

АНТРОПОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ НА ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ¹

А. П. Георгиев¹, В. А. Широков², Н. С. Черепанова², С. В. Коркин³

¹*Институт водных проблем Севера
Карельского научного центра Российской академии наук,
Республика Карелия, Петрозаводск, Российская Федерация*

²*Северный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
Петрозаводского государственного университета,
Республика Карелия, Петрозаводск, Российская Федерация*

³*Карельский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии,
Республика Карелия, Петрозаводск, Российская Федерация*

Представлены результаты работ, проводимых в рамках государственных заданий, прогнозных тематик и хозяйственно-договорных тем (СевНИОРХ, СевНИИРХ ПетрГУ, ИВПС КарНЦ РАН, КарелНИРО), по оценке антропогенного воздействия на водные объекты Республики Карелия. Выявлено, что данный фактор пагубно воздействует на водные экосистемы Карелии: рыбные ресурсы снизили свой продукционный потенциал в среднем на 10,8 % от уровня 1950-х гг., т. е. в экологически приемлемом варианте. Крупные водоемы (Онежское и Ладожское), в силу огромных объемов водных масс, более активно сопротивляются техногенной трансформации, чем мелкие. Локально имеются запредельные трансформации (реки Ковда, Кемь, Нижний Выг, Повенчанка, Суна и акватории Северного Выгозера, Кондопожской и Петрозаводской губ Онежского озера, Водлозерское водохранилище и Сямозеро, система Кенти-Кенто в бассейне Юшкозерского водохранилища), которые нуждаются в радикальных мерах в части охраны среды и ограничений по режиму рыболовства. Если оценивать ситуацию в целом, то следует признать, что уровень антропогенного загрязнения продуктами жизнедеятельности человека (отходы промышленного производства, сельского хозяйства, последствия сплава древесины, плотины гидроэлектростанций и пр.) ведут к изменению состояния водной среды для обитания рыб, отрицательно отражаются на продуктивности рыбного промысла, приводят к снижению уловов рыбы.

Ключевые слова: Карелия, водоем, рыбные ресурсы, источники загрязнения, экосистема, ущерб.

Для цитирования: Георгиев А. П., Широков В. А., Черепанова Н. С., Коркин С. В. Антропогенное влияние на водные экосистемы Республики Карелия // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2021. № 1. С. 14–23. DOI: 10.24143/2073-5529-2021-1-14-23.

Введение

Общей особенностью водных экосистем является их чувствительность к загрязнению, изменениям гидрологического режима и изъятию биоресурсов. Антропогенное загрязнение водоемов за последние 70 лет значительно превзошло естественные источники. Косвенными объектами-жертвами загрязнения водных экосистем являются рыбы. Их ресурсы зачастую просто уничтожаются или трансформируются под постоянным воздействием множества изменяющихся во времени и пространстве природных и антропогенных факторов [1, 2]. Рыбы, являясь завершающим звеном трофических цепей в водоеме и относительно долгожителями, аккумулируют все изменения в среде обитания и, в зависимости от видовой резистентности, снижают темп роста, интенсивность воспроизводства, численность либо теряют свое место в экосистемах, становясь малочисленными или исчезая совсем. Общий ущерб биопродукционному потенциалу внутренних вод Европейского Севера оценивается снижением уровня рыбопродуктивности на 20 %. Исследования антропогенных изменений для оценки вреда, причиненного водным биоресурсам Карелии, требуют особого подхода, основанного на уже имеющейся информации общеэкологического плана.

¹ Работа выполнена в рамках Государственного задания Института водных проблем Севера КарНЦ РАН.

Материалы и методика

Анализ антропогенных изменений и оценка вреда, причиненного водным биоресурсам Республики Карелия, включал поиск как общей, так и специальной информации [3]. На основе анализа структурно-отраслевых особенностей территории Карелии, выявления основных источников ущерба водным биоресурсам произведена оценка сырьевой базы рыбной промышленности, определен годовой ущерб рыбным ресурсам региона. Показатель рыбопродуктивности основных промысловых водоемов определялся по методике С. П. Китаева [4]. Для оценки степени загрязнения водной системы региона, годового ущерба рыбным ресурсам региона, включая Онежское, Ладожское озера и ряда основных промысловых водоемов за последние 70 лет, были применены показатель условного токсикологического экологического водопотребления (УТЭВ) [5] и коэффициент загрязнения (КЗ_{УТЭВ}).

