

УДК 619:574.3

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.171

## ЭКОЛОГО-ИХТИОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЮЖНОЙ АКВАТОРИИ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Романов А.Ю. \* – аспирант, Аршаница Н.М. – к.б.н., в.н.с.,

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, рыбохозяйственное значение, токсикоз, металлы, профилактика.

**Keywords:** Ladoga Lake, southern water area, fishery value, toxicosis, metals, prevention.

Поступила: 07.03.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Южная акватория Ладожского озера, включающая три губы (Шлиссельбургскую, Волховскую и Свирскую) является местом нереста, нагула и промысла основных видов рыб. Гидрологические особенности губ – мелководность и наличие обширных литоральных зон, делает их особенно подверженными воздействию загрязняющих веществ, поступающих различными путями – аэрогенным, с поверхностным стоком и сточными водами. Результаты исследования рыб показали, что они массово поражены токсикозами, нарушению их естественное воспроизводство, что оказывает воздействие на состояние их популяций и структуру рыбного населения в целом. Рыбы являются интегральными биоиндикаторами качества вод, их состояние позволяет оценить уровень загрязнения отдельных акваторий. Показано, что уровень загрязнения южной акватории озера практически не изменился за последние десятилетия, что связано с наличием источников загрязнения и поступлением загрязняющих веществ аэрогенным путем и с поверхностным стоком. Некоторое улучшение экологического состояния и повышение рыбохозяйственного потенциала южной акватории связано с проведением природоохранных мероприятий, заводским воспроизводством рыб и мелиорацией нерестилищ.

### ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Одной из проблем XXI века в мировом масштабе является проблема качества пресной воды. Загрязнение оказало влияние на рыбопродуктивность пресноводных водоемов, в том числе, Ладожского озера.

Ладожское озеро является крупнейшим водоемом Европы с огромным запасом пресной воды – 838 км<sup>3</sup>. Площадь водосбора равна 18135 км<sup>2</sup>, максимальная глубина - 230 м, средняя – 46,9, период водообмена - 11 лет.

Район водосбора Ладожского озера характеризуется высоким уровнем экономического развития с концентрацией производства выше общеевропейского и таким образом аккумулирует все последствия хозяйственной деятельности на его огромном водосборном бассейне, где развита промышленность и сельское хозяйство [6].

Особо следует отметить значение Ладожского озера как единственного и безальтернативного источника снабжения питьевой водой мегаполиса - г. Санкт-

Петербурга.

Обширность водосбора в сочетании с избыточным увлажнением обуславливает формирование больших объемов поверхностного стока, что оказывает значительное воздействие на токсикологическую обстановку в озере, так как основные и наиболее опасные загрязняющие вещества (металлы и другие стойкие токсиканты) поступают не только с притоками, но и с загрязненным поверхностным стоком. Различные токсиканты поступают и аэрогенным путем – как непосредственно на акваторию озера, так и на водосбор [7, 16].

Так, в настоящее время только с водами впадающих в озеро рек ежегодно поступает 4620 т. (тонн) железа, алюминия – 10600 т, марганца – 5100 т., меди 500 т., кобальта – 180 т., свинца – 170 т., цинка – 1080 т. и др. Указанные металлы были обнаружены в воде, донных отложениях, атмосферных осадках и рыбах, нередко в количествах, превышающих нормативы их содержания [5, 19, 23].

Рыбохозяйственное значение Ладожского озера весьма значительно, так как уловы рыб в отдельные годы достигали 6900 т. Нагул и нерест рыб происходит преимущественно в относительно мелководных районах южной части Ладоги, включая Шлиссельбургскую, Волховскую и Свирусскую губы. с обширными литоральными зонами. Мелководный район охватывает прибрежную зону до глубин 18 м. Это самый большой по площади район (5550 км<sup>2</sup>), в котором сосредоточено только 5,5% (46,3 км<sup>3</sup>) объема воды озера. Удаленность границы этой акватории от берега - от 4 до 62 км [11, 18].

Особое экологическое значение в условиях Ладожского озера имеет литоральная зона, максимальная глубина которой достигает 8,4 м; ее площадь - 2543 км<sup>2</sup>, а объем водной массы – 9,67 км<sup>3</sup>. Она в наибольшей степени подвержена антропогенному воздействию – поступлению различными путями загрязняющих веществ и биогенных соединений [8, 11]. Рыбопромысловая зона Ладожского озера, куда входит и литоральная зона, зани-

мает около 50% озера [12], однако до 90% уловов рыб приходится на южную часть Ладожского озера.

