

УДК 630:502.51:574.1:574.5:581.9

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МАЛЫХ РЕК СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ КАРЕЛИИ

**С. М. Синькевич¹, Д. А. Ефремов², В. В. Тимофеева¹, В. А. Ананьев¹,
Н. В. Ильмаст², А. Н. Солодовников¹, М. А. Ручьев²**

¹ Институт леса КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия

² Институт биологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия

Выполнено комплексное обследование впадающих в Онежское озеро трех малых рек, собрана информация о водной биоте, породно-возрастной структуре прибрежных лесов и их флористическом разнообразии, почвах. В качестве интегральной оценки экологического состояния водотоков использованы показатели состава ихтиофауны рек, и в частности – рыб семейства Лососевые (*Salmonidae*). В реках и прибрежных лесных сообществах выявлен 181 вид сосудистых растений (из них 11 – макрофиты), 11 видов мхов, 2 вида лишайников; ихтиофауна представлена 9 видами рыб. В целом прибрежные леса характеризуются довольно широким диапазоном типологического разнообразия. Здесь встречаются древостои от бедных багульниковых (V класс бонитета) до максимально производительных кисличных типов леса (III–I классы бонитета). Анализ породно-возрастной структуры лесов водоохранных зон выявил преобладание в их составе древостоев хвойных пород, отличающихся хорошим состоянием и устойчивостью. Выявлены достоверные статистические связи наличия ихтиофауны с породным составом и таксационными показателями произрастающих по берегам рек древостоев, морфологическими характеристиками почв, видовым разнообразием живого напочвенного покрова и макрофитов. Установлено, что по видовому разнообразию береговая и водная биоты положительно коррелируют между собой. Отрицательная корреляция численности ихтиофауны отмечена по отношению к некоторым характеристикам почв прибрежных лесов (мощность подстилки, подзолистый горизонт), при положительной связи с мощностью гумусового горизонта. Значимые положительные связи выявлены между гидробионтами (рыба, зообентос) и большинством гидрологических параметров водотока. Полученная актуальная информация о различных компонентах водно-лесных экосистем важна для понимания роли малых водотоков, которые наряду с немногочисленными официально признанными «нерестовыми» реками являются экологической нишей для жизненного цикла лососевых рыб Северо-Запада России.

К л ю ч е в ы е с л о в а: прибрежные леса; ихтиофауна; зообентос; древостои; породный состав; почва; живой напочвенный покров; биоразнообразие; устойчивость.

**S. M. Sinkevich, D. A. Efremov, V. V. Timofeeva, V. A. Ananyev,
N. V. Ilmast, A. N. Solodovnikov, M. A. Ruch'ev. AN ECOLOGICAL
ASSESSMENT OF THE STATE OF SMALL RIVERS IN THE MIDDLE TAIGA
SUBZONE OF KARELIA**

A multidisciplinary survey of three small rivers emptying to Lake Onego was carried out; information was collected regarding the aquatic biota, the species and age structure of ri-

riparian forests, their floristic diversity, and soils. The integral indicator chosen to assess the ecological condition of the watercourses was the characteristics of the rivers' fish fauna, in particular fish of the *Salmonidae* family. Surveys of the rivers and riparian forest communities yielded records of 181 vascular plant species (11 of them macrophytes), 11 moss species, 2 lichen species; the fish fauna was made up of 9 species. Overall, the riparian forests featured a relatively wide range of typological diversity. The tree stands varied from the poor *Ledum* types (site class V) to the most productive *Oxalis* types (site classes III–I). Analysis of the tree species and age structure of forests in the riparian buffers revealed a prevalence of stable coniferous tree stands in good condition. Statistically reliable correlations were detected between the fish fauna and the tree species composition and inventory characteristics of the riparian forest stands, soil morphological characteristics, and the species diversity of the living ground cover and macrophytes. The species diversity of the riparian and the aquatic biotas were found to correlate positively with each other. Fish numbers were seen to negatively correlate with some characteristics of riparian forest soils (forest floor thickness, podzolic horizon), while the correlation with the humus horizon thickness was positive. Significant positive correlations were identified between aquatic organisms (fish, zoobenthos) and a majority of the stream's hydrological parameters. The resultant up-to-date information about water-forest system components is important for understanding the role of small streams, which, alongside the scant officially recognized "spawning" rivers, are an ecological niche in the life cycle of salmonid fishes in Northwest Russia.

Key words: riparian forest; fish fauna; zoobenthos; forest stands; tree species composition; soil; living ground cover; biodiversity; resilience.

Введение

Экологическое состояние водного объекта в значительной мере определяется функционированием биоты, для которой он является средой обитания. В качестве интегральной оценки может быть использовано состояние организмов, находящихся на вершине пищевой пирамиды [Одум, 1975; Sedell et al., 1994; Jungwirth et al., 2000], каковыми для рек Северо-Запада РФ являются рыбы семейства Лососевые (*Salmonidae*). Условия обитания и воспроизводства ценных пресноводных и проходных лососевых рыб определяются различными параметрами водной среды, наличием пищи и т. д., которые в свою очередь связаны с окружающей средой. Особое значение при этом имеет наличие на берегах леса, как источника древесного опада и сопутствующих ему беспозвоночных [Gustafsson et al., 2014; Enefalk et al., 2019]. Существенное влияние на формирование водного, термического, гидрохимического режима рек, на условия питания рыб оказывают как леса водосборного бассейна в целом, так и леса, растущие непосредственно по берегам рек [Сирин, 1981; Dale Jones et al., 1999; Inoue, Nakano, 2001; Kanno et al., 2015; Teixeira-deMello et al., 2016]. Структура прибрежного лесного покрова, который по своей природе отличается неоднородностью, способствует поддержанию разнообразия водной биоты [Dale Jones et al., 1999; Burcher et al., 2008]. Оценка экосистемного значения сложного объекта, чем и являются вод-

но-лесные комплексы [Методические..., 2010; Penaluna et al., 2017], может потребовать различного и длительного изучения как минимум основных его составляющих. Неизбежным фактором влияния на прибрежные леса является хозяйственная деятельность человека, причем малым рекам и их притокам зачастую уделяется недостаточно внимания [Scheurer et al., 2009], особенно при прокладке пересекающих их транспортных путей [Kishi et al., 2004], что приводит к заиливанию русла, отрицательно влияющему на условия размножения лососевых рыб. Для покрытых лесом земель Карелии характерно наличие чрезвычайно разветвленной сети малых водотоков, не числящихся значимыми в рыбохозяйственном отношении, но потенциально являющихся местом обитания ценных пород рыб. Экология семейства *Salmonidae* давно изучается во всем мире, и в том числе в Карелии [Шустов, 1995; Шустов и др., 2011, 2016; Барышев и др., 2020], но в приложении к конкретным регионам характеристики их нерестовых местообитаний еще требуют исследования [Nika et al., 2011]. Поэтому для планирования хозяйственной деятельности на лесных землях безусловно актуальным направлением является разработка и адаптация к конкретным природно-хозяйственным условиям методик [Henrikson, 2018], которые позволят объективно определять экологическое состояние и природоохранную ценность малых рек.

Целью работы была комплексная оценка водно-лесных экосистем малых рек, являю-

щихся ключевым звеном в цепи формирования качества вод поверхностных пресноводных объектов.