Результаты и их обсуждение

Несмотря на обилие водных ресурсов в Карелии большая их часть, активно эксплуатируясь в хозяйственных целях, уже трансформирована, а водные системы рек Кемь, Нижний Выг, Суна, Повенчанка фактически представляют собой техногенные образования с полной утратой естественных параметров и биопродуктивности. Исторически производственные силы Республики Карелия базируются преимущественно на использовании собственных природных ресурсов. Сформировалась экстенсивная модель природопользования с большим объемом лесозаготовок (к настоящему времени он сократился в 3 раза), высоким удельным весом целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) (19–21 % по выпуску товарной продукции по региону) и металлургии (11–12 % продукции) в условиях острого дефицита топливно-энергетической базы, с малым удельным весом сельского хозяйства, широким развитием осушительной мелиорации (лесная и сельскохозяйственная – 7,45 тыс. км², или 4,3 % площади суши), гидроэнергетики, транзитного судоходства (Волго-Балтийский водный путь и Беломорско-Балтийский канал) и рыболовства.

Рыбное хозяйство на внутренних водоемах Карелии обеспечивает учетный вылов рыбы от 1,10 тыс. т (1998 г.) до 4,38 тыс. т (1987 г.) (табл. 1).

Таблица 1

Динамика учетного вылова и производства товарной рыбы на внутренних водоемах Карелии, тыс. т

Вид рыболовства	Учетный вылов и производство, тыс. т, за период, гг.						
	1950–1959	1960–1969	1970–1979	1980–1989	1990–1999	2000–2009	2010–2019
Промысловый лов	4 123,4	3 176,0	3 169,5	3 742,5	1 814,1	2 094,6	1 811,0
КМНС*	–	–	–	–	298,0	6,2	8,0
Любительский лов	–	–	–	–	379,0**	446,7**	3,0
Аквакультура	–	–	3,0	28,0	680,0	5 575,0	16 013,0
<i>Всего</i>	4 123,4	3 176,0	3 172,5	3 770,5	3 198,1	8 122,5	17 835,0

* КМНС – рыболовство в целях обеспечения и ведения традиционного образа жизни и осуществления хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Севера.

** Данные ФГУ «Карелрыбвод».

Фактическое изъятие рыбы, учитывая потребительский и любительский лов, экспертно оценивается величиной 6,0–8,0 тыс. т, т. е. примерно 2,5–3,3 кг/га в пересчете на рыбохозяйственный водный фонд (2,4 млн га).

Наибольший учетный вылов рыбы на внутренних водоемах Карелии приходился на 1950-е гг. при максимальном улове 4 754 т в 1954 г. [3]. На период 1980-х гг., которые характеризуются как наиболее стабильные, с относительно полным учетом выловленной рыбы, промышленные уловы также находились на достаточно высоком уровне и составили в среднем 3 742 т, с максимальной величиной 4 377 т в 1987 г. В последующие годы, начиная с 1990-х гг., учетные промышленные уловы рыбы резко сократились. Фиксируемое снижение общего выхода товарной продукции, вероятно, не соответствует реальному положению и объясняется недостаточностью учета по причине децентрализации рыболовства и ослаблением контроля со стороны рыбоохранных органов. Кроме того, произошла переориентация рыбной отрасли республики на производство товарной рыбы, главным образом радужной форели. За последние годы (2010–2020 гг.) наблюдается значительный рост объемов товарного выращивания рыбы.

В отдельные периоды (1990–2009 гг.) учетный любительский лов рыбы достигал 379–446 т. На протяжении последних лет сохранялась тенденция к снижению объемов вылова и количества выданных путевок организаторами любительского и спортивного рыболовства на рыбопромысловых участках. Большое количество водных объектов, легкодоступных для посещения рыбаков-любителей, а также возможность применения на озерах и водохранилищах (за исключением Ладожского озера) сетного лова делает проблематичным проведение учета объемов вылова рыбы.

В составе учетных промышленных уловов рыбы доминируют рыбы с коротким жизненным циклом – ряпушка и корюшка. Количественные показатели видового состава промышленных уловов за многолетний период в пресноводных водоемах Карелии косвенно отражают степень антропогенного воздействия на рыбные ресурсы региона (табл. 2).

Таблица 2

**Промышленный вылов рыбы во внутренних водоемах Карелии
за многолетний период (учтенные данные)**

Виды и группы рыб	Средний состав промышленных уловов по периодам лова, т						
	1950–1959 гг.	1960–1969 гг.	1970–1979 гг.	1980–1989 гг.	1990–1999 гг.	2000–2009 гг.	2010–2019 гг.
Лосось	28,9	9,6	11,6	22,0	3,8	0,6	–
Кумжа	7,8	4,5	0,2	2,1	–	0,1	0,7
Палия	46,2	18,9	10,5	6,3	2,1	12,6	14,0
Форель	7,8	4,5	2,0	0,6	1,0	0,1	–
Сиги	187,6	166,3	189,4	149,1	38,2	49,7	31,2
Хариус	2,3	2,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
Ряпушка	973,4	832,4	633,6	830,1	420,0	349,5	508,7
Корюшка	1 094,7	529,0	666,1	961,4	714,4	1 029,2	641,5
Судак	153,7	133,9	212,5	293,4	112,3	150,5	107,0
Щука	177,8	191,5	143,3	102,8	29,6	33,3	57,1
Налим	201,2	136,0	186,8	221,3	83,6	79,9	82,2
Лещ	237,9	138,8	135,0	211,1	60,6	85,2	128,7
Язь	23,9	11,5	7,6	8,4	3,4	4,6	8,1
Прочие	981,1	997,9	970,7	933,7	347,9	299,2	231,6
<i>Итого</i>	4 124,3	3 177,1	3 169,5	3 742,5	1 817,0	2 094,6	1 811,0

