



*Российская Академия Наук*

Институт озероведения Российской академии наук –  
обособленное структурное подразделение ФГБУН «Санкт-Петербургский  
Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»  
(ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН)



## **Современное состояние и проблемы антропогенной трансформации экосистемы Ладожского озера в условиях изменяющегося климата**

Под редакцией д. ф.-м. н. С. А. Кондратьева,  
д. г. н. Ш. Р. Позднякова, академика РАН, проф. В. А. Румянцева

Технический редактор – к. ф.-м. н. А. М. Расулова

Москва  
2021

### 10.3 Токсикологическая характеристика среды обитания биологических ресурсов в Ладожском озере

Токсикологические показатели, наряду с гидрологическими и гидрохимическими параметрами, являются основой для оценки состояния водных биологических ресурсов (ВБР), в том числе и такого звена экосистемы, как рыбное население. Для решения задачи токсикологической оценки среды обитания биологических ресурсов в Ладожском оз. использованы результаты литорального рейса ИНОЗ РАН 2019 г. (рис. 8.3), а также экспедиционных исследований ГосНИОРХ в 2019–2020 гг. (рис. 10.3.1). В перечень токсикологических параметров входили нормируемые тяжелые металлы (ТМ) – кадмий, свинец, медь, марганец, нефтяные углеводороды (НУВ) и показатели острой и хронической токсичности с помощью тест – объекта *Daphnia magna* Straus. В качестве вспомогательных параметров, необходимых для интерпретации полученных результатов, использовались минеральный и общий фосфор. Оценка уровня трофии исследуемого водоема по содержанию общего фосфора проводилась по критерию Б. Карлсона [Carlson, 2007].

**Пелагиаль и бенталь озера за пределами литоральной зоны (2019 г.)**  
Результаты проведенных исследований 2019 г. по токсикологическим показателям представлены в табл. 10.3.1.

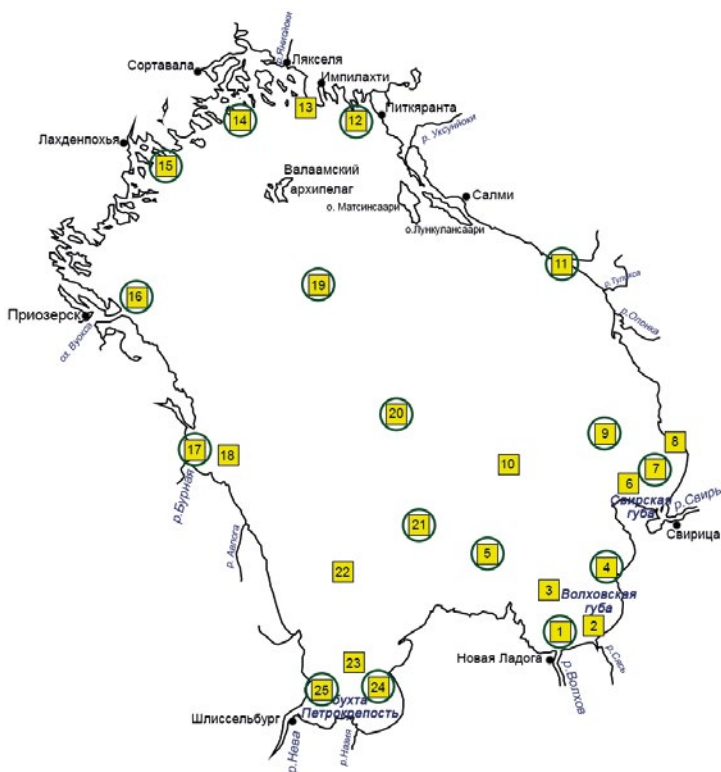


Рис. 10.3.1 – Схема станций отбора проб в открытой части Ладожского оз. для исследования среды обитания ВБР по токсикологическим и гидрохимическим показателям