Максимум антропогенной нагрузки на Ладожское озеро, активизировавший его эвтрофирование и загрязнение, пришелся на семидесятые годы прошлого столетия. Эти факторы существенно повлияли на экосистему озера, вызвав структурные изменения в сообществах гидробионтов, в том числе в ихтиоценозах [6, 9, 22].

Уже в восьмидесятых годах прошлого столетия загрязнение Ладожского озера достигло высокого уровня, что показали комплексные исследования водной системы: оз. Ильмень – р. Волхов – оз. Ладожское – р. Нева. Токсикозы рыб стали массовым явлением по всей акватории озера, в наибольшей степени они развивались в южной части его акватории, принимающей загрязненные воды рек Волхова и Свири [24].

Загрязнение расположенных здесь нерестилищ нарушило процессы естественного воспроизводства рыб, что отрицательно повлияло как на состояние их отдельных популяций, так и ихтиоценоз в целом. [1, 9, 17, 22, 24].

Рыбы признаны самыми надежными и информативными индикаторами токсикологического загрязнения водоемов [3, 10, 13, 14, 16, 25, 26]. К ним применим патологоанатомический экспресс-метод оценки их состояния, давно и успешно используемый в медицине и ветеринарии. Разработана и применена пятибалльная шкала оценки состояния пораженных токсикозом рыб [2]. Дальнейшие исследования на отдельных акваториях показали, что степень поражения рыб токсикозом сохраняется на высоком уровне, особенно на акватории южной части озера [5].

При проведении нами эколого-токсикологических исследований на акватории южной зоны Ладожского озера, основное внимание было уделено оценке состояния рыб как индикаторных организмов качества вод в сочетании с биотестированием среды их обитания и химико-аналитическими исследованиями.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Биологические и химико-аналитические исследования на южной акватории Ладожского озера проведены в летне-осенний период 2022 г. Отлов рыб и отбор проб произведен на одиннадцати участках акватории. (рис 1).

Индикаторные характеристики рыб оценивались по пятибалльной шкале оценки их состояния [4]:

Биотестирование проб воды и водных вытяжек донных отложений проводили по общепринятой методике в остром и хроническом экспериментах (ФР.1.39.2007.03222).

Химико-аналитическое исследование проб воды, донных отложений, атмосферных осадков и рыб проводили в исследовательской лаборатории продуктов питания и объектов окружающей среды «АНАЛЭКТ» (аттестат аккредитации Росе.Ru.001.МН.38) института токсикологии Минздрава Российской Федерации и 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, гидрохимические и гидрологические показатели определяли с помощью зонда Aqua TROLL 500.

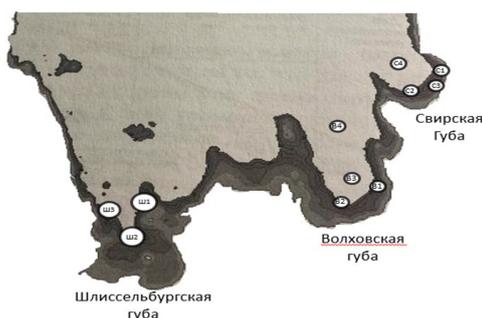


Рис. 1 Станции отбора проб в южной акватории Ладожского озера.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ / RESULTS AND DISCUSSION

Результаты патологоанатомического исследования рыб в Волховской губе Ладожского озера показали, что на всех участках отмечено массовое поражение рыб токсикозом, протекающим хронически (таблица 1).

Сопоставляя результаты с аналогичными, полученными летом 2021 г. [20], следует отметить, что поражение рыб в 2022 г., хотя и носило массовый характер, было выражено в меньшей степени. Очевидно, это связано с тем, что исследование в 2021 г. проводилось в начале лета, когда рыбы были ослаблены после зимнего периода, поражение рыб токсикозом было массовым, преобладали особи с повреждениями средней степени тяжести и выше, что объясняется результатами весенних исследований предустьевых акваторий р. Волхов, показавшими высокий уровень загрязнения воды металлами [19], что, вероятно, отразилось на состоянии рыб, как в реке, так и в губе. Исследования 2022 г. проводили в конце лета и осенью – наиболее благоприятный период в жизни рыб.

Отмечено, что в обоих случаях более четко выражено проявление токсикоза у туводных рыб, обитающих в мелководной литоральной зоне, и на акваториях, тяготеющих к источникам загрязнения.

