

СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГО-ИХТИОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ШЛИССЕЛЬБУРГСКОЙ ГУБЫ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Романов А.Ю.¹ – аспирант, Аршаница Н.М.¹ – к.б.н., вед. н.с., Стекольников А.А.² – к.б.н., ассистент, Хамзин С.В.² – бакалавр, Екимова С.Б.¹ – главный специалист Санкт-Петербургский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. («ГосНИОРХ» им.Л.С. Берга)
Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины

Ключевые слова: Шлиссельбургская губа, литораль, загрязнения, ихтиофауна, токсикоз, металлы, вода, донные отложения.

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



РЕФЕРАТ

В статье представлены материалы биологических и химико-аналитических исследований в Шлиссельбургской губе Ладожского озера, имеющей важное рыбохозяйственное и санитарно-гигиеническое значение как источник водоснабжения г. Санкт-Петербурга. Показана доминирующая роль ихтиофауны в оценке эколого-токсикологического состояния исследуемой акватории. Цель проведенных исследований – оценка эколого-ихтиотоксикологического состояния Шлиссельбургской губы Ладожского озера, как одной из основных рыбохозяйственных акваторий водоема и единственного источника водоснабжения г. Санкт-Петербурга (исток р.Невы). Биологические и химикоаналитические исследования на акватории Шлиссельбургской губы в лабораторных условиях были проведены летне-осенний период на трех акваториях в 2022 г.

Особенностью Шлиссельбургской губы является наличие стокового течения, способствующее выносу загрязняющих веществ и характер донных отложений, что делает губу менее уязвимой к антропогенному воздействию. В настоящее время, применяемыми методами оценки качества вод с рыбохозяйственных позиций, являются биологические – биоиндикация и биотестирование, а также результаты химического анализа в сравнении с нормативами содержания вредных веществ в воде, донных отложениях, атмосферных осадках и рыбах. Предпочтение отдается экспресс методам: биотестированию и биоиндикации на рыбах. Результаты исследований и анализ материалов предыдущих исследований дали основание считать постепенное снижение антропогенной нагрузки (воздействие загрязняющих веществ) на рыб, как общепризнанных индикаторов качества вод с рыбохозяйственных позиций. Результаты исследований показали, что эколого-токсикологическое состояние Шлиссельбургской губы в настоящее время улучшилось, но не может считаться удовлетворительным, и учитывая состояние ихтиофауны и уровень ее загрязнения можно охарактеризовать как слабо выраженный сублетальный с возможным переходом в средне выраженный условно сублетальный в весенний период.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Шлиссельбургская губа Ладожского озера расположена в юго-западном районе акватории озера. Ее площадь – 867 км², объем водной массы – 6 км³, средняя глубина – 5,8 м. Донные отложения представлены песчаными грунтами и каменистыми грядками, что препятствует аккумуляции в них загрязняющих веществ. Это литоральная акватория, являющаяся продолжением открытой части озера и по своим лимнологическим параметрам сходна с ней и этому, способствует динамическое воздействие истока реки Невы [1,2].

Следует отметить, что при этом сказывается воздействие всего комплекса загрязняющих веществ, содержащихся в воде озера. Кроме того, мелководная акватория губы загрязняется сточными водами расположенных на побережье населенных пунктов и промышленных предприятий, а также токсикантам поступающим аэрогенным путем и поверхностным стоком.

В зимний период под влиянием антициклональной циркуляции в озере, а также стока Невы, создаются условия для транзитного поступления загрязненных вод реки Волхов к истоку Невы [3]. Нельзя исключить поступление в озеро и губу отравляющих веществ военного назначения, которые в свое время испытывались при использовании шхер, островов и акватории озера в качестве полигонов новых образцов вооружений (химическое, биологическое, радиоактивное) или были затоплены в период Великой Отечественной войны [4].