Таблица 10.3.1

**Концентрация тяжелых металлов, НУВ, общего фосфора в пересчете на фосфор ( $P_{\text{общ.}}$ ), хроническая токсичность (В – по выживаемости; П – по плодовитости) в пробах воды Ладожского оз., отобранных в июле – августе 2019 г. на разных горизонтах**

Станции отбора (рис. 10.2.1)	h, м	Cd мг/л	Pb мг/л	Cu мг/л	Mn мг/л	Концентрация НУВ, мг/л	$P_{\text{общ.}}$ мг Р/л	Хроническая токсичность
1	6.5	<0,0001	0,0013	0,0130	0,0495	0,04	0,023	не оказывает
3	8.5	<0,0001	0,0004	0,0012	0,0048	0,04	0,017	не оказывает
4	10,0	<0,0001	0,0002	0,0104	0,0181	0,07	0,024	не оказывает
7	9.0	<0,0001	0,0012	0,0052	0,0189	0,45	0,042	не оказывает
8	5.0	–	–	–	–	0,03	0,016	не оказывает
9	24.0	0,0001	0,0010	0,0090	0,0097	0,04	0,008	не оказывает
11	28.0	–	–	–	–	0,03	0,042	не оказывает
12	33.0	0,0006	0,0017	0,0130	0,0031	0,04	0,039	не оказывает
13	90,0	–	–	–	–	0,09	0,024	В, П
14	13.9	<0,0001	0,0020	0,0028	0,0017	0,05	0,036	–
15	8.0	0,0001	0,0051	0,1058	0,0013	–	0,003	П
16	125	<0,0001	0,0018	0,0104	0,0013	0,04	0,013	В, П
19	146	<0,0001	0,0020	0,0018	0,0015	0,05	0,000	не оказывает
20	69	0,0002	0,0013	0,0056	0,0027	0,25	0,025	В
22	17	0,0001	0,0028	0,0140	0,0033	0,10	0,041	не оказывает
25	6	0,0002	0,0010	0,0012	0,0053	0,04	0,018	–
медиана		<0,0001	0,0013	0,009	0,0033	0,04	0,024	
ПДКвр/ другой критерий		0,005	0,006	0,0010	0,010	0,05	0,012– 0,024*	

\*Диапазон концентраций общего фосфора в пересчете на фосфор для мезотрофных водоемов по Б. Карлсону [Carlson, 2007]; «–» – анализ не проводился.

Согласно проведенным в 2019 г. исследованиям проб воды на содержание ТМ получено, что концентрации кадмия и свинца были ниже ПДКвр (ПДК для рыбохозяйственных водоемов). Концентрация кадмия была намного ниже ПДКвр и колебалась в пределах от менее чем 0,0001 до 0,0006 мг/л (табл. 10.2.1). Концентрация свинца в единственном случае была близка к ПДКвр, что было обнаружено на ст. 15 (в месте влияния г. Лахденпохья). На всех остальных станциях концентрации свинца были в 2 и более раз ниже ПДКвр. На ст. 15 было обнаружено содержание свинца больше, чем на всех станциях открытой части Ладоги. Концентрация меди во всех пробах воды в 2019 г. превышала ПДКвр, что указывает в большей степени на природную составляющую, нежели антропогенную. Однако в местах с повышенной антропогенной нагрузкой и в зонах влияния рек антропогенная составляющая увеличивала значения высокого природного фона до наибольших из выявленных концентраций меди. Концентрация марганца была

выше ПДКвр в пробах воды трех станций: ст. 1 – в 5 раз, и ст. 4 и 7 – в 1,8 и 1,9 раза соответственно. В воде ст. 9 и 17 концентрация марганца была близка к нормативу. Самые большие превышения норматива концентрации по НУВ отмечены на ст. 7 (Свирская губа) – 9 ПДКвр (0,45 мг/л), 20 (5 ПДКвр) и 22 (5 ПДКвр), что скорее обусловлено содержанием НУВ природного происхождения, связанного с интенсивным развитием фитопланктона.