В обоих случаях симптомы токсикоза были связаны с нарушением гемодинамики и последствиями этого процесса в жаберной ткани, печени, почках, желудочно-кишечном тракте и реже в головном мозге.

Произведенное в Волховской губе исследование личинок показало, что токсикозом были поражены до 30% отловленных экземпляров. Значительная часть из них имела такие повреждения, как сколиоз и деформацию головы.

Поражение рыб токсикозом и нарушение естественного воспроизводства в Волховской губе были связаны с выносом загрязняющих веществ рекой и сто-

Таблица 1

**Результаты патологоанатомического исследования рыб  
Волховской губы Ладожского озера в 2022 г.**

Акватория вылова рыб	Виды рыб	Количество исследованных рыб	Оценка состояния рыб		
			Доля поражения токсикозом, %	Степень выраженности токсикоза в баллах	Количество экземпляров по баллам
1. 5 км от устья реки Волхов	лещ	10	50	2-3,0	3-2,0;2-3,0
	судак	10	50	2-3,0	2-2,0;3-3,0
	плотва	10	60	2-3,0	4-2,0;2-3,0
	окунь	10	50	2-3,0	2-2,0;3-3,0
2. 15 км от устья реки Волхов	лещ	10	50	2-3,0	3-2,0;2-3,0
	судак	10	50	2-3,0	3-2,0;2-3,0
	плотва	10	50	2-3,0	2,0-4;3,0-2
	окунь	10	40	2-3,0	3-2,0;2-3,0
3. Район стоков Сясьского ЦБК	лещ	10	60	2-3,0	3-2,0;2-3,0
	ерш	10	70	2-3-4,0	2-2,0;4-3,0;1-4,0
	плотва	10	60	2-3,0	2-2,0;4-3,0
	окунь	10	50	2-3,0	2-2,0;3-3,0
4. Район д. Вороново	лещ	10	50	2-3,0	3-2,0;2-3,0
	судак	10	50	2-3,0	3-2,0;2-3,0
	плотва	10	40	2-3,0	3-2,0;1-3,0
	окунь	10	50	2-3,0	3-2,0;2-3,0
5. Акватория за пределами губы	судак	10	40	2-3,0	3-2,0;1-3,0
	ерш	10	50	2-3,0	2-2,0;3-3,0
	лещ	10	40	2-3,0	2-2,0;2-3,0
	корюшка	10	30	2-3,0	2-2,0;1-3,0
	рипус	10	30	2-3,0	2-2,0;1-3,0

ками Сясьского ЦБК, поступлением загрязняющих веществ аэрогенным путем и с поверхностным стоком и степень его выраженности была значительно больше, чем в

Шлиссельбургской губе, где была меньше как доля поражённых рыб, так и доля поражённых токсикозом личинок. Практически аналогичные результаты получены при исследовании Свирской губы. Исследования атмосферных осадков показало наличие всех видов изучаемых металлов и выраженную токсичность проб.

Биотестирование проб воды и водных вытяжек донных отложений показало отсутствие острой токсичности исследованных проб, хроническая была выявлена однократно. Содержание в воде и донных отложениях металлов также в целом оказалось низким. Превышение отмечалось только в воде концентраций меди и мар-

ганца в 2-3 раза. Относительно низкий уровень загрязнения Шлиссельбургской губы и воздействия этого фактора на рыб, объясняется гидрологическими особенностями губы, наличием мощного стокового течения, обеспечивающего поступления более чистой воды из центра озера [21].

Результаты биотестирования воды и донных отложений дают основание считать этот метод оценки качества воды менее показательным, чем оценка загрязнения по состоянию рыб, что связано с гидрологическими особенностями губы – высокой проточностью и характером донных отложений.

Рассматривая результаты исследования рыб как индикаторных организмов качества вод южной акватории Ладожского озера, нельзя не согласиться с мнением специалистов, что рыбы приобрета-

ют все большее значение в этом качестве, так как они чувствительны к антропогенным воздействиям и прежде всего к токсическому на биохимическом, клеточном и организменном уровне, что сказывается на их воспроизводстве с дальнейшими последствиями, что и привело к структурной перестройке ихтиофауны в озере [9, 11, 22, 24].

В условиях озера это связано с загрязнением воды, донных отложений и чувствительностью рыб (особенно в период раннего онтогенеза) к токсикантам с пролонгированными последствиями.

Анализируя результаты проведенных исследований, необходимо отметить, что наиболее высокий уровень загрязнения и поражения рыб токсикозом отмечен в Волховской губе, а Шлиссельбургская и Свирская губы загрязнены в меньшей степени [21].