В 1950-е гг. основу уловов формировали ряпушка, корюшка, сиги, лещ, налим, щука. С 1980-х гг. доля отдельных видов рыб заметно изменилась. Основу уловов составили только три вида – ряпушка, корюшка и судак. В составе рыбного населения снизился промысел наиболее ценных лососевых рыб и сига. В период максимального интенсивного промысла рыбы (1950-е гг.) вылов лосося достигал 29 т. Тенденция к сокращению уловов лосося в регионе особенно усилилась с начала 2000-х гг. Особое место в промысле занимают сиги, т. к. они узко адаптированы к выживанию в экстремальных условиях и первыми реагируют на незначительные изменения в водоемах. За последние 30 лет его уловы не превышали 50 т. Из анализа многолетних данных следует, что промысловый вылов судака по периодам лова носит циклический характер и уловы относительно стабильны, за исключением вылова в последние 10 лет. Отмечается значительное снижение уловов прочих видов рыб (колюшка, синец, уклейка, густера, елец, карась, красноперка, голянь, карп). Таким образом, промысел рыбных ресурсов Карелии находится под воздействием многочисленных факторов техногенного характера, роль каждого из которых замаскирована.

Среди трех эколого-экономических регионов Карелии – Беломорский, Прионежский и Северо-Ладожский – по антропогенному прессу лидирует первый, где сосредоточены целлюлозно-бумажная, алюминиевая и горно-металлургическая отрасли промышленности и действует 71 % установленной мощности гидроэнергетики региона. Второе место принадлежит бассейну Онежского озера (Прионежский регион), где расположена Петрозаводско-Кондопожская агломерация с населением около 400 тыс. человек, сосредоточено 58 % промышленности и 45 % объема сельскохозяйственного производства Республики Карелия, осуществляется интенсивное судоходство. Мощность токсикологического воздействия источников загрязнения на водоем было предложено определять через показатель УТЭВ (км³), означающий объем чистой воды, необходимый для нейтрализации токсических свойств разведением до нормативного качества [5]. Для оценки степени загрязнения водной системы использовался коэффициент загрязнения (КЗ_{УТЭВ}), как соотношение УТЭВ и объема годового стока водной системы (ОГСВС). Результаты получены на базе только местных источников загрязнений, но с учетом рассеянных, ливневого стока, лесосплава

и других источников, находящихся вне рамок государственно-статистического контроля. Материалы работ позволили представить общую картину роли основных водопользователей Карелии в причинении ущерба рыбным ресурсам региона. В загрязнении водных экосистем доминирует водоотведение (табл. 3).

Таблица 3

Условное токсикологическое экологическое водопотребление (УТЭВ) и коэффициент загрязнения (КЗ_{УТЭВ}) водных систем Карелии

Группа источников загрязнения	УТЭВ, км ³								
	Белое море			Онежское озеро			Ладожское озеро		
	Системы рек								
	Ковда	Кемь	Выг	Кереть	Водла	Суна	Шуя	Лендерка	Янисйоки
Водоотведение общее	0,42	1,03	12,30	0,28	0,93	5,37	2,23	0,40	1,66
Лесосплав (отходы)	–	0,11	0,13	0,02	0,18	0,22	0,04	0,04	0,02
Водный транспорт	0,10	0,10	1,87	0,23	1,44	0,26	0,12	0,20	0,03
Аэрогенные	–	5,37	2,32	–	0,04	0,84	0,61	–	0,07
<i>Всего</i>	0,52	6,61	16,62	0,53	2,59	6,69	3,00	0,64	1,78
	КЗ _{УТЭВ}								
УТЭВ / ОГСВС	0,06	0,81	1,87	0,58	0,60	2,76	0,98	0,41	1,30

Исходя из результатов коэффициента загрязнения (КЗ_{УТЭВ}), наиболее загрязненными являются р. Суна, Выг и Янисйоки, а наиболее чистая вода в р. Ковда. В настоящее время границы очагов воздействия на природную среду сильно размываются за счет усиления роли трансграничных переносов воздушными и водными путями. Например, водные массы Ладожского озера принимают с карельской части водосбора только 3,2 % общего объема сточных вод и 12 % атмосферных выпадений. Баланс трансграничных взаимодействий по веществам-загрязнителям для Карелии имеет положительное значение по импорту со стороны стран Скандинавии и от Ленинградской области с Санкт-Петербургом: извне поступает ежегодно 94 тыс. т только соединений серы и азота, а экспортируется 47 тыс. т [6].