Так как донные отложения являются «хранилищем информации» об аккумуляции химических веществ, токсикологические исследования грунтов позволяют получить достоверную информацию о наличии загрязнения. В табл. 10.3.2 представлены результаты исследований ТМ, НУВ и хронической токсичности в донных отложениях.

В донных отложениях концентрация кадмия превышала принятый норматив (усредненные почвы мира) [Бреховских, 2006] в пробах со станций 12, 14, 15 и 19 в 1,6–2,2 раза. Концентрация свинца оказалась немного выше норматива в донных отложениях на ст. 15 и была близка к нормативу на ст. 14 и 19. Концентрация меди была выше норматива в донных отложениях на ст. 15 в 1,2 раза и высокой в пробах ст. 12, 14, 16, 19 и 20. Концентрация марганца в донных отложениях ст. 14 выше норматива в 1,5 раза; ст. 15, 16, 19 и 20 – в 4–6 раз. Повышенное содержание марганца в донных отложениях озера отражает особенности «железо-марганцевой провинции на Карельском перешейке» [Семенович, 1966]. Аномально высокие концентрации марганца связаны с аутогенным минералообразованием. В связи с этим повышенные содержания марганца, а также свинца и меди являются специфической особенностью местной геохимической провинции [Субетто и др., 2013]. В донных отложениях со ст. 15 и 14, расположенных в шхерных районах Ладожского оз. близ городов Лахденпохья и Сортавала, обнаружено повышенное содержание НУВ – в 1,4 и 1,2 раза выше регионального норматива. В центральном районе озера (ст. 19) отмечено незначительное превышение концентрации НУВ, что, скорее всего, связано с естественным осадконакоплением (аккумуляцией детрита), поскольку характер грунта представлен серым илом и глиной [Крылова и др., 2020].

Таблица 10.3.2

**Концентрация тяжелых металлов (мг/кг), НУВ (мг/кг), показатель хронической токсичности (ХТ: В – по выживаемости; П – по плодовитости), характер грунта в пробах донных отложений Ладожского оз., отобранных в августе 2019 г.**

Станции отбора (рис. 10.2.1)	Характер грунта	Cd	Pb	Cu	Mn	НУВ	ХТ
1	Мелкий и круп. песок	0,232	3,2	3,69	192,8	59,2	–
2	Мелкий песок	–	–	–	–	–	не оказывает
3	Мелкий песок	0,196	3,1	1,25	242,2	54,0	не оказывает
4	Серый ил, песок	0,245	5,3	6,30	310,3	69,2	В
5	Камни, песок	–	–	–	–	–	не оказывает
6	Песок с наилом с запахом сероводорода	–	–	–	–	–	В
7	Песок	0,206	2,6	1,42	284,4	51,2	В

Станции отбора (рис. 10.2.1)	Характер грунта	Cd	Pb	Cu	Mn	НУВ	ХТ
8	Песок	0,0522	2,4	2,26	159,5		не оказывает
9	Крупный песок, наилок	0,216	7,2	2,92	400,3	69,6	не оказывает
10	Коричневая глина, серый ил	–	–	–	–	–	не оказывает
11	Мелкие камни, песок	0,3435	5,5	5,22	1370,8		–
12	Серый ил	0,625	10,5	14,33	583,4	86,4	–
14	Серый ил, коричневый ил	0,697	29,4	26,13	1498	246,4	В
15	Серый ил, глина	0,765	39,0	35,62	6434	210,0	–
16	Серый ил	0,232	24,8	28,10	4041	95,2	–
19	Серый ил, глина	0,560	18,5	19,15	4506	200,0	–
20	Серый ил	0,304	5,7	2,04	286,2	113,6	–
22	Песок, камни	0,155	3,76	1,16	169,0	52,8	–
25	камни	0,165	3,7	1,16	169,0	42,4	–
<b>норматив</b>		0,35*	35*	30*	1000*	180**	

\* – усредненные почвы мира [Бреховских, 2006]; \*\* – региональный норматив [Нормы и критерии..., 1996]; «–» – анализ не проводился.