Литоральная зона играет информативную и индикационную роль в выявлении наиболее загрязняемых акваторий и водоемов. Это связано с тем, что из-за малых глубин и ограниченного объема воды, загрязняющие вещества не разбавляются как на удаленных акваториях пелагиали и концентрация их здесь значительно выше, а ответные реакции организмов, особенно рыб, на их воздействие, проявляются более четко и быстро на организменном уровне [1].

Особенностью Шлиссельбургской губы является наличие стокового течения, способствующее выносу загрязняющих веществ и характер донных отложений, что делает губу менее уязвимой к антропогенному воздействию. В настоящее время, применяемыми методами оценки качества вод с рыбохозяйственных позиций, являются биологические – биоиндикация и биотестирование, а также результаты химического анализа в сравнении с нормативами содержания вредных веществ в воде, донных отложениях, атмосферных осадках и рыбах. Предпочтение отдается экспресс методам: биотестированию и биоиндикации на рыбах.

Использование рыб как биоиндикаторных организмов для оценки качества вод стало широко использоваться как в нашей стране, так и за рубежом [5-9]. Это связано с тем, что под воздействием загрязняющих веществ, у рыб развиваются различные патологии, проявляющиеся на биохимическом, клеточном и организменном уровнях. Рыбы способны накапливать паталогическую информацию на всех этапах их развития как наиболее долгоживущие организмы биоты. Для рыб, у которых, дифференцированы органы и ткани применяют патологоанатомический экспресс-метод исследования с оценкой их состояния по пятибалльной системе [10], что позволяет с учетом процента поражения личинок, дать приблизительную оценку уровню загрязнения водоема и отдельных его акваторий [6]. В настоящей работе именно этот метод использовался нами для оценки эколого-ихтиотоксикологического состояния Шлиссельбургской губы Ладожского озера. Необходимо отметить, что исследование Шлиссельбургской губы проводилось неоднократно. Комплексное исследование восьмидесятых годов прошлого столетия, показало массовое поражение рыб токсикозом, а также выражено сказалось на состоянии и других водных организмов, их численности и видовом разнообразии [11].

Более поздние исследования показали некоторое снижение антропогенной

нагрузки, но результаты исследований и особенно рыб не дали основания считать эколого-токсикологическое состояние губы удовлетворительным [12].

Исследование литоральной зоны Ладожского озера в 2019г. с использованием комплекса различных параметров анализа (без исследования рыб) дало возможность показать, что состояние литоральной зоны Ладоги в 2019г. Можно считать более благоприятными, чем 13 лет назад – в 2006г. [13].

Цель проведенных исследований – оценка эколого-ихтиотоксикологического состояния Шлиссельбургской губы Ладожского озера, как одной из основных рыбохозяйственных акваторий водоема и единственного источника водоснабжения г.Санкт-Петербурга (исток р.Невы).

Материал и методы исследования / Materials and method

Биологические и химикоаналитические исследования на акватории Шлиссельбургской губы в лабораторных условиях были проведены летне-осенний период на трех акваториях в 2022 г. (рис 1)

Исследовались рыбы как индикаторы качества вод с оценкой их состояния по пятибалльной системе в зависимости от

степени выраженности патологического процесса в органах и тканях при внешнем осмотре и последующим патологоанатомическом вскрытии [10]: 1 – не выявлено визуально наблюдаемых патологических изменений; 2 – выражены легкие обратимые повреждения, не угрожающие жизни рыб, 3 – выявлены повреждения средней степени тяжести, проявляющиеся внешне и при вскрытии; 4 – выявлены опасные повреждения, имеющие как правило необратимый характер; 5 – выявлены предсмертные клинические проявления токсикоза наблюдаемые внешне и при вскрытии.