В ходе исследования решались две основные задачи:

- получить актуальные данные о состоянии и возможных взаимосвязях основных компонентов водно-лесных экосистем малых рек;
- протестировать полевую методику оценки малых рек, изначально разработанную WWF Швеции [Bleckert et al., 2011] для условий бассейна Балтийского моря.

В качестве результирующего показателя экологического состояния обследуемых рек принято наличие рыб ценных пород, являющихся одновременно и индикатором качества водотока, и целевой функцией ведения хозяйства. Основопологающим при выполнении исследования был принцип системности и взаимной значимости водотока и лесов по его берегам [Сирин, 1981; Henrikson, 2018].

Материалы и методы

Для обследования по результатам анализа фондовых и картографических материалов были отобраны три по возможности транспортно доступных пилотных водотока, в которых потенциально могут обитать ценные виды рыб. Для этих рек и лесов в километровой полосе вдоль них по доступным материалам [Ресурсы..., 1972; Каталог..., 2001; Лесохозяйственный..., 2011; Государственный..., 2020] составлены основные морфометрические и ихтиологические характеристики.

Река Чёба (Чёбинка) протекает по незаселенной местности в Кондопожском районе Карелии и впадает в Чеболакшскую губу Онежского озера (62°14'20.2" с. ш. 34°32'48.6" в. д.), перепад высот – 175 м. Длина реки составляет 20 км. Ширина русла в среднем 5 м, скорость течения 0,2–0,6 м/с. В реке обитают два вида рыб – кумжа (*Salmo trutta*) и обыкновенный голец (*Phoxinus phoxinus*).

В километровой полосе вдоль реки на всем ее протяжении отмечено преобладание древостоев хвойных пород, которые занимают 79,9–83,4 % общей лесопокрытой площади. При этом в верхнем течении реки значительные площади заняты ельниками. Далее по течению их доля постепенно снижается до 49,2 % (устье), а присутствие сосновых насаждений увеличивается с 12,4 % в верховье до 30,7 % в низовье, что обуславливает стабильное и высокое участие хвойных пород, наличие которых особенно важно для водоохраных лесов [Побединский, 1979]. Среди сосновых и еловых

лесов преобладают молодняки и средневозрастные насаждения. В лиственных лесах (березняки, осинники) доминируют спелые и перестойные древостои. В целом вдоль р. Чёба преобладают черничные типы леса. Доля продуктивных насаждений I–III класса бонитета увеличивается с 23 % в верховье до 55 % в низовье. Переувлажненные местообитания (долгомошные, сфагновые, осоково-сфагновые, багульниковые типы леса) в пределах преобладающих пород занимают 11,8 %.

Река Орзег берет начало в болотах западнее озера Орзегское и впадает в Деревяную бухту Онежского озера (61°38'48.3" с. ш. 34°35'32.8" в. д.). Длина реки 15 км. Река местами быстрая и порожистая, перепад высот 110,5 м. Протекает по лесистой заболоченной местности. В нижнем течении имеет порогово-перекатные участки с галечно-валунным грунтом. Ширина русла в среднем 6–7 м, местами до 12 м, скорость течения 0,3–0,9 м/с. В среднем и нижнем течении вдоль реки расположены дачные поселки. Ихтиофауна водотока представлена четырьмя видами: кумжа, подкаменщик (*Cottus gobio*), речная минога (*Lampetra fluviatilis*), девятииглая колюшка (*Pungitius pungitius*).

Леса в километровой полосе вдоль реки относятся к нерестоохраным [Лесохозяйственный..., 2011]. В них преобладают хвойные насаждения, которые занимают 71,1 % (в т. ч. ель – 54,7 %, сосна – 16,4 %) общей лесопокрытой площади. Доля лиственных пород составляет 25,6 % (береза – 22,7 %). Древостои характеризуются разнообразием породного состава и возраста, который варьирует от 10 до 180 лет. Площадь лесов до 60-летнего возраста невелика. Наиболее представлены древостои в возрасте 60–100 лет; в значительном количестве присутствуют перестойные (120–160 лет) ельники.

Преобладающей древесной породой в лесах верхнего течения р. Орзег является ель (72,4 %). В средней и нижней части лиственные породы занимают от 33 % лесопокрытой площади. По-видимому, этому способствовали интенсивная в прошлом вырубка лесов в связи с использованием реки для сплава древесины и последующее естественное зарастание лиственными породами, в результате которого сформировались продуктивные березняки кисличные I–II классов бонитета. В целом лесные местообитания вдоль р. Орзег характеризуются довольно широким типологическим диапазоном. Здесь встречаются древостои от бедных багульниковых (V класс бонитета) до высокопродуктивных кислич-

ных типов леса (I–III классы бонитета). Ельники представлены в основном продуктивными насаждениями (75,3 % черничного и 18,1 % кисличного типа). Среди сосновых насаждений встречается более 35 % переувлажненных типов, а продуктивные сосняки черничные составляют 53,5 %.

Река Пухта берет начало в болоте Пух, из-за особенностей рельефа течет на юго-восток, а затем круто поворачивает на северо-восток и впадает в Пухтинскую губу Онежского озера (61°33'18.2" с. ш. 34°47'55.9" в. д.). Протяженность реки 25 км, перепад высот 116 м. В 10 км от устья имеется левобережный приток – река Пухтица. Ширина ее русла в среднем 4 м, скорость течения 0,2–0,6 м/с. Ихтиофауна включает семь видов: кумжа, обыкновенный голянь, подкаменщик, усатый голец (*Barbatula barbatula*), европейский хариус (*Thymallus thymallus*), щука (*Esox lucius*) и речной окунь (*Perca fluviatilis*).

Хвойные и лиственные леса в километровой зоне вдоль р. Пухта занимают примерно одинаковые площади. Березняки и сосняки представлены в основном производными лесами. Распределение площади ельников по возрастным группам довольно равномерное; перестойные древостои (старше 140 лет) представлены незначительно. Породный состав лесов в верхнем и нижнем течении р. Пухта характеризуется относительно высокой представленностью хвойных пород (до 57 %). В среднем течении наибольшие площади заняты лиственными (58 %) спелыми и перестойными короткопроизводными лесами.

Леса вдоль р. Пухта отличаются богатством условий местопроизрастания. Так, среди березняков наиболее встречаемый кисличный тип леса занимает 70 % от общей площади лиственных насаждений. Варьирование березняков кисличных и травяно-злаковых на всем протяжении рек от верховья до устья составляет 66–97 %. Ельники кисличные и черничные представлены равными долями. Значительное присутствие сосняков долгомошных отмечено в верхнем течении реки, где сосредоточено 46 % общей площади сосновых насаждений. Высокопродуктивные древостои I–III классов бонитета составляют 100 % березняков, 41 % ельников и 47 % сосняков. Доля переувлажненных местообитаний составляет 40,4 % от общей площади сосновых лесов. В целом существующая возрастная структура и породный состав лесов вдоль р. Пухта не полностью соответствуют выполнению их водоохранно-защитных функций из-за высокой представленности лиственных насаждений.