По совокупности полученных результатов исследований проб воды и донных отложений в августе 2019 г. в открытых районах Ладожского оз. можно сделать вывод, что самым неблагоприятным с точки зрения среды обитания ВБР является район, находящийся в месте влияния вод Якимварского залива и г. Лахденпохья (ст. 15). Также неблагоприятными с точки зрения антропогенного влияния являются районы поселков Импилахти, Видлица, районы влияния рр. Янис, Бурной, Свирская губа и Волховская губа.

**Литоральная зона (2019 г.)** Результаты проведенных исследований в литоральном рейсе 2019 г. позволили получить расширенную картину состояния проблемных мест озера [Андроникова и др., 2011]. В воде превышений ПДКвр по кадмию и свинцу не выявлено. Превышение ПДКвр по меди в 2 и более раза было обнаружено на следующих станциях: ст. 16 (мыс Умоппиуми) – в 3,5 раза, ст. 7 (Андрусовская бухта) – в 2,3 раза, ст. Свирская губа, пляж – в 2,2 раза, ст. 23 (Приозерск) – в 2,9 раза, ст. 26 (Владимирская бухта) – в 2,4 раза, ст. 21 – в 2,8 раза; Якимварский залив, ст. 21 – в 2 раза, ст. С1 Сортавала – в 2,8 раза, ст. 23 Приозерск – в 2,9 раза. Приозерск недалеко от ст. 16 ГХ – в 3,2 раза, ст. 26 Владимирская бухта – в 2,4 раза, ст. 27 (Тайполовский з-в, устье р. Бурной) – в 2,4 раза, ст. у р. Бурная – в 2,5 раза, ст. 30 Осиновец – в 2 раза, и на ст. 1 и 3 Щучьего залива – в 2 раза (табл. 10.3.2). В основном эти превышения могут быть объяснены высоким природным фоном. Превышение ПДКвр по марганцу обнаружено только в Щучьем заливе (более 2 ПДКвр). При этом самое высокое значение на ст. 1 в районе дамбы (2,6 ПДКвр). На ст. 2 Щучьего залива также замечено превышение норматива по НУВ в 6 раз, что, скорее всего, свя-

зано с интенсивной вегетацией водной погруженной растительности (в основном, *Potamogeton perfoliatus*). Превышение по НУВ в воде в 2 и более раз было выявлено на следующих станциях: ст. 10 Питкяранта напротив завода в открытом озере (8,2 ПДК вр), ст. 12 выход из залива Импилахти и ст. 9 Ууксунлахти (4 ПДК вр), у р. Бурная (2,4 ПДК вр), Щучий залив ст. 2 центр (6 ПДК вр). На этих станциях были обнаружены концентрации НУВ в воде от 0,2 до 0,41 мг/л и на них же обнаружены высокие концентрации общего фосфора, что может свидетельствовать об эвтрофировании акваторий. По данным 2019 г., среднее медианное значение концентрации НУВ в открытых районах и литоральной зоне составило 0,04 мг/л, что находится в пределах средних многолетних значений.

По результатам поставленных экспериментов на хроническую токсичность на *D. magna* получено, что вода с некоторых станций обладала токсичными свойствами. Это вода со ст. 16, мыс Умоппиуми (по плодовитости), ст. 12 – выход из залива Импилахти (по выживаемости), у Питкяранты рядом с заводом ЦБК (по плодовитости), ст. 9 – Ууксунлахти (по выживаемости и плодовитости), ст. 20 – о. Путсари (по плодовитости), на ст. Лахденпохья и на выходе из шхерной части в открытом озере (по плодовитости), на 2 ст. у о. Койеонсари (по выживаемости и плодовитости), ст. 27 – Тайполовский з-в в устье р. Бурной (по плодовитости), ст. 28 – Бухта далекая (по плодовитости). Несмотря на то что острой токсичности в исследуемой воде выявлено не было, следует обратить внимание на тот факт, что на станциях в районе посёлков Импилахти и Видлица была отмечена гибель тест-организмов с достаточно высоким по отношению к другим исследуемым пробам процентом (33,3%).