Биотестирование проб воды и донных отложений проводили по общепринятой методике в остром и хроническом экспериментах (ФР.1.39.2007.03222). Химико-аналитические исследования воды и элитриатов донных отложений на металлы проводили атомно-абсорбционным методом на приборе АА. – 7000 (Shimadzu) по методикам (ПНДФ...,2010;М02-2406..., 2013 и М02-902-125, 2005).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ / RESULTS AND DISCUSSION

Патологоанатомическое исследования

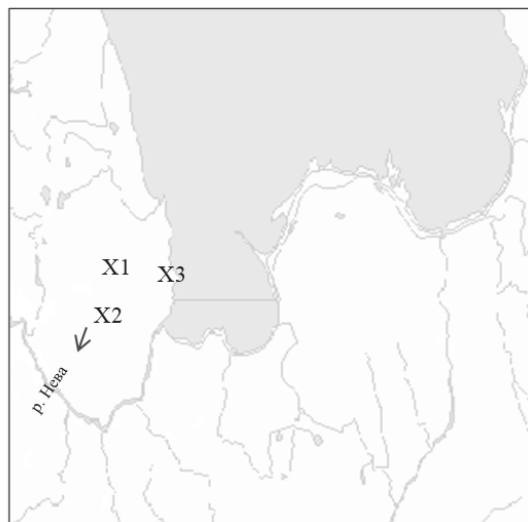


Рис1: - Акватории отлова рыб и отбора проб в Шлиссельбургской губе Ладожского озера

рыб Шлиссельбургской губы показало, что симптомы развития и проявления патологического процесса характерны для токсикоза и отмечены у всех исследованных видов рыб (таблица 1) в легкой обратимой форме (2 балла) и особой старших возрастных групп, ведущих придонный образ жизни (лещ, окунь) с повреждениями средней степени тяжести (3 балла). Один экземпляр леща (4 балла) с опасными повреждениями.

Симптомы проявления хронического токсикоза были однотипны для всех видов рыб. При внешнем осмотре симптомы токсикоза проявлялись в жаберной ткани, изменении окраски поверхности тела, наличии очагов гиперемии, желтушности жаберных крышек. В жаберной ткани рыб отмечали дискомплексацию, отечность, ослизнение, изменение окраски, наличие очагов поверхностного некроза.

При вскрытии основное проявление токсикоза было связано с нарушением гемодинамики, прежде всего в органах детоксикации: выделения, кровотока (печень, почка, кишечник, селезенка).

Как видно из таблицы, проявление токсикоза в основном носило легкий обратимый характер. Более выраженный характер проявления хронического токсикоза было выявлено у половозрелых лещей и в основном связано с перерождением

печени, отеком почек и очаговыми повреждениями в кишечнике. У двух экземпляров рыб (леща и окуня) отмечена инъекция сосудов головного мозга и мелкоочечные кровоизлияния. Необходимо отметить, что исследование рыб было проведено в наиболее благоприятный период их жизни (лето и осень) тогда как зимой и весной по нашим данным и данным других авторов отмечается обострение патологического процесса и возрастает процент пораженных рыб [12,14,15].

Исследование личинок и мальков карповых рыб показало, что значительное количество, особенно личинок, именно визуально наблюдаемые признаки токсикоза, связанные с изменением окраски поверхности тела, развитие брюшной водянки, деформации позвоночника и прочие. Процент пораженных личинок колебался в зависимости от акватории отлова (8-20%) что свидетельствует о нарушении естественного воспроизводства рыб.

Биотестирование проб воды и элютратов донных отложений, в хроническом эксперименте показало: одна проба воды и донных отложений оказались токсичными по одному из критериев.

Исследование содержания некоторых металлов в воде и донных отложениях не показало значимого их содержания, что

Таблица 1
Материалы патологоанатомического исследования
рыб Шлиссельбургской губы Ладожского озера (лето, осень 2022г.)