Суммарный техногенный сброс загрязненных вод в водоемы Карелии, по нашей оценке, составляет порядка 590 млн м³ в год против официально регистрируемого 217–298 млн м³ за 2000-е гг. Этот сброс содержит в себе около 300 тыс. т загрязняющих веществ (ЗВ) без учета расходов кислорода на окисление веществ (БПК) (табл. 4).

Таблица 4

Виды техногенного стока на территории Карелии

Техногенный сток	Объем		Количество загрязняющих веществ		Токсикологический порог разбавления
	млн м ³	%	тыс. т	%	
Промышленно-коммунальный	315	53,4	170,8	53,6	78
Ливневой	131	22,2	65,0	21,5	53
Лесомелиорационный	128	21,7	43,4	14,2	3
Сельскохозяйственный	14	2,4	23,6	7,8	464
Лесосплавный (отходы)	2	0,3	0,6	0,2	250
<i>Итого</i>	590	100,0	303,4	100,0	848

В табл. 4 не включен объем воды, используемой гидроэнергетикой (до 30 км³/год). Эта вода не загрязняется, но ее прохождение через турбины и водосливы ГЭС сопровождается гибелью 50–90 % беспозвоночных гидробионтов и 30–50 % молоди рыб. Концентрация органических остатков на нижних подплотинных участках вызывает бурное развитие патогенной микрофлоры и существенное ухудшение качества воды [7–9]. Положение усугубляется факторами, связанными с искусственным регулированием уровня воды в водохранилищах и попусков воды через гидроузел.

В целом экологическая обстановка на территории Карелии характеризуется как сложная. Аэрогенное загрязнение территории составляет в среднем 1,3 т/км², от сточных вод и других источников в водоемы поступает 9,9 тыс. т ЗВ на 1 км³ поверхностного стока. В результате средневзвешенно водные ресурсы Республики Карелия (геометрический объем 1 066 км³, включая территориальные акватории Онежского и Ладожского озер, прочие водоемы и 56,5 км³ среднесуточной величины стока) ежегодно получают 0,5 г ЗВ на 1 м³ при фоновой минера-

лизации вод от 10 до 120 г/м³. Кажущееся благополучие объясняется огромным объемом воды в Ладожском и Онежском озерах – 844 км³ (общий 1 200 км³). В действительности резко выделяются зоны трех промузлов – Костомукшского (добыча и обогащение железных руд), Сеgezско-Надвоицкого (ЦБК, деревообработка, производство алюминия) и Петрозаводско-Кондопожского (ЦБК, машиностроение, обработка камня, транспортный узел, легкая, пищевая и другие отрасли промышленности, агропромышленные комплексы). Соответственно, неблагоприятная обстановка сложилась на водных экосистемах р. Нижний Выг, Кондопожской и Петрозаводской губ Онежского озера, нижних участков рек Шуя, Суна, Водла и Янисйоки. Основным загрязнителем вод является ЦБК с объемом сточных вод 200–230 млн м³/год. Дополнительно к фактору сточных вод действует выброс в атмосферу – в 2,4 раза больше ЗВ, нежели их содержание в сточных водах, т. е. фактически водоемы в 10–20-километровой зоне от ЦБК принимают в 1,5–2,0 раза большее количество ЗВ против отчетных цифр.

Традиционное представление о рыболовстве как о главном факторе, влияющем на объемы и состояние рыбных ресурсов, в современных условиях некорректно. Приоритетными по антропогенному воздействию на рыбные ресурсы Карелии стали водоотведение, водный транспорт, аэрогенное загрязнение и гидроэнергетика (табл. 5).

Таблица 5

Годовой ущерб рыбным ресурсам внутренних вод Республики Карелия

Источник ущерба	Размер ущерба		Групповой ущерб, %
	т/год	%	
Водоотведение:			
сточные воды ЦБП	560	22,9	Водоотведение – 38,2
коммунальный сток	45	1,8	
ливневый сток с урбанизированных территорий	120	4,9	
сельское хозяйство	130	5,3	
прочие отрасли	70	2,9	
мелиорация	10	0,4	
Гидроэнергетика	360	14,7	Гидроэнергетика – 14,7
Водный транспорт:			
судоходство	320	13,1	Водный транспорт – 26,7
добыча НСМ	25	1,0	
маломерный флот	40	1,6	
лесосплав	270	11,0	
Водозаборы	10	0,4	Водозаборы – 0,4
Аэрогенное загрязнение	490	20,0	Атмосферные осадки – 20,0
<i>Итого</i>	2 450	100,0	100,0