При исследовании проб донных отложений на 3 станциях выявлены высокие концентрации кадмия при ориентире на усредненные почвы УП (0,35 мг/кг) и средние концентрации по медиане в литоральной зоне озера (0,076 мг/кг). В число этих станций вошли Питкяранта рядом с заводом ЦБК (1,7 УП Cd), ст. 7 Андрусовская бухта (0,34 мг/кг) и ст. у г. Лахденпохья (32 мг/кг). Превышение УП по свинцу было отмечено только в Щучьем заливе на ст. 1 (у дамбы). Там была обнаружена концентрация этого элемента 85,83 мг/кг, что составляет 2,5 УП Pb и в 19,5 раза выше среднего значения по литорали озера. Превышение значения УП по меди было выявлено в Якимварском заливе около п. Соролы (ст. 21) (37,38 мг/кг) и на ст. С1 Сортавала (33,28 мг/кг), что немного превысило УП Си и значительно выше средних значений по литоральной части озера – в 10,7 и 9,5 раза соответственно. По марганцу отмечено превышение по УП рядом со ст. 10 Питкяранта у завода ЦБК в 1,6 раза и у пос. Видлица в 1,3 раза при средней концентрации 131 мг/кг. Следует обратить внимание также на ст. Лахденпохья и ст. С1 Сортавала, где обнаружены концентрации марганца выше средней в донных отложениях по озеру в 4,4 и 3,3 раза соответственно. На 2 станциях выявлены превышения норматива в донных отложениях по нефтяным углеводородам. К ним относятся Лахденпохья – 944 мг/кг, что выше более чем в 5 раз норматива и в 16 раз выше средних значений концентраций НУВ в донных отложениях по озеру, и ст. 16 – мыс Умоппиуми (267,2 мг/кг). В Щучьем заливе на ст. 4 обнаруженная концен-

трация совпадает с нормативом. Но только на ст. Лахденпохья по результатам хронического опыта на дафниях было обнаружено, что водная вытяжка из донных отложений оказывала действие по выживаемости. Согласно проведённым экспериментам на хроническую токсичность было получено, что пробы донных отложений со ст. 15 (Ляскеля), ст. 12 выход из залива Импилахти, у п. Видлица в Яккимварском заливе – ст. 21в, Лахденпохья и на двух станциях близ р. Волхов (устье и в 2 км от устья Волхова) обладали хронической токсичностью.

Таким образом, из исследованных станций литоральной зоны озера в 2019 г. по токсикологическим параметрам только 5 станций могут быть оценены как экологически чистые для обитания гидробионтов. К ним можно отнести станции в районе о. Мантинсари, устье Свири, ст. 17 залив (у п-ва Рауталахти), ст. 26 (Владимирская бухта). Еще на двух других станциях ситуация была достаточно благоприятная (Л3–14 Назия и ст. 2 – Кобона), но опытов по биотестированию в случае этих станций не было.

#### **Пелагиаль и бенталь озера за пределами литоральной зоны (2020 г.)**

В июне 2020 г. величины концентраций тяжёлых металлов менялись в целом в воде озера следующим образом. Концентрации кадмия варьировали от 0,0 до 0,0004 мг/л, свинца – от 0,0001 до 0,0022 мг/л, меди – от 0,001 до 0,035 мг/л, марганца – от 0,0 до 0,319 мг/л. Самое высокое значение концентрации меди (34,6 ПДКвр) было обнаружено на ст. 17 в поверхностном горизонте, что может быть связано с влиянием р. Бурной. Самое большое значение концентрации марганца (32 ПДКвр) обнаружено на ст. 16 в среднем слое (устье р. Вуоксы). Самая высокая концентрация кадмия была обнаружена на ст. 22 в придонном слое. Средние по медиане значения концентрации кадмия и марганца были ниже ПДКвр. По меди отмечено превышение среднего значения по отношению к ПДКвр в 2 раза. Концентрация меди в среднем в деklinальной зоне составляла 0,0042 мг/л, в профундальной и ультрапрофундальной – 0,0035 мг/л. При сравнении с летом и осенью 2019 г. значения по меди в летнее и осеннее время в 2008 г. были ниже в 1,3–3 раза. Следует учитывать, что межгодовая изменчивость концентраций металлов по акватории озера определяется как неоднородностью поступления их с водосбора, так и гидродинамическими условиями в озере [Сусарева, Петрова, 2013].