Акватория вылова рыб №	Виды рыб	Количество исследованных рыб	Оценка состояния рыб		
			Доля поражения токсикозом, %	Степень выраженности токсикоза в баллах	Количество экземпляров по баллам
1	лещ	10	40	2,0-3,0-4,0	1-2,0;2-3,0;1-4,0
	плотва	10	30	2-3,0	2-2,0;1-3,0
	окунь	10	40	2-3,0	1-2,0;3-3,0
2	лещ	10	30	2-3,0	2-2,0;1-3,0
	плотва	10	40	2-3,0	1-2,0;2-3,0,0
	окунь	10	40	2-3,0	2-2,0;2-3
	укля	10	20	2,0	2-2,0
3	лещ	10	30	2-3,0	2-2,0;1-3,0
	плотва	10	40	2-3-4,0	2-2,0;2-3,0
	окунь	10	30	2-3,0	1-2,0;2-3,0

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в воде и донных отложениях
Шлиссельбургской губы Ладожского озера

Акватория №	Концентрация тяжелых металлов в воде мг/л				Концентрация тяжелых металлов в донных отложениях мг/л			
	Cd	Pb	Cu	Mn	Cd	Pb	Cu	Mn
1	0,0	0,0003	0,002	0,002	0,183	0,39	2,04	42,05
2	0,0	0,0019	0,0005	0,002	0,177	4,02	3,22	507,73
3	0,0	0,0003	0,003	0,003	0,166	1,68	2,82	241,13
ПДК,Р/Х, и ориентировочные уровни содержания	0,005	0,006	0,001	0,01	0,35	16,0	47,0	1000,0

отражено в таблице 2. Так, содержание в воде кадмия, свинца и марганца оказалось значительно ниже ПДК и лишь содержание меди в двух пробах незначительно превышало рыбохозяйственный норматив. В донных отложениях выявленные концентрации металлов не превышали ориентировочных уровней их содержания.

Сопоставляя полученные результаты с аналогичными, проведенными в восьмидесятых годах прошлого столетия и позднее, следует отметить снижение уровня загрязнения, и, прежде всего по биологическим критериям качества вод – рыбам. Было показано, что в зимне-весенний период происходит обострение патологического процесса у рыб. Это явление отмечено и другими исследователями [14,15].

Следовательно, на акватории Шлиссельбургской губы с ее гидрологическими особенностями это явление объяснимо [1,2]. Настоящее исследование показало, что рыбы оказались наиболее четкими индикаторами оценки уровня загрязнения среды их обитания.

Поражение рыб связано с суммарным воздействием загрязняющих веществ, включая металлы и токсиканты органической природы. Рыбам в основном присущи те же патологические процессы, что и теплокровным животным, и по мнению известного эколога-токсиколога В.И. Лукьяненко [16,17] рыбы были, есть и будут основным объектом токсикологических исследований как с целью биоин-

дикации, так и с целью экологического нормирования. Таким образом, проведенные исследования показали ведущую роль рыб в оценке эколого-токсикологического состояния рыбохозяйственных водоемов.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Результаты проведенных исследований и анализ литературных данных показали, что Шлиссельбургская губа Ладожского озера, имеющая важное рыбохозяйственное значение и являющейся акваторией, где формируется водоснабжение г. Санкт-Петербурга, показали снижение антропогенной нагрузки на эту акваторию по сравнению с результатами предыдущих исследований. Исследования показали доминирующую роль ихтиофауны в оценке эколого-токсикологического состояния акватории.

Поражение рыб токсикозом и нарушение естественного воспроизводства не дают основание считать акваторию благоприятной в эколого-токсикологическом отношении.

Исходя из оценки состояния ихтиофауны – уровень ее загрязнения в летне-осенний период можно охарактеризовать как слабо выраженный сублетальный [6] с возможным переходом весной в средне-выраженный условно сублетальный.

THE CURRENT ECOLOGICAL AND ICHTHYOTOXICOLOGICAL STATE OF THE SHLISSELBURG BAY LAKE LADOGA. Romanov A.Yu.1 – postgraduate student, Arshanitsa N.M.1 – Candidate of

Biological Sciences, *ved.n.s.*, Stekolnikov A.A.2 – Candidate of Biological Sciences, assistant, Khamzin S.V.2 – Bachelor, Ekimova S.B.1 – Chief specialist

1. St. Petersburg branch of the All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography. ("Gos-NIORH" named after L.S. Berg); 2. St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

ABSTRACT

The article presents the materials of biological and chemical-analytical studies of the Shlisselburg Bay of Ladoga lake, that plays an important fishery and sanitary-hygienic role as a source of water supply of St. Petersburg. The dominant role of ichthyo-fauna in the assay of the ecological and toxicological state of the studied water area is shown. The purpose of the conducted research is to assess the ecological and ichthyo - toxicological state of the Shlisselburg Bay of Ladoga lake, as one of the main fishery water areal and the only source of water supply of St. Petersburg (the source of the Neva River). Biological and chemical analytical studies of the water area of the Shlisselburg Bay in laboratory conditions were carried out in the summer-autumn period in 2022 in three water areas.