В целом годовой ущерб рыбным ресурсам региона с 1990-х гг. и на 2000-е гг. определяется в 2 450 т [10]. В структуре ущерба рыбным ресурсам региона доминируют загрязненные сточные воды от водопотребления – 38,2 % (в том числе сточные воды ЦБП – 22,9 %) и водный транспорт – 26,7 % (в том числе судоходство – 13,1 %). Ущерб от аэрогенного загрязнения (атмосферные выпадения) составляет 20 %, от гидроэнергетики – 14,7 %. В общей сложности уровень рыбопродукционного потенциала пресноводных систем Карелии снизился на 10,8 % от уровня 1950-х гг. (табл. 6).

Таблица 6

Распределение суммарного ущерба рыбным ресурсам по экорегионам (бассейнам) Карелии

Экорегион (бассейн)	Ущерб		Снижение от уровня 1950-х гг., %
	тыс. т	%	
Белое море	0,89	36,3	11,3
Онежское озеро	1,13	46,1	11,0
Ладожское озеро (северная часть)	0,43	18,6	8,7
<i>Итого</i>	2,45	100,0	10,8

Основными рыбопромысловыми водоемами региона являются Ладожское и Онежское озера, имеющие федеральный статус. Они принадлежат к числу водоемов, испытывающих в регионе и наибольший пресс антропогенного воздействия. При этом им принадлежит первенство по продолжительности этого воздействия: уже с начала XX в. водные ресурсы их бассейнов начали ис-

пользоваться для нужд развивающейся промышленности. Следствием антропогенного загрязнения водной среды могут быть как прямые негативные последствия (гибель икры, молоди, взрослых рыб и других гидробионтов), так и косвенное влияние – изменение структуры видового состава в целом в результате хронической интоксикации водоемов.

Все многообразие антропогенного воздействия на водные ресурсы и экологические последствия (особенно для рыбной части биоресурсов) могут проявляться с запозданием. Рыбы обладают мощным физиолого-биохимическим механизмом адаптации и акклиматизации как к резким кратковременным, так и длительным, малозаметным, изменениям факторов водной среды (до известных пределов для различных групп рыб: наиболее чувствительными и уязвимыми в водоемах оказываются лососевые и сиговые рыбы).

Статистика промысла достоверно свидетельствует о том, что рыбные ресурсы в карельской части Ладожского и Онежского озер в настоящее время претерпевают сокращение доли лососевых и сиговых рыб по сравнению с 1950–1959 гг.

В относительном благополучии находятся лишь короткоцикловые массовые виды – корюшка и ряпушка, – а также (из хищных видов) щука, налим, а в Ладожском озере – судак, лещ (табл. 7, 8).

Таблица 7

Изменение относительной величины промышленных уловов в карельской части Ладожского озера по основным промысловым видам

Виды и группы рыб	Средний состав промышленных уловов по периодам лова, %						
	1950–1959 гг.	1960–1969 гг.	1970–1979 гг.	1980–1989 гг.	1990–1999 гг.	2000–2009 гг.	2010–2019 гг.
Лососевые	3,8	1,1	0,5	0,3	1,2	2,0	2,4
Сиги	5,5	6,3	10,7	4,9	3,6	4,8	4,4
Хариус	0,1	–	–	–	–	–	–
Рипус	0,6	2,1	0,2	–	–	–	–
Ряпушка	9,6	10,9	11,4	14,0	11,0	14,7	13,7
Корюшка	32,0	6,7	18,4	34,2	64,0	37,4	19,9
Судак	2,7	8,4	14,8	22,5	14,8	19,5	23,0
Щука	1,4	1,3	0,5	0,9	0,3	1,3	3,3
Налим	0,9	1,1	1,1	1,4	0,4	1,4	3,7
Лещ	4	2,4	3,4	3,2	2,3	2,8	9,5
Язь	0,1	0,1	0,1	0,2	–	0,5	2,0
Прочие	39,3	59,6	38,9	18,4	2,4	15,6	18,1
<i>Итого, т</i>	660,0	496,5	672,9	687,4	405,6	596,4	317,1

Таблица 8

Изменение относительной величины промышленных уловов в карельской части Онежского озера по основным промысловым видам