По результатам биотестирования на пробах воды, отобранной в июне, острой токсичности выявлено не было. Хроническая токсичность воды выявлена только на ст. 24 – правая часть бухты Петрокрепость, где результаты экспериментов показали хроническую токсичность по выживаемости и плодовитости. На ст. 15 (в месте влияния г. Лахденпохья) в среднем горизонте (глубина 85 м) был отмечен большой процент гибели самок по отношению к контрольному опыту. Там же наблюдалось одно из самых больших значений концентрации общего фосфора – 0,035 мг Р/л, и самая большая концентрация минерального фосфора – 0,022 мг Р/л.

В сентябре 2020 г. картина сильно не изменилась. Концентрации кадмия варьировали от 0,0 до 0,0008 мг/л при среднем значении <0,0001; свинца – от 0,0 до 0,0132 мг/л при среднем значении 0,001; меди – от 0,0 до 0,008 мг/л при среднем значении 0,002; марганца – от 0,003 до

0,035 мг/л при среднем значении 0,008. Превышений ПДКвр в среднем по озеру по кадмию, свинцу и марганцу выявлено не было. Концентрации меди в среднем по озеру выше ПДКвр в 2,1 раза. Самое высокое значение концентрации меди (8 ПДКвр) было обнаружено на ст. 16 в поверхностном горизонте, что может быть связано с водосбором р. Вуокса и производными г. Приозерска, поскольку в среднем и нижнем горизонтах концентрации меди были в 4 раза ниже. На станциях с влиянием шхер – 15, 14, 13, 12, 11 – превышение ПДКвр по меди в 6–7 раз наряду с природной составляющей связано с влиянием близлежащих городов и поселков. На некоторых станциях озера обнаружены превышения ПДКвр по свинцу и марганцу. По свинцу самые большие концентрации по-прежнему были обнаружены на ст. 15 (2,2 ПДКвр в среднем и 1,7 ПДКвр в придонном горизонте), что связано с влиянием г. Лахденпохья. Близкое к ПДКвр значение было обнаружено на ст. 11 (в районе п. Видлица). Самое большое значение концентрации марганца (3,5 ПДКвр) обнаружено на ст. 2 в поверхностном горизонте (Волховская губа). Самые высокие концентрации марганца связаны с влиянием р. Сясь. Превышение ПДКвр данного вещества более чем в 2 раза выявлены на ст. 6, 14, 15, 17, 18, 19. По кадмию самые высокие значения были обнаружены на ст. 10, 11, 14, 15, 18. При этом самые высокие значения выявлены на ст. 11 (зона влияния р. Видлица). Согласно приведённым в табл. 10.2.5 значениям, в сентябре 2020 г. средние значения концентраций кадмия, свинца и марганца были ниже ПДКвр. По меди отмечено превышение значения ПДК в 1,6 раза. Концентрация нефтяных углеводородов в среднем (по медиане), как и в 2019 г., составила 0,04 мг/л, что не выходит за пределы ПДКвр. На некоторых станциях в поверхностном горизонте были обнаружены концентрации НУВ выше ПДКвр. В их число вошли ст. 13, где было обнаружено 2 ПДКвр, ст. 16 и 19, где было обнаружено 0,07 и 0,09 мг/л соответственно, ст. 2 и 4 (расположены в акватории Свирской губы), на которых отмечено превышение ПДКвр в 2 и 2,8 раза соответственно. Обнаруженные в воде Ладожского оз. НУВ имеют в большей степени природное происхождение, являясь частью лабильного автохтонного органического вещества озера [Коркишко и др., 1995; Крылова, Коркишко, 2000; Крылова и др., 2000; Коркишко и др., 2001; Коркишко, Крылова, 2002; Игнатьева и др., 2015]. Среднее значение общего фосфора по озеру за исследуемый период составляло 0,018 мг·P/л, что соответствует мезотрофному статусу.