A feature of the Shlisselburg Bay is the presence of a runoff flow, that initiates the removal of pollutants and the nature of bottom sediments, which makes the Bay less vulnerable to anthropogenic impact. Currently, the methods used to assess water quality for the fisheries perspective are biological – bioindication and biotesting, as well as the results of chemical analysis in comparison with the standards for the content of harmful substances in water, sediments, precipitation and fish. Preference is given to “express” methods: biotesting and bioindication of fish research results. Analysis of materials from previous studies have given reason to consider a gradual decrease in anthropogenic load (exposure to pollutants) on fish, as generally recognized indicators of water quality, given from fisheries positions. The results of the research showed that the ecological and toxicological condition of the Shlisselburg Bay has now improved, but cannot be considered satisfactory. Taking into account the state of the ichthyo fauna and the level of its

pollution, it can be characterized as weakly expressed sublethal with a possible transition to medium-expressed, conditionally sublethal in the spring period.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- 1.Литоральная зона Ладожского озера / Ред. Е.А.Курашов. СПб. Нестер-История, 2011-416с.
- 2.Ладога / Ред. В.А.Румянцев, С.А. Кондратьев, СПб, Нестер-История,2013-468с.
- 3.Аршаница Н.М. Токсикозы рыб, диагностика и профилактика/ А.А. Стекольников, М.Р. Гребцов. Санкт-Петербург-Москва-Краснодар. E.LANBOOK.COM. 2022-159с.
- 4.Рыбакин В.Н. Какие угрозы таят в себе воды Ладожского озера. В XXI века. / В.Н. Рыбакин// Ладожское озеро. СПб – 2009-с.139-142.
- 5.Аршаница Н.М. Рыбы, как индикаторы качества вод. Материалы всесоюзной конференции «Методология экологического нормирования». Харьков 16-20 апреля 1990 г, секция 3 – с. 31-35.
- 6.Кашулин Н.В. Рыбы пресных вод субарктики, как биоиндикаторы техногенного загрязнения. Апатиты, 1999 – 142 с
- 7.Кондратьев С.А. Формирование качества воды в системе Ладожского озера-река Нева-Невская губа восточной части Финского залива / С.А. Кондратьев// Финский залив в экосистеме Северо-Запада России. – СПб, 2012 – с.77-101.
- 8.Cash K.J. Assessing and monitoring aquatic ecosystem health approaches using individual, population and community ecosystem measurements/K.J. Cash/ N.O. Nothem River Basins Study Project Report,1995.P-168.
- 9.Whitfield A.K. Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future. / AK Whitfield, M Elliott// Fish.Biol. – 2012-Vol.61-p.229-250.
10. Аршаница Н.М. Патоморфологический анализ в полевых и экспериментальных условиях. / Н.М. Аршаница, Л.А. Лесников// Методы ихтиотоксикологических исследований. 1987 – с -7-9.
- 11.Федорова Г.В., Аршаница Н.М. Действие антропогенных факторов на разные звенья экосистемы бассейна Ладожского озера. Сборник научных трудов ГосНИОРХ в. 285, Л. 1998 — с.3-11