Для натурального обследования на пилотных водотоках были назначены 500-метровые ключевые участки, расположенные в нижнем, среднем и верхнем течении каждой реки, выбранные по принципу близкого соответствия средней характеристике лесов в километровой полосе вдоль данного участка реки. Каждый 500-метровый участок разделялся на 100-метровые учетные отрезки, обследуемые по отдельности. В общей сложности описано 45 учетных отрезков, на которых фиксировалась следующая информация:

- таксационные характеристики произрастающих по берегам лесов (породный состав, возраст, высота, относительная полнота, древесный запас, класс бонитета);
- видовой состав и проективное покрытие травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов как индикаторов экологических условий (влажность, открытость, плодородие), в водотоках учитывалось наличие макрофитов;
- морфологические характеристики почв: мощность горизонтов, механический состав, влажность;
- наличие ихтиофауны, в том числе ценных пород рыб;
- наличие зообентоса;
- фракционный состав донного субстрата.

Полевые исследования наземных экосистем охватывали 50-метровые водоохранные полосы, характеристики которых в таксационных описаниях, содержащихся в Государственном лесном реестре, сформированы синтетически при камеральном выделении этих полос. В то же время прирусловые лесные биогеоценозы закономерно отличаются от окружающих лесов как минимум по гидрологическому режиму, что делает необходимым проведение их натурной оценки.

Для определения таксационных показателей древостоев на каждом 100-метровом учетном отрезке на двух-трех реласкопических площадках измеряли сумму площадей сечений древостоя по породам и ярусам, измеряли высоту средних по диаметру деревьев и отбирали буровом Пресслера керны для определения возраста. В контексте цели исследования высота древостоя является не только стандартным показателем продуктивности, но также имеет значение для оценки зоны влияния на ихтиофауну в плане поступления в воду древесного опада [Sedell et al., 1994]. Относительную полноту, запас древесины и класс бонитета определяли по стандартным таблицам [Лесотаксационный..., 2012].

Геоботаническое описание живого напочвенного покрова лесов проводилось классиче-

ским методом – фиксировали наличие видов и глазомерно определяли их проективное покрытие [Полевая..., 1964]. В сформированных списках видов сосудистых растений выделяли согласно литературным данным [Раменская, 1983; Папченков, 2001] экологические группы по отношению к условиям увлажнения и плодородию почв. Редкие и интересные в фитогеографическом отношении виды растений для уточнения видовой принадлежности были гербаризированы.

В наиболее характерном месте каждого учетного отрезка закладывали почвенный разрез, в котором выполняли описание почвы по генетическим горизонтам, фиксируя их мощность, цвет, механический состав, влажность, плотность, структуру, наличие корней и включений, характер перехода между горизонтами [Федорец, 2010]. На основании этих сведений определяли типологическую принадлежность почв согласно их региональной классификации [Морозова, 1991].

Визуальное определение наличия ихтиофауны и ее видовая идентификация в малых реках в большинстве случаев затруднены в связи со значительной цветностью воды. Поэтому при проведении учета применялись аппарат электролова FA-2 (Норвегия) и подловные сачки. Облов одного участка проводили в трехкратной повторности по стандартной методике, что позволяло учесть до 97 % рыб [Ziprin, 1958; Клыпото и др., 1987]. Расчеты распределения плотности молоди выполнялись по методу удаления [Ziprin, 1958].

Оценка численности зообентоса выполнялась методом переворота средних валунов, расположенных в потоке, и подсчета на них типичных представителей (личинка ручейника, поденки и др.).

Для определения фракционного состава донного субстрата применяли фотографирование линейки с сантиметровой шкалой на фоне преобладающего типа грунта на обсохшем участке реки. Оценка присутствия фракций выполнялась в камеральных условиях в процентах от площади фотоснимка по стандартной шкале: песок (до 2,5 мм), галька мелкая (2,5–5 мм), галька средняя (5–10 мм), галька крупная (10–25 мм), валун мелкий (25–50 мм), валун средний (50–100 мм), валун крупный (10–50 см), глыбы [Веселов, Калюжин, 2001].

В ходе полевых исследований тестировалась методика WWF Швеции и Шведского агентства лесного хозяйства Blue targeting ToolBox [Henrikson, 2018], рассчитанная на выполнение обследований неспециалистами путем заполнения стандартной анкеты и последующе-

го суммирования балльных оценок. Перечень фиксируемой в анкетах информации включал ширину русла, наличие водопадов и турбулентных участков течения, характеристику донного субстрата, присутствие в воде мертвой древесины, естественность и возрастную стадию прибрежных древостоев, степень чистоты вод, признаки антропогенного воздействия и эрозии берегов. Полученные оценки объединялись в числовые показатели природной ценности (Conservation), ненарушенности (Impact) и чувствительности (Sensitivity) экосистемы, соотношение которых является основанием для выбора типового сценария проведения хозяйственных мероприятий.

Вся собранная в ходе полевых работ информация была сгруппирована в двумерные матрицы, и с использованием корреляционного анализа средствами программного пакета Statistica 10 исследовано наличие связей целевой функции (видовое богатство ихтиофауны) со всеми учтенными факторами. Полученные матрицы коэффициентов корреляции анализировались с учетом реальности биологической содержательности выявленных связей.

Результаты и обсуждение

Обобщенная характеристика пилотных водотоков по результатам исследования

Древостои в прибрежных полосах вдоль обследованных рек в целом незначительно различаются по среднему возрасту (80, 115 и 125 лет) и породному составу, но заметно разнятся по средней продуктивности, что обусловлено характеристиками почв, зависящими от минерального состава почвообразующих пород и уровня дренированности территории. Наилучшей средней производительностью отличаются древостои вдоль р. Орзегга – II класс бонитета (260 м³/га); насаждения вдоль р. Пухта характеризуются III классом бонитета (230 м³/га), а вдоль р. Чёба преобладают древостои IV класса бонитета (205 м³/га). В соответствии с уровнем плодородия почв меняется участие в составе древостоев осины (0,2–1,3–2,6 ед. состава), которая активно захватывает наиболее плодородные местообитания, но в то же время является далеко не лучшей породой с точки зрения выполнения водорегулирующих функций.

Почвенный покров вдоль русла р. Орзегга сформирован на хорошо дренированных (средний перепад высот 11 м/км русла) супесчаных (песчаных) моренных отложениях и в основном представлен супесчаными и песчаным подзо-

лами, но в нижнем течении реки преобладают подбуры.

Почвы вдоль р. Пухта сформировались в условиях более равнинного рельефа (средний перепад высот 6,4 м/км) и худшей дренированности и под влиянием более выраженного задернения из-за периодических разливов реки, однако преобладают в верхнем и среднем течении также песчаные и супесчаные подзолы. В нижнем течении, как и вдоль р. Орзег, преобладают подбуры.

В большинстве почв вдоль рек Орзег и Пухта протекают иллювиальные процессы, характерные для дренированных таежных почв в умеренно-холодном гумидном климате. Наличие выраженного подподстилочного гумусового горизонта свидетельствует о процессах гумусонакопления и является типичным для приречных участков.

Почвы в приречной зоне р. Чёба формировались под значительным влиянием рельефа, для которого характерно наличие системы разломов скального основания, вытянутых с северо-запада на юго-восток [Атлас..., 1989]. Поэтому там преобладают избыточно увлажненные дерново-перегнойно-глеевые и торфянистые почвы и только в нижнем течении доминируют подзолы. В результате общий уровень лесорастительных свойств почв вдоль реки невысок.