Сопоставляя результаты исследований с аналогичными, проведенными в восьмидесятих годах прошлого столетия, следует отметить снижение уровня загрязнения в Шлиссельбургской губе и незначительное - в Волховской [24].

Мероприятия по снижению антропогенной нагрузки на южную акваторию озера представляется сложными, дорогостоящими и до конца невыполнимыми, так как все большее значение приобретают неорганизованные источники загрязнения. Следует иметь в виду и рост промышленного и сельскохозяйственного производства.

Снижения антропогенной нагрузки на Волховскую губу можно достичь практическими природоохранными мероприятиями на промышленных предприятиях городов В. Новгорода, Киришей, Волхова, а также Сяського ЦБК.

#### **ВЫВОДЫ / CONCLUSION**

Исследования, проведенные на акватории южной части Ладожского озера, имеющей важное рыбохозяйственное значение, показали, что на данной акватории в настоящее время формируются неблагоприятные токсикологические условия, оказывающие выраженное действие на, рыбное население, что проявляется в по-

ражении рыб токсикозом и воздействием на их воспроизводство.

Наибольшее влияние испытывает Волховская губа, менее выраженное - Шлиссельбургская и Свирская. Биотестирование проб воды и донных отложений менее показательны для токсикологической оценки губ ввиду гидрологических особенностей акватории.

Профилактика антропогенного воздействия на южную акваторию озера представляется сложной, дорогостоящей и малоэффективной ввиду неуправляемости процесса поступления загрязняющих веществ и их разнообразия. Существенный эффект на акватории Волховской губы может быть достигнут путем проведения природоохранных мероприятий на промышленных предприятиях городов В. Новгорода, Киришей, Волхова, а также Сяського ЦБК.

Повышение рыбохозяйственного потенциала южной части озера связано с заводским воспроизводством рыб и мелиорацией нерестилищ. Токсическое воздействие загрязнения южной части озера колеблется от слабо до средне выраженного сублетального.

Химико-аналитические методы контроля качества вод оказались малоэффективными, так как в водоем поступает большое количество загрязняющих веществ, и их интегральное воздействие на гидробионты, в частности, на рыб, невозможно оценить аналитическими методами.

#### **ECOLOGICAL AND ICHTHYOTOXICOLOGICAL STATE OF THE SOUTHERN WATER AREA OF LAKE LADOGA**

**Romanov A.Yu.** \* – postgraduate student, **Arshanitsa N.M.** – Candidate of Biological Sciences, leading researcher.

\*negan94@yandex.ru

#### **ABSTRACT**

The southern water area of Lake Ladoga, which includes three lips (Shlisselburgskaya, Volkhovskaya and Svirskaya) is a place of spawning, feeding and fishing of various species of fish. The hydrological features of the lips – shallow

water and the presence of extensive littoral zones, makes them particularly susceptible to pollutants coming in various ways – aerogenic, with surface runoff and wastewater.

The results of the fish study showed that they are massively affected by toxicosis, their natural reproduction is disrupted, which affects the state of their populations and the structure of the fish population as a whole. Fish are integral bioindicators of water quality, their condition allows us to assess the level of pollution of individual water areas. It has shown that the level of pollution of the southern water area of the lake has not changed in recent decades, which is due to the presence of pollution sources and the entry of pollutants by aerogenic means and surface runoff.

Some improvement in the ecological state and increase in the fishery potential of the southern water area is associated with environmental protection measures, factory reproduction of fish and reclamation of spawning grounds.

#### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. 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.
2. Аршаница, Н.М. Материалы ихтиотоксикологических исследований в бассейне Ладожского озера / Н.М. Аршаница // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 1988. – Вып. 285. – С. 12–23.
3. Аршаница, Н.М. Рыбы, как индикаторы качества вод / Н.М. Аршаница// Материалы всесоюзной конференции «Методология экологического нормирования» – Харьков – 16-20 апреля – 1990. – С. 31–35.
4. Аршаница, Н.М. Патоморфологический анализ в полевых и экспериментальных условиях / Н.М. Аршаница, Л.А. Лесников // Методы ихтиотоксикологических исследований. – 1987. – С. 7–9.
5. 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.
6. Дрabbkova В.Г. Современное состояние и экологические проблемы Ладожского озера/ В.Г. Дрabbkova // Сб. научных трудов «Ладожскому озеру надежную защиту». –СПб - 2009. – С. 50–62.
7. Истомин Э.Г. Голубое диво: историко-географический справочник о реках, озерах и болотах Новгородской области / Э.Г. Истомин, Яковлев Э.М. // Л – 1989. – 222 С.
8. 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.
9. Кудерский, Л.А. Избранные труды. – СПб. –Москва. – 2013. – Т. 3. – С. 326
10. Кудерский, Л.А. Рыбы как биологические индикаторы качества вод. Методы ихтиотоксикологических исследований. / Л.А. Кудерский // Тезисы докладов первого всесоюзного симпозиума ихтиотоксикологических исследований – Л. – 1987.– С. 71–73.
11. Курашов, Е.А. Литоральная зона Ладожского озера / Е.А. Курашов. – СПб. : Нестор-История, 2011. – С. 415.
12. 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.
13. Лукьяненко, В.И. Экологические аспекты ихтиотксикологии / В.И. Лукьяненко// Агропроимиздат. – Москва. - 1987. – 240 с.
14. Лукин, А.А. Патология рыб как индикатор качества вод бассейна Белого моря /А.А. Лукин, Кашулин Н.А.// Проблемы изучения разнопланового использования и охраны природных ресурсов Белого моря: тез. Доклады V регион.конф. – Петрозаводск – 1992. – С. 3–4.
15. Ладога (Под ред. В.А. Румянцева, С.А. Кондратьева) Нестор-История – СПб – 2013 – т.3. – 256 С.
16. Моисеенко, Т.И. Водная экотоксико-

логия, теоретические и практические аспекты / Т.И. Моисеенко. – Москва : Наука. – 2009. – 399 с.

17. Огородникова В.А. Распределение и численность ранней молоди массовых видов рыб в южной части Ладожского озера / В.А. Огородникова, О.Н. Сулопарова // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 1995. – Вып. 314. – С. 231–247.

18. Природные ресурсы больших озер СССР и вероятные их изменения (под редакцией О.А. Алекина – Л. – Наука – 1984. – 286С.

19. 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.

20. 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.

21. Романов, А.Ю. Современный эколого-ихтиотоксикологическое состояние Шлиссельбургской губы Ладожского озера / А.Ю. Романов, Н.М. Аршаница, Н.М. // Международный вестник ветеринарии. – СПб. – 2023. – № 1. – С. 128-135

22. 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. Румянцева // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 2007. – Вып. 337. СПб. – Москва – С. 472 – 483.

23. Семенов В.В. Химическое загрязнение поверхностных водоемов России / В.В. Семенов, Перевозников М.А. и др. // Нестор-История – СПб – 2014 – 254 С.

24. 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.

25. Atrill M. J., Depledge M. H. Community and population indicators of ecosystem health: Targeting links between levels of biological organization. *Aquatic Toxicology*, 1997, vol. 38, iss. 1–3, pp. 183–197.

26. Whitfield AK, Elliott M. Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future // *J/Fish Biol.*, 2022 – V/ 61. – P. 229 -250.

## REFERENCES

1. Arshanitsa, N.M. Anthropogenic influence on the whitefish population of the southern part of Lake Ladoga / N.M. Arshanitsa, G.V. Fedorova // *Sat. scientific works of GosNIORKh.* –1986. - I. 257. - S. 75-84.( in Russ.)

2. Arshanitsa, N.M. Materials of ichthyotoxicological studies in the basin of Lake Ladoga / N.M. Arshanitsa // *Sat. scientific works of GosNIORKh.* - 1988. - Issue. 285. - P. 12-23. .( in Russ.)

3. Arshanitsa, N.M. Fish as indicators of water quality / N.M. Arshanitsa // *Proceedings of the All-Union Conference "Methodology of environmental regulation"* - Kharkov - April 16-20 - 1990. - P. 31-35. ( in Russ.)

4. Arshanitsa, N.M. Pathological analysis in field and experimental conditions / N.M. Arshanitsa, L.A. Lesnikov // *Methods of ichthyotoxicological research.* - 1987. - P. 7–9. ( in Russ.)

5. Grebtsov, M.R. Seasonal features of the ecological and toxicological regime of the Volkhov Bay of Lake Ladoga / M.R. Grebtsov // *Issues of legal regulation in veterinary medicine.* - 2013. - No. 4. - P. 65–70. ( in Russ.)

6. Drabkova V.G. Current state and environmental problems of Lake Ladoga / V.G. Drabkova // *Sat. scientific papers "Reliable protection for Lake Ladoga".* - St. Petersburg - 2009. - P. 50–62. ( in Russ.)