Виды и группы рыб	Средний состав промышленных уловов по периодам лова, %						
	1950–1959 гг.	1960–1969 гг.	1970–1979 гг.	1980–1989 гг.	1990–1999 гг.	2000–2009 гг.	2010–2019 гг.
Лососевые	1,7	1,2	1,1	0,9	0,5	0,1	0,4
Сиги	4,6	2,8	4,2	3,7	2,2	1,7	0,9
Ряпушка	33,3	43,6	32,9	33,2	36,7	19,6	35,1
Корюшка	29,8	26,4	34,0	37,8	45,4	60,5	43,9
Судак	3,6	3,3	2,9	1,7	1,1	1,2	1,2
Щука	2,4	1,3	0,7	0,4	0,2	0,7	1,7
Налим	5,7	3,6	6,6	6,1	4,4	4,3	4,7
Лещ	2,5	1,4	1,4	1,4	0,8	2,0	3,2
Прочие	16,4	16,4	16,2	14,8	8,7	9,9	8,9
<i>Итого, т</i>	1 915,0	1 384,1	1 277,9	1 779,0	902,9	1 340,3	1 295,4

Амплитуда колебаний уловов рыб в изучаемых водоемах неодинакова, как и устойчивость групп рыб к антропогенному воздействию. Анализ промышленных уловов больших озер – Онежского и Ладожского в пределах Республики Карелия – позволил установить, что рыбы обладают мощными природными возможностями к самосохранению в противостоянии антропогенному прессу [11]. За наблюдаемый период относительная величина общих уловов колебалась в ту или иную сторону. В результате антропогенного воздействия страдают в первую очередь лососевые виды рыб, которые в прошлом обеспечивали до 60–80 % промысловых уловов [3]. Складывается ситуация, когда при относительно стабильной общей массе уловов и даже их росте ряд популярных деградирует и даже исчезает, т. е. имеет место явный ущерб рыбным ресурсам.

Эксплуатируемый промысловым водный фонд Карелии (2 120 тыс. га) характеризуется общей величиной ущерба рыбопродуктивности для восьми основных промысловых водоемов Карелии в 1,90 тыс. т, из которых на озера-водохранилища приходится около 1,0 тыс. т (табл. 9).

Таблица 9

Ущерб рыбным ресурсам (рыбопродуктивности) основных промысловых водоемов Карелии

Водоем	Зеркало, тыс. га	Ущерб рыбопродуктивности		Уровень снижения продуктивности от 1950-х гг., %
		кг/га	тыс. т	
Водоохранилища				
Кумское (Топо-Пяозерское)	191,0	0,73	0,14	7,5
Юшкозерское (система озер Куйто)	64,0	0,63	0,04	2,2
Выгозерское	116,0	2,59	0,30	9,2
Сегозерское	78,5	2,55	0,20	6,2
Водлозерское	33,4	6,89	0,23	35,0
Озера				
Онежское	834,5	0,67	0,56	8,0
Ладожское	780,0	0,42	0,33	5,0
Сямозеро	22,6	4,42	0,10	38,5
<i>Итого</i>	2 120,0	0,90	1,90	—

Наибольшее влияние хозяйственная деятельность человека оказывает на реки: на них приходится около 23–25 % от общей величины ущерба рыбным ресурсам Карелии. Критическая ситуация сложилась в бассейнах рек Кемь, Выг и Суна, сток которых подвергается значительной техногенной трансформации. В первую очередь пострадали популяции проходных лососевых рыб. При этом не принимается во внимание утрата многих стад озерного лосося и озерно-речных сигов в результате гидростроительства до 1950-х гг. XX в. Только на лососевых реках Ладожского озера исчезло 8 популяций лосося [12]. Осталось менее 20 % площади потенциальных нерестилищ, и те находятся в плохом состоянии.

Заключение

В результате антропогенного воздействия на водные экосистемы Карелии ее рыбные ресурсы снизили свой продукционный потенциал в среднем на 10,8 % от уровня 1950-х гг., т. е. в экологически приемлемом варианте. В Карелии два великих озера (Онежское и Ладожское), в силу огромных объемов водных масс, активно сопротивляются техногенной трансформации. Однако локально имеются запредельные трансформации (р. Ковда, Кемь, Нижний Выг, Повенчанка, Суна и акватории Северного Выгозера, Кондопожской и Петрозаводской губ Онежского озера, Водлозерское водохранилище и Сямозеро, система Кенти-Кенто в бассейне Юшкозерского водохранилища), которые нуждаются в радикальных мерах в части охраны среды и ограничений по режиму рыболовства. Если оценивать ситуацию в целом, то следует признать, что уровень антропогенного загрязнения продуктами жизнедеятельности человека (отходы промышленного производства, сельского хозяйства, последствия сплава древесины, плотины гидроэлектростанций и пр.) ведут к изменению состояния водной среды для обитания рыб, отрицательно отражаются на продуктивности рыбного промысла, приводят к снижению уловов рыбы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Георгиев А. П., Назарова Л. Е. Трансформация рыбной части сообщества в пресноводных экосистемах Республики Карелия в условиях изменчивости климата // Экология. 2015. № 4. С. 272–279.
2. Лобанова А. С., Сидорова А. И., Георгиев А. П., Шустов Ю. А., Алайцев Д. П. Роль инвазионного вида *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing) в питании речного окуня *Perca fluviatilis* L. литоральной зоны Онежского озера // Рос. журн. биол. инвазий. 2017. Т. 10. № 2. С. 81–86.
3. Озера Карелии: справ. Петрозаводск: Госиздат КАССР, 1959. 618 с.
4. Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 395 с.
5. Волков И. В., Горбачев С. А. Лимитирование токсикологической нагрузки на водоем – основа рационального водопользования // Рыбное хозяйство. 1988. № 6. С. 61–63.
6. Экологические проблемы Северо-Запада России и пути их решения. СПб.: ЗАО «Виктория-Спецлитература», 1997. 528 с.