Живой напочвенный покров прирусловой части изученных малых рек характеризуется высоким флористическим разнообразием. Здесь, в различных типах леса, на участках прибрежных лугов и в водной среде зарегистрирован 181 вид сосудистых растений. Наибольшим разнообразием отличаются прибрежные участки рек Пухта (137 видов) и Чёба (126 видов), что может быть связано с более вариабельным спектром местообитаний в прибрежной полосе данных рек и частыми выходами грунтовых вод на дневную поверхность. Вдоль русла р. Орзег (94 вида сосудистых растений) преобладают главным образом еловые леса черничной и кисличной групп типов леса, с характерными для них доминантами покрова – черникой (*Vaccinium myrtillus*), брусникой (*Vaccinium vitis-idaea*) и кислицей обыкновенной (*Oxalis acetosella*). В то же время живой напочвенный покров лесов по рекам Пухта и Чёба, в зависимости от типа леса, характеризуется богатым разнотравьем (часто – крупнотравьем), что объясняется резко контрастными условиями береговой линии – от полностью равнинных заливаемых участков до сравнительно высоких моренных береговых валов с различной крутизной склонов. В полосе леса вдоль уреза воды нередки такие виды, требовательные к почвен-

ному плодородию или повышенному увлажнению, как борец северный (*Aconitum septentrionale*), медуница неясная (*Pulmonaria obscura*), скерда болотная (*Crepis paludosa*) и др. Флора верхнего течения р. Орзег резко отличается от флоры среднего и нижнего (в 2 и 4 раза беднее) участков русла, что объясняется преобладанием в верхнем течении реки изначально маловидовых в ботаническом отношении перестойных ельников черничных. Реки Пухта и Чёба более однородны по своему флористическому составу на всем протяжении. Мохово-лишайниковый ярус лесов прибрежных участков рек более консервативен в своем составе: на трех реках выявлены в общей сложности 13 видов мхов и лишайников, из которых повсеместно в покрове по общему проективному покрытию преобладают плевроциум Шребера (*Pleurozium schreberi*), гилокомиум блестящий, (*Hylocomium splendens*), ритидиадельфус трехгранный (*Rhytidiadelphus triquetrus*) и сфагнум Гиргензона (*Sphagnum girgensohnii*).

Водная флора (макрофиты) изученных рек представлена крайне слабо, что в целом характерно для рек региона и согласуется с данными других исследователей [Комулайнен, 1978, 1990; Сергиенко, 2006]. В ходе выполненной работы зарегистрированы только 11 видов сосудистых растений, которые встречаются спорадически или единично: элодея канадская (*Elodea canadensis*), кубышка желтая (*Nuphar lutea*), кувшинка чисто-белая (*Nymphaea candida*), ежеголовник узколистный (*Sparganium angustifolium*), болотник болотный (*Callitriche palustris*) и др. Среди мохообразных на камнях в руслах рек нередок распространенный в Карелии гидрофильный вид фонтиналис противопожарный (*Fontinalis anti-pyretica*) и представители отдела Печеночные мхи (*Hepaticophyta*).

Все три обследованные реки являются типично кумжевыми водотоками, во всех трех обнаружена молодь кумжи. Наибольшие запасы данного вида рыб регистрировались в р. Орзег, на которой слабее проявляется деятельность бобров. В данном водотоке кумжа распространена как в нижнем, так и в среднем течении. Наименьшее количество кумжи обнаружено в р. Пухта, где в среднем и верхнем течении имеются бобровые плотины, нарушающие миграционные пути рыб. При этом подтопленные торфяные берега служат источником избыточной органики, приводящей к заилению типичных нерестилищ кумжи. Похожая ситуация наблюдается на р. Чёба, вдоль которой встречаются подтопленные участки леса и заиленные берега.

Количество и разнообразие бентосных организмов увеличивается по мере продвижения от верхних участков к нижним. В верховье организмы либо отсутствуют, либо представлены единично, в низовье их разнообразие и количество максимально. На участках, измененных действиями бобров (плотины, подтопление нерестилищ и берегов), разнообразие бентосных организмов снижалось. Антропогенное воздействие на все три водотока минимально и проявляется в виде незначительного количества мусора вблизи дачных поселков, а также перемылова рыбы.

В результате корреляционного анализа выявлен ряд связей состава и численности гидробионтов в обследованных реках с зарегистрированными параметрами прибрежных зон (табл. 1–4).

Связь с таксационными показателями древостоев характеризуют коэффициенты корреляции, приведенные в табл. 1. В обследованных реках видовое богатство ихтиофауны значимо положительно коррелирует с общим запасом произрастающих по берегам древостоев, и в особенности – с запасом сосны и березы, формирующих более сквозистый полог крон. При этом для кумжи характерно «отрицательное отношение» к ельникам. Аналогична связи с общим запасом древостоя связь с его высотой и отрицательная связь с классом бонитета, значение которого увеличивается с ухудшением роста. В то же время

не все виды рыб одинаково связаны с этими показателями – для налима предпочтительны ельники, создающие более темный полог. В то же время важно не наличие ели само по себе, так как присутствие ели нижних ярусов положительно сказывается на присутствии кумжи и голяна. По-видимому, в данном случае оно отражает повышенный потенциал плодородия почв. Преимущественно слабо отрицательная связь для всех пород рыб выявлена с возрастом древостоев и с наличием осины в их составе. Относительная полнота в данном случае является расчетным показателем, который неоднозначно связан с плотностью полога крон, и потому его влияние оказывается малозначимым.

Представленность зообентоса, как и ихтиофауны, положительно, но слабо коррелирует с общим запасом и запасом сосны и отрицательно – с возрастом древостоев.

Связь с характеристиками живого напочвенного покрова (табл. 2) следует понимать как возможное влияние совокупности почвенных условий и древостоя, индикаторами которых являются видовое разнообразие и степень развития травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов. Видовое разнообразие живого напочвенного покрова и ихтиофауны достоверно и положительно коррелируют друг с другом, в то же время связь с проективным покрытием мхов, вызывающих закисление и дефицит кислорода почвенной влаги, отрицательна. Также положительны связи с наличием группы

Таблица 1. Корреляция численности гидробионтов с характеристиками древостоев

Table 1. Correlation of the number of hydrobionts with the forest stands characteristics

Гидробионты Hydrobionts	Возраст, лет Age, year	Высота, м Height, m	Класс бонитета Site quality	Полнота Density	Запас, м ³ /га Growing stock, m ³ /ha					
					Общий Total	Сосна Pine	Ель I яруса Spruce I layer	Ель II яруса Spruce II layer	Береза Birch	Осина Aspen
Число видов рыб Fish species number	-0,21	0,34	-0,30	0,21	0,54	0,33	-0,09	0,21	0,38	0,00
<i>Salmo trutta</i>	-0,25	0,31	-0,36	-0,03	0,26	0,42	-0,38	0,32	0,21	0,21
<i>Cottus gobio</i>	-0,25	0,08	-0,09	0,34	0,41	0,30	-0,06	0,14	0,40	-0,16
<i>Barbatula barbatula</i>	-0,10	0,35	-0,23	0,11	0,50	0,28	0,04	0,14	0,17	0,02
<i>Phoxinus phoxinus</i>	0,04	0,46	-0,18	0,04	0,49	0,49	-0,23	0,32	0,36	0,02
<i>Pungitius pungitius</i>	0,02	0,46	-0,30	0,11	0,49	0,19	-0,14	0,21	0,46	0,06
<i>Lota lota</i>	-0,18	-0,04	-0,11	0,11	0,13	-0,18	0,32	-0,17	-0,17	0,01
<i>Lampetra fluviatilis</i>	-0,25	0,06	-0,15	0,37	0,37	0,01	0,09	0,01	0,40	-0,14
Зообентос Zoobenthos	-0,29	0,22	-0,21	0,18	0,43	0,36	-0,09	0,23	0,29	-0,06

Примечание. Здесь и далее значения коэффициентов корреляции, выделенные жирным шрифтом, значимы на уровне $p < 0,05$.
Note. Here and in the other tables: values in bold are significant at $p < 0,05$.

