоохранных мероприятий на промышленных предпри-

ятиях г.г. Великого Новгорода, Киришей (включая ГРЭС), Волхова, а также Сясьского ЦБК. Повышение рыбохозяйственного потенциала озера, особенно по ценным видам рыб, связано с мелиорацией нерестилищ и заводским воспроизводством полноценного в физиологическом отношении посадочного материала.

THE EFFECT OF POLLUTANTS ON THE ICHTHYOFAUNA OF LAKE LADOGA AND PREVENTIVE MEASURES

Romanov A.Yu. * – specialist of the Laboratory of Fisheries Ecology; **Arshanitsa N.M.** – PhD. Biol. nauk, ved. nauk. sotr. laboratory of Fisheries Ecology; **Kolosovskaya E.V.** – lead specialist of the Laboratory of Fisheries Ecology; **Anikina V.V.** – senior specialist of the Laboratory of Fisheries Ecology; **Grebennikov V.A.** – specialist of the Laboratory of Fisheries Ecology.

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

*negan94@yandex.ru

ABSTRACT

Lake Ladoga is the largest body of water in Europe with huge reserves of drinking water, and has a particularly important sanitary and hygienic significance for the North-western region of Russia. The lake has significant fishery importance – annual catches reached 6000 tons. per year. However, over the past few decades, the fishery status of the reservoir has changed significantly. Stocks and catches of the most valuable fish species have sharply decreased as a result of anthropogenic impact – pollution and eutrophication.

Chemical-analytical studies of samples of water, bottom sediments, atmospheric precipitation and fish for metals were carried out in the laboratory of fishery ecology of the St. Petersburg branch of the Federal State Budgetary Institution "VNIRO" ("GosNIORH" named after L.S. Berg) on an atomic absorption spectrophotometer AA - 7000 (Shimadzu) according to approved methods (PNDF., 2010; M02-

2406., 2013 and M02-902-125, 2005), and in the research laboratory of food and natural objects "ANALECT" of the Institute of the Ministry of Health of the Russian Federation, using the method of atomic absorption spectrometry according to approved methods. Hydrochemical and hydrological parameters were determined using an automatic multiparameter probe Aqua TROLL 500.

The southern water area of the lake, which is the most valuable in terms of fisheries, turned out to be the most vulnerable to toxicological effects. Pollution of spawning grounds, toxicosis of fish, violation of natural reproduction in combination with the hydrological features of the reservoir have led to irreversible transformations in the structure of the ichthyofauna as a whole for the entire lake. Pronounced consequences for the ichthyofauna of the reservoir are associated with the sensitivity of fish to pollutants, their ability to accumulate pathological information over a long-life cycle. The hydrological features of the southern water area of Lake Ladoga, combined with the location of pollution sources and the routes of pollutants, make it difficult to carry out preventive measures in this most important fishery area.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- 1.Моисеенко, Т.И. Водная экотоксикология, теоретические и практические аспекты / Т.И. Моисеенко. – Москва. Наука. – 2009. – 399 с.
- 2.Румянцев В.А. Ладожское озеро: характеристика, экологическое состояние / В.А. Румянцев, Л.А. Кудерский // Общество, среда, развитие. – 2010 - №4. — с.171-182.
- 3.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.
- 4.Аршаница, Н.М. Материалы ихтиотоксикологических исследований в бассейне Ладожского озера / Н.М. Аршаница // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 1988. – Вып. 285. – 138 С.
- 5.Драбкова В.Г. Современное состояние и экологические проблемы Ладожского