12. Аршаница Н.М. Оценка токсикологического состояния бухты Петрокрепость Ладожского озера на основании исследования рыб и биотестирования / Н.М. Аршаница, О.А. Ляшенко, А.А. Стекольников, С.Б. Екимова. Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2017 - №3 – с.154-158. -
 13. 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 Российской академии наук. 2022-№2-с.13-34.
 14. Гребцов М.Р. Эколого-токсикологическое состояние Волховской губы Ладожского озера. Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2014 - №3 – с.229-235
 15. Стекольников А.А. К вопросу сезонного состояния рыб реки Волхов. Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. - 2013.-№4-с.62-65.
 16. Лукьяненко В.И. Экологические аспекты ихтиотоксикологии / В.И. Лукьяненко. Агропромиздат, 1987-240с.
 17. Моисеенко Т.И. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология / Т.И. Моисеенко, Н.М. Кудрявцева, Н.А. Гашкина, Наука 2006-261с.
- REFERENCES**
1. The littoral zone of Lake Ladoga / Ed. E.A.Kurashov. SPB. Nester-History, 2011-416s.
 2. Ladoga / Ed. V.A. Rumyantsev, S.A. Kondratiev, St. Petersburg, Nester-History, 2013-468s.
 3. Arshanitsa N.M. Toxicosis of fish, diagnosis and prevention / A.A. Stekolnikov, M.R. Grebtsov. St. Petersburg-Moscow-Krasnodar. E.LANBOOK.COM. 2022-159s.
 4. Rybakin V.N. What threats are fraught with the waters of Lake Ladoga. In the XXI century. / V.N. Rybakin // Lake Ladoga. St. Petersburg - 2009-p.139-142.
 5. Arshanitsa N.M. Fish as indicators of water quality. Materials of the all-union conference "Methodology of environmental regulation". Khar'kov April 16-20, 1990, section 3 - p. 31-35.
 6. Kashulin N.V. Fishes of fresh waters of the sub-arctic as bioindicators of technogenic pollution. Apatity, 1999 - 142 p.
 7. Kondratiev S.A. Formation of water quality in the system of Lake Ladoga-Neva-Neva Bay in the eastern part of the Gulf of Finland / S.A. Kondratiev// The Gulf of Finland in the ecosystem of the North-West of Russia. - St. Petersburg, 2012 - p.77-101.
 8. Cash K.J. Assessing and monitoring aquatic ecosystem health approaches using individual, population and community ecosystem measurements/K.J. Cash/N.O. Nothem River Basins Study Project Report, 1995.P-168.
 9. Whitfield A.K. Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future. / A. K. Whitfield, M Elliott// Fish. Biol. – 2012-Vol.61-p.229-250.
 10. Arshanitsa N.M. Pathological analysis in field and experimental conditions. / N.M. Arshanitsa, L.A. Lesnikov // Methods of ichthyotoxicological studies. 1987 - from -7-9.
 11. Fedorova G.V., Arshanitsa N.M. The effect of anthropogenic factors on different parts of the ecosystem of the Ladoga Lake basin. Collection of scientific works of GosNIORKh c. 285, L. 1998 - p.3-11
 12. Arshanitsa N.M. Evaluation of the toxicological state of the Petrokrepost Bay of Lake Ladoga based on the study of fish and biotesting / N.M. Arshanitsa, O.A. Lyashenko, A.A. Stekolnikov, S.B. Ekimov. Issues of legal regulation in veterinary science. - 2017 - No. 3 - p.154-158. -
 13. 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-№2-p.13-34.
 14. Grebtsov M.R. Ecological and toxicological state of the Volkhov Bay of Lake Ladoga. Issues of legal regulation in veterinary medicine. – 2014 - №3 – p.229-235
 15. Stekolnikov A.A. To the question of the seasonal state of the fish of the Volkhov River. Issues of legal regulation in veterinary medicine. - 2013.-№4-p.62-65.
 16. Lukyanenko V.I. Ecological aspects of ichthyotoxicology / V.I. Lukyanenko. Agropromizdat, 1987-240s.
 17. Moiseenko T.I. Dispersed elements in surface waters of sushi: technophilicity, bioaccumulation and ecotoxicology / T.I. Moiseenko, N.M. Kudryavtseva, N.A. Gashkina, Science 2006-261p.