Таблица 2. Корреляция численности гидробионтов с характеристиками живого напочвенного покрова

Table 2. Correlation of the number of hydrobionts with the ground vegetation characteristics

Гидробионты Hydrobionts	Число видов Species number		Проективное покрытие Coverage degree		Число видов-индикаторов Habitat indicators number			Число видов макрофитов Macrophyts number
	трав и кустарничков grass and undershrubs	мхов mosses	трав и кустарничков grass and undershrubs	мхов mosses	избыточного увлажнения surplus moisture	плодородия fertility	открытых пространств open space	
Число видов рыб Fish species number	0,53	0,52	0,18	0,14	0,36	0,33	0,58	0,21
<i>Salmo trutta</i>	0,29	0,39	-0,21	-0,21	0,27	-0,08	0,27	0,42
<i>Cottus gobio</i>	0,52	0,34	0,07	-0,17	0,40	0,21	0,54	0,27
<i>Barbatula barbatula</i>	0,42	0,42	0,40	0,00	0,27	0,41	0,40	0,15
<i>Phoxinus phoxinus</i>	0,37	0,33	0,15	-0,14	0,31	0,16	0,28	0,34
<i>Pungitius pungitius</i>	0,32	0,41	0,14	-0,16	0,18	0,28	0,37	-0,02
<i>Lota lota</i>	0,17	0,22	0,38	0,15	0,02	0,38	0,23	-0,19
<i>Lampetra fluviatilis</i>	0,46	0,42	0,07	-0,10	0,23	0,35	0,69	-0,08
Зообентос Zoobenthos	0,45	0,38	-0,04	-0,10	0,29	0,35	0,50	0,25

Таблица 3. Корреляция численности гидробионтов с характеристиками почв

Table 3. Correlation of the number of hydrobionts with the riparian soil characteristics

Гидробионты Hydrobionts	Мощность почвенных горизонтов Soil layer thickness			Механ. состав Soil texture	Влажность Moisture	Глубина горизонта B B-layer depth
	A0	A1	A2			
Число видов рыб Fish species number	-0,38	0,47	-0,43	-0,36	-0,57	0,50
<i>Salmo trutta</i>	-0,32	0,34	-0,26	-0,39	-0,56	0,39
<i>Cottus gobio</i>	-0,32	0,38	-0,42	-0,22	-0,54	0,47
<i>Barbatula barbatula</i>	-0,20	0,32	-0,34	-0,22	-0,34	0,19
<i>Phoxinus phoxinus</i>	-0,20	0,23	-0,34	-0,17	-0,50	0,29
<i>Pungitius pungitius</i>	-0,28	0,37	-0,29	-0,29	-0,42	0,42
<i>Lota lota</i>	-0,06	0,19	-0,09	-0,11	0,10	-0,06
<i>Lampetra fluviatilis</i>	-0,39	0,43	-0,33	-0,31	-0,42	0,68
Зообентос Zoobenthos	-0,49	0,46	-0,33	-0,51	-0,50	0,49

гидрофильных видов (калужница болотная *Caltha palustris*, уруть очередноцветковая *Myriophyllum alterniflorum*, хвощ топяной *Equisetum fluviatile* и др.), индикаторами плодородия почвы (кочедыжник женский *Athyrium filix-femina*, страусник обыкновенный *Matteuccia struthiopteris*, фиалка удивительная *Viola mirabilis* и др.) и открытых (луга, опушки) пространств (вероника дубравная *Veronica chamaedrys*, норичник узловатый *Scrophularia nodosa*, пахучеколосник душистый *Anthoxanthum odoratum* и др.), присутствие которых свидетельствует о повышенной сквозистости полога крон. При этом для кумжи характер выявленных связей отличается в основном незначительностью или обратным знаком.

Связь присутствия зообентоса с видовым разнообразием трав и мхов положительная,

а по остальным параметрам единство отсутствует. Также значима связь с индикаторами плодородия и открытых пространств.

Связь с характеристиками почв прибрежных лесов (табл. 3) представлена по большей части значимыми отрицательными корреляциями ихтиофауны в отношении мощности подстилки (A0) и подзолистого (A2) горизонта, соответствующих кислой реакции почвенной влаги. Также отрицательно влияют на разнообразие ихтиофауны тяжелый механический состав почвы и ее избыточное увлажнение. Однозначно положительной является связь с мощностью гумусового горизонта (A1), свидетельствующей об интенсивности биологических процессов разложения подстилки. Все сказанное в равной мере относится к показателю обилия зообентоса.

Таблица 4. Корреляция численности гидробионтов с оценками Blue Targeting ToolBox

Table 4. Correlation of the number of hydrobionts with the BT-ToolBox final values

Гидробионты Hydrobionts	Ширина русла Channel width	Размер частиц субстрата Substrate particles size	Природная ценность Conservation	Ненарушенность Impact	Чувствительность Sensitivity
Число видов рыб Fish species number	0,42	0,57	0,69	0,44	-0,02
<i>Salmo trutta</i>	0,52	0,47	0,61	0,52	-0,21
<i>Cottus gobio</i>	0,53	0,66	0,56	0,41	-0,24
<i>Barbatula barbatula</i>	0,12	0,29	0,51	0,16	0,22
<i>Phoxinus phoxinus</i>	0,22	0,41	0,52	0,39	0,02
<i>Pungitius pungitius</i>	0,16	0,35	0,45	0,47	0,09
<i>Lota lota</i>	-0,08	-0,06	0,12	-0,23	0,28
<i>Lampetra fluviatilis</i>	0,43	0,55	0,49	0,32	-0,10
Зообентос Zoobenthos	0,60	0,72	0,80	0,35	-0,11

Связи показателей присутствия гидробионтов с характеристиками водотока: значимые и положительные выявлены в отношении глубины для налима, минюги и зообентоса; присутствие гальки (средней и мелкой) в донном субстрате является значимым положительным фактором для всех пород рыб, кроме налима (отрицательный), а также для зообентоса.