7. Павлов Д. С., Нездолый В. К. О травмировании рыб при скате через низконапорные гидроузлы // Биология внутренних вод: информ. бюл. ИБВ АН СССР. Л.: Наука, 1981. № 50. С. 29–32.
8. Шилин М. Б. Обратите внимание на планктон! // Энергия: экономика, техника, экология. 1991. № 10. С. 54–55.
9. Разработка биологического обоснования режима рыболовства во внутренних водоемах Карелии: отчет о НИР. Петрозаводск: Изд-во СевНИИРХ, 2000. 157 с.
10. Усенков С. М., Шванов В. Н. Седиментационный процесс как ведущий фактор формирования геоэкологического состояния Ладожского озера // Разведка и охрана недр. 1998. № 7. С. 47–49.
11. Черепанова Н. С., Георгиев А. П., Горбачев С. А., Широков В. А. Рыбопродукционный потенциал озер Республики Карелия на современном этапе // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2020. № 2. С. 59–66.
12. Валетов В. А. Современное состояние и экологические основы повышения эффективности воспроизводства лосося Ладожского озера: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1988, 16 с.

Статья поступила в редакцию 22.10.2020

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Георгиев Андрей Павлович – Россия, 185030, Петрозаводск; Институт водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук; канд. биол. наук; старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии; a-georgiev@mail.ru.

Широков Вячеслав Анатольевич – Россия, 185910, Петрозаводск; Северный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства Петрозаводского государственного университета; научный сотрудник лаборатории популяционной экологии лососевых рыб; shirokov@research.karelia.ru.

Черепанова Надежда Степановна – Россия, 185910, Петрозаводск; Северный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства Петрозаводского государственного университета; научный сотрудник лаборатории сырьевых ресурсов и прогнозирования; ncherepanova@mail.ru.

Коркин Сергей Владимирович – Россия, 185035, Петрозаводск; Карельский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии; руководитель филиала; karelniorh@mail.ru.



ANTHROPOGENIC IMPACT ON AQUATIC ECOSYSTEMS OF REPUBLIC OF KARELIA

A. P. Georgiev¹, V. A. Shirokov², N. S. Cherepanova², S. V. Korkin³

¹ Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, Republic of Karelia, Petrozavodsk, Russian Federation

² Northern Research Institute of Fisheries in Petrozavodsk State University, Republic of Karelia, Petrozavodsk, Russian Federation

³ Karelian branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Republic of Karelia, Petrozavodsk, Russian Federation

Abstract. The article presents the results of a research carried out within the framework of state assignments, forecast topics and economic contractual topics (SevNIORKh, NFRI PetrSU, NWPI KarRC RAS, and KarelnIRO) to assess the anthropogenic impact on water bodies of the Republic

of Karelia. The anthropogenic impact has been found to damage the aquatic ecosystems of Karelia: fish resources have reduced their production potential by 10.8% from the level of the 1950s, that is, in an ecologically acceptable version. Large reservoirs (Onega and Ladoga), due to the huge volumes of water masses, more actively resist technogenic transformation than small ones. Locally, there are transcendental transformations (the rivers Kovda, Kem, Nizhniy Vyg, Povenchanka, Suna and the water area of the Northern Vygozero, the Kondopoga and Petrozavodsk bays of Lake Onega, the Vodlozero Reservoir and Lake Syamozero, the Kenti-Kento system in the Yushkozersk Reservoir basin), which need some radical measures of environmental protection and restrictions of the fishing regime. After assessing the situation, it should be recognized that the level of anthropogenic pollution by waste products (industrial waste, agriculture, the consequences of timber rafting, dams of hydroelectric power plants, etc.) lead to a change in the aquatic environment for fish habitat, affect fishing productivity, lower fish catches.

Key words: Karelia, water body, fish resources, sources of pollution, ecosystem, damage.

For citation: Georgiev A. P., Shirokov V. A., Cherepanova N. S., Korokin S. V. Anthropogenic impact on aquatic ecosystems of Republic of Karelia. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2021;1:14-23. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2021-1-14-23.