В донных отложениях концентрация кадмия превысила принятый норматив УП в пробах ст. 10, 11, 14, 15, 16, 19, 25. При этом на ст. 10 и 25 обнаружено незначительное превышение (менее чем в 1,5 раза). На ст. 14 (в районе влияния г. Сортавала) концентрация кадмия превысила норматив в 3 раза, на ст. 15, 16 и 19 – в 1,6–2 раза. Концентрация свинца была близкой к нормативу или немного его превысила на ст. 14, 15, 16, 19. Вклад в увеличение концентрации свинца на ст. 14, 15 и 16 связан не только с природной нагрузкой, но и влиянием близлежащих городов (Сортавала, Лахденпохья, Приозерск). Отмечено превышение норматива по меди на ст. 12, 15, 16, 19 с самой большой концентрацией на ст. 12 (район влияния г. Питкяранта). На ст. 15 и 16 было отмечено превышение



норматива в донных отложениях по марганцу в 4 раза и на ст. 19 в 4,7 раза (табл. 10.2.6). Очень высокие значения содержания марганца в грунте, обнаруженные в сентябре на ст. 20, объясняются, по всей вероятности, наличием в грунте железомарганцевых конкреций, что нередко для донных отложений в этой части акватории озера [Семенович, 1966]. Самые высокие концентрации НУВ отмечены так же, как и в 2019 г., на ст. 13, 14, 15, 16 и 19. Самые высокие концентрации НУВ обнаружены там, где грунт выражен коричнево-серым илом, что говорит о деструкции органического вещества в детрите (ст. 13, 14 и 15).

Анализ представленных результатов натурных исследований позволяет сформулировать следующие выводы.

Отмечающиеся превышения нормативов содержания отдельных токсичных веществ в воде и донных отложениях не носят систематического характера и не являются критическими для рыбного населения озера.

Результаты токсикологических исследований указывают на достаточно благоприятное экологическое состояние большей части акватории Ладожского оз. за исключением локальных участков с выраженным антропогенным воздействием.

Самым неблагоприятным для среды обитания гидробионтов является район, примыкающий к г. Лахденпохья, а самыми чистыми – акватории в районе о. Мантинсари, устья Свири, залива у п-ва Рауталаhti и Владимирской бухты.

## **10.4 Воспроизводство рыб и беспозвоночных в условиях загрязнения озера**

Загрязнение поверхностных вод во всем мире приняло угрожающие размеры [Walker et al., 2019], что привело к деградации многих рыбохозяйственных водоемов. В первую очередь в северо-западном регионе пострадали наиболее ценные виды сиговых и лососевых рыб. Так, например, объем промысловых водных ресурсов в Финском заливе за последние десять лет снизился более чем в два раза, а численность популяций атлантического лосося, краснокнижных видов (ладожского лосося, палии и волховского сига) в крупнейшем пресноводном водоеме региона, Ладоге, упала до промыслового уровня и поддерживается только заводским воспроизводством, которое недостаточно эффективно [Гарлов и др., 2019; Гарлов, Аршаница, 2019]. Несмотря на заводское воспроизводство, численность балтийской популяции атлантического лосося настолько снизилась, что его промысел с 2009 г. прекратился.

Аналогичная ситуация складывается и с сигами Ладожского оз. Еще в прошлом столетии было отмечено, что в результате загрязнения нерестилищ сига в южной части озера, его промысловые запасы сокращаются в связи с ухудшением условий воспроизводства и активизацией антропогенных процессов [Федорова, Аршаница, 1988], а патологоанатомическое исследование половозрелых особей показало, что они массово поражены токсикозом [Аршаница, 1988]. Результаты проведенных исследований позволяют предположить, что основной причиной снижения запасов и уло-