- озера/ В.Г. Драбкова // Сб. научных трудов «Ладожскому озеру надежную защиту». –СПб - 2009. – С. 50–62.
- 6.Аршаница Н.М. Видовая чувствительность рыб к некоторым типам загрязнения водоемов / Н.М. Аршаница, Б.К. Каримов// Материалы Всероссийской научн. Конф. «Экологические проблемы пресноводных рыбохозяйственных водоемов России». – СПб. – 2011. - С. 35-40.
- 7.Федорова, Г.В. Действие антропогенных факторов на разные звенья экосистемы бассейна Ладожского озера / Г.В. Федорова, Аршаница Н.М. // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 1988. – Вып. 285. – С. 3–11.
- 8.Огородникова, В.А.Распределение и численность ранней молоди массовых видов рыб в южной части Ладожского озера / В.А. Огородникова, О.Н. Суслопарова // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 1995. – Вып. 314. – С. 231–247.
- 9.Гребцов, М.Р. Эколого-токсикологическое состояние Волховской губы Ладожского озера / М.Р. Гребцов // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2014. – № 3. – С. 239-245.
- 10.Стекольников, А.А. Особенности сезонного эколого-токсикологического состояния реки Волхов / А.А. Стекольников // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2014. – № 3. – С. 236–241.
- 11.Гребцов, М.Р. Сезонные особенности эколого-токсикологического режима Волховской губы Ладожского озера/ М.Р. Гребцов // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2013. – № 4. – С. 65–70.
- 12.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
- 13.Гребцов, М.Р. Эколого-токсикологическая оценка аэрогенного пути загрязнения поверхностных вод / М.Р. Гребцов, А.А. Стекольников // Международный вестник ветеринарии. – СПб. – 2013. – № 1. – С. 47–51.
- 14.Стекольников А.А. К вопросу сезонного состояния рыб реки Волхов. Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. - 2013. -№4-с.62-65.
- 15.Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды Санкт-Петербурга и Ленинградской области в 2002 году – СПб. – 2003.
- 16.Алхименко, А.П. Ладоге нужен закон об охране труда / А.П. Алхименко, В.А. Румянцев // Ладожскому озеру – надежную защиту. – СПб.: Институт озераведения РАН, 2009. – С. 4–13.
- 17.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
- 18.Кудерский, Л.А. Экологические проблемы Ладоги: концепция федерального закона об охране природной среды Ладожского озера и его бассейна Избранные труды. Исследования по ихтиологии, рыбному хозяйству и смежным дисциплинам/ Л.А. Кудерский // Сборник научных трудов ФГНУ «ГосНИОРХ». - 2013. - Вып.342. – С. 526
- 19.Кудерский, Л.А. Состояние рыбных ресурсов Ладожского озера/ Л.А. Кудерский // Сборник Ладожское озеро – СПб. –2009. –С. 73-85.
- 20.Курашов, Е.А. Литоральная зона Ладожского озера / Е.А. Курашов. – СПб. : Нестор-История, 2011. – С. 415.
- 21.Романов, А.Ю. Эколого-ихтиотоксикологическое состояние южной акватории Ладожского озера / А.Ю. Романов, Н.М. Аршаница// Международный вестник ветеринарии. – СПб. – 2023. – № 2. – С. 171–178
- 22.Романов А.Ю. Патоморфологическое состояние рыб южной акватории Ладожского озера / А.Ю. Романов, Д.Д. Карпов, Н.М. Аршаница, О.В. Зеленников // Международный вестник ветеринарии. – СПб. – 2023. – № 3. – С.218–223
- 23.Романов А.Ю. Влияние загрязнения на воспроизводство рыб южной акватории Ладожского озера / А.Ю. Романов, Н.М.

Аршаница, // Международный вестник ветеринарии. – СПб. – 2023. – № 3. – С.156–163

24. Романов, А.Ю. Эколого-ихтиотоксикологическое состояние южной акватории Ладожского озера / А.Ю. Романов, Н.М. Аршаница, М.Р. Гребцов, А.А. Стекольников и др. // Международный вестник ветеринарии. – СПб. – 2023. – № 2. – С. 171–178.

25. Распопов И.М. Роль литоральной зоны в оценке состояния экосистемы Ладожского озера / И.М. Распопов, И.Н. Андроникова // Ладожское озеро: прошлое, настоящее, будущее. – СПб. : Наука, 2002. – С. 264–268.