REFERENCES

1. Georgiev A. P., Nazarova L. E. Transformatsiia rybnoi chasti soobshchestva v presnovodnykh ekosistemakh Respubliki Kareliia v usloviakh izmenchivosti klimata [Transformation of fish part of community in freshwater ecosystems of Republic of Karelia in conditions of climate variability]. *Ekologiya*, 2015, no. 4, pp. 272-279.
2. Lobanova A. S., Sidorova A. I., Georgiev A. P., Shustov Iu. A., Alaitsev D. P. Rol' invazionnogo vida *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing) v pitanii rechnogo okunia *Perca fluviatilis* L. litoral'noi zony Onezh-skogo ozera [The role of the invasive species *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing) in the diet of the river perch *Perca fluviatilis* L. in the littoral zone of Lake Onega]. *Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii*, 2017, vol. 10, no. 2, pp. 81-86.
3. *Ozera Karelii: spravochnik* [Lakes of Karelia; Directory]. Petrozavodsk, Gosizdat KASSR, 1959. 618 p.
4. Kitaev S. P. *Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ikhtiologov* [Fundamentals of limnology for hydrobiologists and ichthyologists]. Petrozavodsk, KarRC RAS, 2007. 395 p.
5. Volkov I. V., Gorbachev S. A. Limitirovanie toksikologicheskoi nagruzki na vodoem – osnova ratsional'nogo vodopol'zovaniia [Limiting toxicological load on reservoir as principle of rational water use]. *Rybnoe khoziaistvo*, 1988, no. 6, pp. 61-63.
6. *Ekologicheskie problemy Severo-Zapada Rossii i puti ikh resheniia* [Environmental problems of North-West of Russia and solutions]. Saint-Petersburg, ZAO «Viktoriiia-Spetsliteratura» Publ., 1997. 528 p.
7. Pavlov D. S., Nezdolii V. K. O travmirovanii ryb pri skate cherez nizkonapornnye gidrouzly [Traumatizing fish in downstream migration through low-pressure waterworks]. *Biologiya vnutrennikh vod: informatsionnyi biulleten' IBV AN SSSR*. Leningrad, Nauka Publ., 1981. N. 50. Pp. 29-32.
8. Shilin M. B. Obratite vnimanie na plankton! [Pay attention to plankton!]. *Energiia: ekonomika, tekhnika, ekologiya*, 1991, no. 10, pp. 54-55.
9. *Razrabotka biologicheskogo obosnovaniia rezhima rybolovstva vo vnutrennikh vodoemakh Karelii: otchet o NIR* [Development of biological substantiation of fishing regime in inland water bodies of Karelia: research report]. Petrozavodsk, Izd-vo SevNIIRKh, 2000. 157 p.
10. Usenkov S. M., Shvanov V. N. Sedimentatsionnyi protsess kak vedushchii faktor formirovaniia geokologicheskogo sostoiianiia Ladozhskogo ozera [Sedimentation process as leading factor in formation of geocological state of Lake Ladoga]. *Razvedka i okhrana neдр*, 1998, no. 7, pp. 47-49.
11. Cherepanova N. S., Georgiev A. P., Gorbachev S. A., Shirokov V. A. Ryboproduktsionnyi potentsial ozer Respubliki Kareliia na sovremennom etape [Fish production potential of the lakes of the Republic of Karelia at the present stage]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2020, no. 2, pp. 59-66.
12. Valetov V. A. *Sovremennoe sostoianie i ekologicheskie osnovy povysheniia effektivnosti vosproizvodstva lososia Ladozhskogo ozera. Avtoreferat dissertatsii ... kand. biol. nauk* [Current state and ecological grounds of increasing efficiency of salmon reproduction in Lake Ladoga. Diss. Abstr. ... Cand. Biol. Sci.]. Leningrad, 1988, 16 p.

The article submitted to the editors 22.10.2020

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Georgiev Andrey Pavlovich – Russia, 185030, Petrozavodsk; Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences; Candidate of Biology; Senior Researcher of the Laboratory of Hydrobiology; a-georgiev@mail.ru.

Shirokov Vyacheslav Anatolievich – Russia, 185910, Petrozavodsk; Northern Research Institute of Fisheries in Petrozavodsk State University; Researcher of the Laboratory of Salmon Population Ecology; shirokov@research.karelia.ru.

Cherepanova Nadezhda Stepanovna – Russia, 185910, Petrozavodsk; Northern Research Institute of Fisheries in Petrozavodsk State University; Researcher of the Laboratory of Primary Resources and Forecasting; nccherepanova@mail.ru.

Korkin Sergey Vladimirovich – Russia, 185035, Petrozavodsk; Karelian branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography; Branch Manager; karelniorh@mail.ru.