Связи с оценочными показателями анкет Blue targeting ToolBox, которые в обобщенном виде содержат информацию о пригодности водотока для обитания рыб (табл. 4). Ширина русла, размер элементов донного субстрата, оценки природной ценности (Conservation) и ненарушенности (Impact) положительно и в большинстве случаев значимо коррелируют с наличием всех учтенных видов рыб, кроме налима, «реакция» которого была обратной, видимо, по причине его экологических предпочтений. Указанная закономерность проявляется также в отношении оценок богатства зообентоса. Оценка чувствительности (Sensitivity), означающая риск попадания в реку вредных стоков, с представленностью ихтиофауны связана слабо и разнонаправленно по отношению к различным породам рыб, вероятно, по причине незначительности имеющихся здесь видов загрязнения. Статистическая обработка материала всех 300 заполненных анкет выявила отсутствие статистически достоверных различий итоговых оценок, полученных на явно различающихся по условиям объектах, что свидетельствует, с одной стороны, о достаточной универсальности методики, но с другой – о том, что она

может явиться основой для принятия чрезмерно шаблонных решений.

Заключение

Берега рек являются ключевыми биотопами, флора которых намного богаче и по видовому составу резко отличается от лесных сообществ, находящихся вне зоны влияния водотоков. Вместе с тем в живом напочвенном покрове лесных биогеоценозов прибрежной полосы рек на фоне сравнительно повышенного флористического разнообразия доминантами являются типичные для еловых и сосновых лесов среднетаежной подзоны Карелии виды травяно-кустарничкового яруса (черника, брусника, кислица обыкновенная и др.) и зеленые мхи в мохово-лишайниковом ярусе. Водная флора рек представлена крайне бедно.

Обследованные реки существенно различаются по общей численности и разнообразию гидробионтов, однако все они являются местом обитания рыб ценных пород, хотя официально признана в качестве нерестовой только одна из трех рек.

Выполненное исследование выявило ряд статистически достоверных связей численности и разнообразия ихтиофауны с породным составом произрастающих по берегам деревьев. Для ценных пород рыб оказалось важным присутствие сосны и березы. Преобладание ели в составе основного полога древостоя отрицательно сказывается на присутствии рыб, кроме налима, в то время как наличие ели в подчиненном ярусе дает обратный эффект.

При общей оценке влияния ели следует иметь в виду хорошо известную положительную роль еловых древостоев в переводе поверхностного стока во внутриводосточный [Побединский, 1979], хотя для сохранения берегов от подмыва поверхностная корневая система ели подходит не лучшим образом [Hauer et al., 2016]. Состав и структура травяно-кустарничкового яруса живого напочвенного покрова лесов положительно связаны с видовым разнообразием ихтиофауны водотоков, тогда как влияние мохово-лишайникового яруса, виды которого закисляют почвы и вызывают дефицит кислорода, отрицательно. Закономерно соответствует этому отрицательное влияние на ихтиофауну проявлений процесса подзолообразования, внешним признаком которого является накопление грубогумусной лесной подстилки.

Тестирование полевой методики Blue Targeting Toolbox подтвердило ее принципиальную применимость для определения рыбохозяйственного потенциала малых рек при условии корректировки системы оценок ряда показателей применительно к местным условиям. В перспективе возможно использование этого инструмента для регулирования хозяйственных мероприятий в лесах, произрастающих по берегам таких рек, в интересах сохранения их водного и рыбохозяйственного потенциала. Для определения экологической ценности конкретных водотоков необходимо проводить обследование на разных участках русла, а до проведения полевых работ следует выполнять рекогносцировочную оценку на всем протяжении русла по общедоступным материалам дистанционного зондирования с целью выделения участков с антропогенными нарушениями.

Выполненный анализ в полной мере подтвердил необходимость совместного оценивания водотока и прибрежной зоны, сформулированную в руководстве Blue Targeting Toolbox: «прибрежная зона имеет чрезвычайно большое значение для самого водотока и точно так же прибрежный лес зависит от водотока; водоток и прибрежная зона должны рассматриваться как единая экологическая единица» [Henrikson, 2018].

Результаты выполненного исследования важны для обоснования регулирования хозяйственной деятельности в лесных бассейнах малых рек и сохранения их экологической ценности, особенно в связи с реализуемым на территории Карелии переходом к интенсивной модели использования и воспроизводства лесов.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального

бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт биологии КарНЦ РАН – № 0218-2019-0081; Институт леса КарНЦ РАН – № FMEN-2021-0018). Полевые работы осуществлялись при финансовой поддержке проекта WAMBAF Tool Box программы «Interreg – Регион Балтийского моря».

Литература

- Атлас Карельской АССР. М.: ГУГК, 1989. 40 с.
- Барышев И. А., Веселов А. Е., Ефремов Д. А., Ручьев М. А. Пищевая дифференциация молоди кумжи *Salmo trutta* L. как механизм расширения кормовой базы популяции // Экология. 2020. № 3. С. 230–235.
- Веселов А. Е., Калюжин С. М. Экология, поведение и распределение молоди атлантического лосося. Петрозаводск: Карелия, 2001. 160 с.
- Государственный лесной реестр Республики Карелия [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gosuslugi.ru/131487/2/info> (дата обращения: 20.02.2020).
- Каталог озер и рек Карелии // Под ред. Н. Н. Филатова и А. В. Литвиненко. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2001. 290 с.
- Клыпучко В. С., Смирнов Ю. А., Шустов Ю. А., Маслов С. Е. Эффективность использования аппаратов электролова ранцевого типа БТ-1 «Форель» на лососевых реках Европейского Севера // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1987. Вып. 260. С. 121–125.
- Комулайнен С. Ф. Водная и прибрежная растительность притоков Онежского озера // Лососевые нерестовые реки Онежского озера. Л.: Наука, 1978. С. 14–31.
- Комулайнен С. Ф. Макрофиты в малых реках Карелии и Кольского полуострова // Гидробиол. журн. Киев. Деп. в ВИНТИ 05.01.1990. № 75. 22 с.
- Лесотаксационный справочник по Северо-Востоку европейской части Российской Федерации. Архангельск: СевНИИЛХ, 2012. 672 с.
- Лесохозяйственный регламент Кондопожского лесничества Республики Карелия на 2012–2021 гг. Петрозаводск, 2011. 145 с.
- Лесохозяйственный регламент Прионежского лесничества Республики Карелия на 2012–2021 гг. Петрозаводск, 2011. 142 с.
- Методические подходы к экологической оценке лесного покрова в бассейне малой реки / Отв. ред. Л. Б. Заугольнова, Т. Ю. Браславская. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010. 383 с.
- Морозова Р. М. Лесные почвы Карелии. Л.: Наука, 1991. 184 с.
- Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 742 с.
- Папченков В. Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. 214 с.
- Побединский А. В. Водоохранная и почвозащитная роль лесов. М.: Лесн. пром-ть, 1979. 176 с.
- Полевая геоботаника. М.; Л.: Наука, 1964. Т. 3. 530 с.
- Раменская М. Л. Анализ флоры Мурманской области и Карелии. Л.: Наука, 1983. 216 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. Т 2., ч. 1. 522 с.

Сергиенко Л. А. К познанию прибрежно-водной флоры реки Суна (заповедник «Кивач») // Труды гос. природ. заповедника «Кивач». Петрозаводск, 2006. Вып. 3. С. 141–148.

Сирин А. А. Влияние лесной среды на условия обитания лососевых (по зарубежным данным) // Лесоведение. 1981. № 1. С. 67–76.