26. Аршаница, Н.М. Патоморфологический анализ в полевых и экспериментальных условиях / Н.М. Аршаница, Л.А. Лесников // Методы ихтиотоксикологических исследований. – 1987. – С. 7–9.

27. Аршаница, Н.М. Влияние токсикологического фактора на состояние рыб в раннем онтогенезе в условиях рыбоводных заводов / Н.М. Аршаница, Д.А. Сиденков // Сб. научных трудов Всероссийской конференции. Ульяновск. – 2007. – С. 209–214.

28. Румянцев, В.А. Формирование качества воды Ладожского озера в современных условиях, как основа его рыбных ресурсов. Исследования по ихтиологии и смежным дисциплинам на внутренних водоемах в начале XXI века / В.А. Румянцев // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 2007. – Вып. 337. СПб. – Москва – С. 472 – 483.

29. Роскин Г.Н. Микроскопическая техника/ Г.Н.Роскин, Л.Б. Левинсон// М. – 1957 – 468с.

30. Поленов А.Л. Гипоталамическая нейросекреция / А.Л. Поленов // Л. – Наука – 1971 – 168 С.

REFERENCES

1. Moiseenko, T.I. Aquatic ecotoxicology, theoretical and practical aspects / T.I. Moiseenko. – Moscow. Science. - 2009. – 399 p.
2. Rumyantsev V.A. Ladoga Lake: characteristics, ecological state / V.A. Rumyantsev, L.A. Kudersky // Society, environment,

development. - 2010 - No.4. — pp.171-182.

3. Naumenko, M.A. Morphometry and features of the hydrological regime / M.A. Naumenko, S.G. Karetnikov // Ladoga Lake: past, present, future. –St. Petersburg: Nauka, 2002. – pp. 16-49.

4. Arshanitsa, N.M. Materials of ichthyotoxicological studies in the Ladoga Lake basin / N.M. Arshanitsa // Collection of scientific papers of GosNIORH. – 1988. – Issue 285. – 138 p

5. Drabkova V.G. The current state and environmental problems of Lake Ladoga/ V.G. Drabkova // Collection of scientific papers "Reliable protection of Lake Ladoga". –ST. PETERSBURG - 2009. – pp. 50-62.

6. Arshanitsa N.M. Species sensitivity of fish to certain types of pollution of reservoirs / N.M. Arshanitsa, B.K. Karimov// Materials of the All-Russian Scientific Conference Conf. "Ecological problems of freshwater fisheries reservoirs in Russia. – St. PETERSBURG. – 2011. - pp. 35-40.

7. Fedorova, G.V. The effect of anthropogenic factors on different parts of the ecosystem of the Lake Ladoga basin / G.V. Fedorova, Arshanitsa N.M. // Collection of scientific works of GosNIORH. – 1988. – Issue 285. – pp. 3-11.

8. Ogorodnikova, V.A. Distribution and abundance of early juveniles of mass fish species in the southern part of Lake Ladoga / V.A. Ogorodnikova, O.N. Susloparova // Collection of scientific papers of GosNIORH. - 1995. – Issue 314. – pp. 231-247.

9. Grebtsov, M.R. Ecological and toxicological state of the Volkhov bay of Lake Ladoga / M.R. Grebtsov // Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. - 2014. – No. 3. – pp. 239-245.

10. 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.

11. Grebtsov, M.R. Seasonal features of the ecological and toxicological regime of the Volkhov bay of Lake Ladoga / M.R. Grebtsov // Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. - 2013. – No. 4. – pp. 65-70.