7. Istomin E.G. *Goluboe divo: historical and geographical reference book on rivers, lakes and swamps of the Novgorod region* / E.G. Istomin, Yakovlev E.M. // L - 1989. - 222 p. ( in Russ.)

8. Krylova Yu.V. Assessment of the ecological state of the littoral zone of Lake Ladoga

- based on the results of research in 2019 / Yu.V. Krylova, E.A. Kurashov and others // Proceedings of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. - 2022. - No. 2. - P. 13–34. ( in Russ.)
9. Kudersky, L.A. Selected works. - St. Petersburg. -Moscow. - 2013. - T. 3. - P. 326 ( in Russ.)
10. Kudersky, L.A. Fish as biological indicators of water quality. Methods of ichthyotoxicological research. / L.A. Kudersky // Abstracts of the reports of the first all-Union symposium of ichthyotoxicological research - L. - 1987. - P. 71–73. ( in Russ.)
11. Kurashov, E.A. Littoral zone of Lake Ladoga / E.A. Kura-shov. - St. Petersburg. : Nestor-History, 2011. - P. 415. ( in Russ.)
12. Leonov, A.G. Fish resources of Lake Ladoga and their use at the beginning of the XXI century / A.G. Leonov, A.Ya. Teslya // Study of large lakes in the North-West of the European part of Russia. - St. Petersburg. - 2009. - P. 121-136. ( in Russ.)
13. Lukyanenko, V.I. Ecological aspects of ichthyotoxicology / V.I. Lukyanenko // Agropromizdat. - Moscow. - 1987. - 240 p. ( in Russ.)
14. Lukin, A.A. Fish pathology as an indicator of water quality in the White Sea basin / A.A. Lukin, Kashulin N.A.// Problems of studying the diverse use and protection of natural resources of the White Sea: abstract. Reports V regional.conf. - Petrozavodsk - 1992. - P. 3-4. ( in Russ.)
15. Ladoga (Edited by V.A. Rummyantsev, S.A. Kondratiev) Nestor-History - St. Petersburg - 2013 - V.3. – 256 p. ( in Russ.)
16. Moiseenko, T.I. Water ecotoxicology, theoretical and practical aspects / T.I. Moiseenko. - Moscow: Science. - 2009. - 399 p. ( in Russ.)
17. 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. Susloparov // Sat. scientific works of GosNIORKh. - 1995. - I. 314. - P. 231-247. ( in Russ.)
18. Natural resources of large lakes of the USSR and their probable changes (edited by O.A. Alekin - L. - Nauka - 1984. – 286p. ( in Russ.)
19. Romanov, A.Yu. The Volkhov River as a source of pollution of Lake Ladoga / A.Yu. Romanov, N.M. Arshanitsa, et al. // Questions of legal regulation in veterinary medicine. - St. Petersburg. - 2021. - No. 2. - P. 96 –99. ( in Russ.)
20. 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 and others// International Veterinary Bulletin. - St. Petersburg. - 2021. - No. 4. - P. 103-108. ( in Russ.)
21. Romanov, A.Yu. Modern ecological and ichthyotoxicological state of the Shlisselburg Bay of Lake Ladoga / A.Yu. Romanov, N.M. Arshanitsa, N.M.// International Veterinary Bulletin. - St. Petersburg. - 2023. - No. 1. - P. 128-135 ( in Russ.)
22. 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 // Sat. scientific works of GosNIORKh. - 2007. - I. 337. St. Petersburg. - Moscow - P. 472-483. ( in Russ.)
23. Semenov V.V. Chemical pollution of surface water bodies in Russia / V.V. Semenov, Perevoznikov M.A. etc.// Nestor-History - St. Petersburg - 2014 - 254 p. ( in Russ.)
24. Fedorova, G.V. The effect of anthropogenic factors on different parts of the ecosystem of the Ladoga Lake basin / G.V. Fedorova, Arshanitsa N.M. // Sat. scientific works of GosNIORKh. - 1988. - Issue. 285. - P. 3-11. ( in Russ.)
25. Attrill M. J., Depledge M. H. Community and population indicators of ecosystem health: Targeting links between levels of biological organization. Aquatic Toxicology, 1997, vol. 38, iss. 1–3, pp. 183–197
26. Whitfield AK, Elliott M. Fishes as indicators of environmental and eco-logical changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future // J/Fish Biol., 2022 - V/ 61. - P. 229 - 250.