Федорец Н. Г. Полевая практика по лесному почвоведению для студентов лесохозяйственных специальностей (учеб.-метод. пособие). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2010. 56 с.

Шустов Ю. А. Экологические аспекты поведения молоди лососевых рыб в речных условиях. СПб.: Наука, 1995. 161 с.

Шустов Ю. А., Ивантер Д. Э., Тыркин И. А. Экология молоди лососевых рыб: уч.-метод. пособие. Петрозаводск: ПетрГУ, 2011. 91 с.

Шустов Ю. А., Ивантер Д. Э., Тыркин И. А., Щуров И. Л., Легун А. Г. Экология молоди лососевых рыб рек Европейского Севера России: науч. электрон. изд. Петрозаводск: ПетрГУ, 2016. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Bleckert S., Degerman E., Henrikson L. CISA och Blå målklassning – enkla verktyg för skoglig vattenplanering. WWF Sweden. 2011. 16 p.

Burcher C. L., McTammany M. E., Benfield E. F., Helfman G. S. Fish assemblage responses to forest cover // Environ. Manag. 2008. Vol. 41. P. 336–346.

Dale Jones E. B., Helfman G. S., Harper J. O., Bolstad P. V. Effects of Riparian forest removal on fish assemblages in Southern Appalachian Streams // Conserv. Biol. 1999. Vol. 13, iss. 6. P. 1454–1465. doi: 10.1046/j.1523-1739.1999.98172.x

Enefalk Å., Huusko A., Louhi P., Bergman E. Fine stream wood decreases growth of juvenile brown trout (*Salmo trutta* L.) // Environ. Biol. Fish. 2019. Vol. 102. P. 759–770.

Gustafsson P., Greenberg L. A., Bergman E. Woody debris and terrestrial invertebrates – effects on prey resources for brown trout (*Salmo trutta*) in a boreal stream // Environ. Biol. Fish. 2014. Vol. 97. P. 529–542.

Hauer C., Höfler S., Flödl P., Gumpinger C., Habersack H., Holzinger J., Kloibmüller A., Leitner P., Lichtneger P., Mayer T., Ottner F., Riechl D., Wagner B., Walter T., Weingraber F., Graf W. Regionale Aspekte des Feststoffmanagements als Grundlage für den naturnahen Wasserbau im Mühlviertel und im Bayerischen Wald

// Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft. 2016. Vol. 68. P. 488–502.

Henrikson L. Blue Targeting-Manual. How to do Blue Targeting for best management practice (BMP) for forestry along small streams. Swedish Forest Agency, EU Interreg project Water Management in Baltic Forests, WAMBAF. 2018. 15 p.

Inoue M., Nakano S. Fish abundance and habitat relationships in forest and grassland streams, northern Hokkaido, Japan // Ecol. Res. 2001. Vol. 16. P. 233–247.

Jungwirth M., Muhar S., Schmutz S. Fundamentals of fish ecological integrity and their relation to the extended serial discontinuity concept // Hydrobiologia. 2000. Vol. 422. P. 85–97.

Kanno Y., Letcher B. H., Rosner A. L., O'Neil K. P., Nislow K. H. Environmental factors affecting brook trout occurrence in headwater stream segments // Trans. Am. Fish. Soc. 2015. Vol. 144. P. 373–382. doi: 10.1080/00028487.2014.991446

Kishi D., Murakami M., Nakano S., Taniguchi Y. Effects of forestry on the thermal habitat of Dolly Varden (*Salvelinus malma*) // Ecol. Res. 2004. Vol. 19. P. 283–290.

Nika N., Virbickas T., Kontautas A. Spawning site selection and redd gravel characteristics of sea trout *Salmo trutta* in the lowland streams of Lithuania // Oceanol. Hydrobiol. Stud. 2011. Vol. 40. P. 46–56.

Penaluna B. E., Olson D. H., Flitcroft R. L., Weber M. A., Bellmore J. R., Wondzell S. M., Dunham J. B., Johnson S. L., Reeves G. H. Aquatic biodiversity in forests: a weak link in ecosystem services resilience // Biodivers. Conserv. 2017. Vol. 26. P. 3125–3155.

Scheurer K., Alewell C., Bänninger D., Burkhardt-Holm P. Climate and land-use changes affecting river sediment and brown trout in alpine countries (review) // Environ. Sci. Pollut. Res. 2009. Vol. 16. P. 232–242.

Sedell J. R., Reeves G. H., Burnett K. M. Development and evaluation of aquatic conservation strategies // J. Forestry. 1994. Vol. 92(4). P. 28–31.

Teixeira-de Mello F., Meerhoff M., González-Bergonzoni I., Kristensen E. A., Baattrup-Pedersen A., Jeppesen E. Influence of riparian forests on fish assemblages in temperate lowland streams // Environ. Biol. Fish. 2016. Vol. 99. P. 133–144.

Zippin C. The removal method of population estimation // J. Wildlife Manag. 1958. Vol. 22, no. 1. P. 82–90.

Поступила в редакцию 22.03.2021

References

Atlas Karel'skoi ASSR [Atlas of the Karelian ASSR]. Moscow: GUGK, 1989. 40 p.

Baryshev I. A., Veselov A. E., Efremov D. A., Ruch'ev M. A. Pishchevaya differentsiatsiya molodi kumzhi *Salmo trutta* L. kak mekhanizm rasshireniya kormovoi bazy populyatsii [Food differentiation of juvenile brown trout *Salmo trutta* L. as a mechanism of expansion food base of the population]. *Ekol.* [Ecol.]. 2020. No. 3. P. 230–235.

Fedorets N. G. Polevaya praktika po lesnomu pochvovedeniyu dlya studentov lesokhozyaystvennykh spetsial'nostei (ucheb.-metod. posobie) [Field prac-

tice in forest soil science for forestry students (a study guide)]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2010. 56 p.

Gosudarstvennyi lesnoi reestr Respubliki Karelia [State forest register of the Republic of Karelia]. URL: <https://www.gosuslugi.ru/131487/2/info> (accessed: 20.02.2020).

Katalog ozer i rek Karelii [Catalogue of lakes and rivers of Karelia]. Eds. N. N. Filatov, A. V. Litvinenko. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2001. 290 p.

Klyputo V. S., Smirnov Yu. A., Shustov Yu. A., Maslov S. E. Effektivnost' ispol'zovaniya apparatov elek-

trolova rantsevogo tipa BT-1 "Forel'" na lososevykh rekakh Evropeiskogo Severa [Efficiency of use of backpack-type electrofishing devices BT-1 'Trout' in salmon-rich rivers of the European North]. *Sb. nauch. tr. Gos-NIORKH* [Coll. Papers Nat. Res. Inst. of Lake and River Fisheries]. 1987. Vol. 260 P. 121–125.

Komulainen S. F. Vodnaya i pribrezhnaya rastitel'nost' pritokov Onezhskogo ozera [Aquatic and coastal vegetation of the tributaries of Lake Onega]. *Lososevye nerestovye reki Onezhskogo ozera* [Salmon spawning rivers of Lake Onega]. Leningrad: Nauka, 1978. P. 14–31.