12. Grebtsov, M.R. Metal content in fish of the Volkhov bay of Lake Ladoga and their habitat / M.R. Grebtsov // Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. – 2013. – No. 4. – pp. 70-74
13. Grebtsov, M.R. Ecological and toxicological assessment of the aerogenic pathway of surface water pollution / M.R. Grebtsov, A.A. Stekolnikov // International Bulletin of Veterinary Medicine. – St. Petersburg, 2013. – No. 1. – pp. 47-51.
14. Stekolnikov A.A. On the issue of the seasonal state of the fish of the Volkhov River. Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. - 2013. -No.4-pp.62-65.
15. State report on the state and protection of the environment of St. Petersburg and the Leningrad region in 2002 – St. Petersburg – 2003.
16. 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.
17. Leonov, A.G. Fish resources of Lake Ladoga and their use at the beginning of the XXI century / A.G. Leonov, A.Ya. Tesl // The study of large lakes in the North-West of the European part of Russia. – St. Petersburg, 2009. – pp. 121-136
18. Kudersky, L.A. Environmental problems of Ladoga: the concept of the federal law on the protection of the natural environment of Lake Ladoga and its basin Selected works. Research on ichthyology, fisheries and mixed disciplines/ L.A. Kudersky // Collection of scientific papers of the Federal State Scientific Research University "GosNIORH". - 2013. -Issue 342. -- p. 526
19. Kudersky, L.A. The state of fish resources of Lake Ladoga/ L.A. Kudersky // Collection Ladoga Lake – St. Petersburg. - 2009. –pp. 73-85.
20. Kurashov, E.A. Littoral zone of Lake Ladoga / E.A. Kurashov. – St. Petersburg: Nestor-Istoriya, 2011. – p. 415.
21. Romanov, A.Yu. Ecological and ichthyotoxicological state of the southern water area of Lake Ladoga / A.Yu. Romanov, N.M. Arshanitsa// International Bulletin of Veterinary Medicine. – St. Petersburg. – 2023. – No. 2. – pp. 171-178
22. Romanov A.Yu. Pathomorphological state of fish in the southern waters of Lake Ladoga / A.Yu. Romanov, D.D. Karpov, N.M. Arshanitsa, O.V. Zelennikov // International Bulletin of Veterinary Medicine. – St. Petersburg. – 2023. – No. 3. – pp.218-223
23. Romanov A.Yu. The influence of pollution on fish reproduction in the southern waters of Lake Ladoga / A.Yu. Romanov, N.M. Arshanitsa, // International Bulletin of Veterinary Medicine. – St. Petersburg. – 2023. – No. 3. – Pp.156–163
24. Romanov, A.Yu. Ecological and ichthyotoxicological state of the southern water area of Lake Ladoga // International Bulletin of Veterinary Medicine. – St. Petersburg. – 2023. – No. 2. – pp. 171-178.
25. Raspopov I.M. The role of the littoral zone in assessing the state of the ecosystem of Lake Ladoga / I.M. Raspopov, I.N. Andronikova // Lake Ladoga: past, present, future. –St. Petersburg: Nauka, 2002. – pp. 264-268.
26. Arshanitsa, N.M. Pathomorphological analysis in field and experimental conditions / N.M. Arshanitsa, L.A. Lesnikov // Methods of ichthyotoxicological research. - 1987. – pp. 7-9.
27. Arshanitsa, N.M. The influence of a toxicological factor on the condition of fish in early ontogenesis in fish hatcheries / N.M. Arshanitsa, D.A. Sidenkov // Collection of scientific papers of the All-Russian Conference. Ulyanovsk. - 2007. –pp. 209-214.
28. Rummyantsev, V.A. Formation of the water quality of Lake Ladoga in modern conditions as the basis of its fish resources. Research on ichthyology and related disciplines in inland waters at the beginning of the XXI century / V.A. Rummyantsev // Collection of scientific papers of GosNIORH. - 2007. – Issue 337. St. Petersburg. – Moscow – pp. 472-483.
29. Roskin G.N. Microscopic technique/ G.N.Roskin, L.B. Levinson// M. – 1957 – 468s.
30. Polenov A.L. Hypothalamic neurosecretion / A.L. Polenov // L. – Nauka – 1971 – 168 P.