Komulainen S. F. Makrofity v malykh rekakh Karelii i Kol'skogo poluostrova [Macrophytes in small rivers of Karelia and the Kola Peninsula]. *Gidrobiolog. zhurn.* [Hydrobiol. J.]. Kiev. Deposit. in the All-Union Inst. Sci. Tech. Inf. 05.01.1990. No. 75. 22 p.

Lesotaksatsionnyi spravochnik po Severo-Vostoku Evropeiskoi chasti Rossiiskoi Federatsii [Forest taxation reference book for the North-East of the European part of the Russian Federation]. Arkhangel'sk, 2012. 672 p.

Lesokhozyaistvennyi reglament Kondopozhskogo lesnichenstva Respubliki Karelia na 2012–2021 gg. [Forestry regulations of the Kondopoga forestry of the Republic of Karelia in 2012–2021]. Petrozavodsk, 2011. 145 p.

Lesokhozyaistvennyi reglament Prionezhskogo lesnichenstva Respubliki Karelia na 2012–2021 gg. [Forestry regulations of the Prionezhsky forestry of the Republic of Karelia in 2012–2021]. Petrozavodsk, 2011. 142 p.

Metodicheskie podkhody k ekologicheskoi otsenke lesnogo pokrova v basseine maloi reki [Methodological approaches to ecological assessment of forest cover in a small river basin]. Eds. L. B. Zaugol'nova, T. Yu. Braslavskaya. Moscow: KMK, 2010. 383 p.

Morozova R. M. Lesnye pochvy Karelii [Forest soils of Karelia]. Leningrad: Nauka, 1991. 184 p.

Odum Yu. Osnovy ekologii [Fundamentals of ecology]. Moscow: Mir, 1975. 742 p.

Papchenkov V. G. Rastitel'nyi pokrov vodoemov i vodotokov Srednego Povolzh'ya [Vegetative cover of reservoirs and watercourses of the Middle Volga Region]. Yaroslavl, 2001. 214 p.

Pobedinskii A. V. Vodookhrannaya i pochvozashchitnaya rol' lesov [Water protection and soil protection role of forests]. Moscow: Lesn. prom., 1979. 176 p.

Polevaya geobotanika [Field geobotany]. Moscow; Leningrad: Nauka, 1964. Vol. 3. 530 p.

Ramenskaya M. L. Analiz flory Murmanskoi oblasti i Karelii [Analysis of the flora of the Murmansk Region and the Republic of Karelia]. Leningrad: Nauka, 1983. 216 p.

Resursy poverkhnostnykh vod SSSR [Surface water resources of the USSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1972. Vol. 2, part 1. 522 p.

Sergienko L. A. K poznaniyu pribrezhno-vodnoi flory reki Suna: (zapovednik "Kivach") [To the knowledge of the coastal water flora of the Suna River: (Kivach Nature Reserve)]. *Tr. Gos. prirod. zapoved. "Kivach"* [Proceed. Kivach State Nat. Reserve]. Petrozavodsk, 2006. Vol. 3. P. 141–148.

Shustov Yu. A. Ekologicheskie aspekty povedeniya molodi lososevykh ryb v rechnykh usloviyakh [Ecological aspects of juvenile salmon behavior in river conditions]. St. Petersburg: Nauka, 1995. 161 p.

Shustov Yu. A., Ivanter D. E., Tyrkin I. A. Ekologiya molodi lososevykh ryb: ucheb.-metod. posobie [Ecology of juvenile salmon fishes: a study guide]. Petrozavodsk: PetrSU, 2011. 91 p.

Shustov Yu. A., Ivanter D. E., Tyrkin I. A., Shchurov I. L., Legun A. G. Ekologiya molodi lososevykh ryb rek Evropeiskogo Severa Rossii: nauch. elektron. izd. [Ecology of juvenile salmon fishes of the rivers in the European North of Russia: sci. electron. ed.]. Petrozavodsk: PetrSU, 2016. 1 CD-ROM.

Sirin A. A. Vliyanie lesnoi sredy na usloviya obitaniya lososevykh (po zarubezhnym dannym) [The influence of forest environment on salmon habitat (based on foreign research data)]. *Lesovedenie* [Russ. J. Forest Sci.]. 1981. No. 1. P. 67–76.

Veselov A. E., Kalyuzhin S. M. Ekologiya, povedenie i raspredelenie molodi atlanticheskogo lososya [Ecology, behavior, and distribution of juvenile Atlantic salmon]. Petrozavodsk: Karelia, 2001. 160 p.

Bleckert S., Degerman E., Henrikson L. CISA och Blå mållklassning – enkla verktyg för skoglig vattenplanering. WWF Sweden. 2011. 16 p. (In Swed.)

Burcher C. L., McTammany M. E., Benfield E. F., Helfman G. S. Fish assemblage responses to forest cover. *Environ. Manag.* 2008. Vol. 41. P. 336–346.

Dale Jones E. B., Helfman G. S., Harper J. O., Bolstad P. V. Effects of Riparian forest removal on fish assemblages in Southern Appalachian Streams. *Conserv. Biol.* 1999. Vol. 13, iss. 6. P. 1454–1465. doi: 10.1046/j.1523-1739.1999.98172.x

Enefalk Å., Huusko A., Louhi P., Bergman E. Fine stream wood decreases growth of juvenile brown trout (*Salmo trutta* L.). *Environ. Biol. Fish.* 2019. Vol. 102. P. 759–770.

Gustafsson P., Greenberg L. A., Bergman E. Woody debris and terrestrial invertebrates – effects on prey resources for brown trout (*Salmo trutta*) in a boreal stream. *Environ. Biol. Fish.* 2014. Vol. 97. P. 529–542.

Hauer C., Höfler S., Flödl P., Gumpinger C., Habersack H., Holzinger J., Kloibmüller A., Leitner P., Lichtneger P., Mayer T., Ottner F., Riechl D., Wagner B., Walter T., Weingraber F., Graf W. Regionale Aspekte des Feststoffmanagements als Grundlage für den naturnahen Wasserbau im Mühlviertel und im Bayerischen Wald. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft.* 2016. Vol. 68. P. 488–502. (In Germ.)

Henrikson L. Blue Targeting-Manual. How to do Blue Targeting for best management practice (BMP) for forestry along small streams. Swedish Forest Agency, EU Interreg project Water Management in Baltic Forests, WAMBAF. 2018. 15 p.

Inoue M., Nakano S. Fish abundance and habitat relationships in forest and grassland streams, northern Hokkaido, Japan. *Ecol. Res.* 2001. Vol. 16. P. 233–247.

Jungwirth M., Muhar S., Schmutz S. Fundamentals of fish ecological integrity and their relation to the extended serial discontinuity concept. *Hydrobiologia.* 2000. Vol. 422. P. 85–97.

Kanno Y., Letcher B. H., Rosner A. L., O'Neil K. P., Nislow K. H. Environmental factors affecting brook trout occurrence in headwater stream segments. *Trans. Am. Fish. Soc.* 2015. Vol. 144. P. 373–382. doi: 10.1080/00028487.2014.991446

Kishi D., Murakami M., Nakano S., Taniguchi Y. Effects of forestry on the thermal habitat of Dolly Varden (*Salvelinus malma*). *Ecol. Res.* 2004. Vol. 19. P. 283–290.

Nika N., Virbickas T., Kontautas A. Spawning site selection and redd gravel characteristics of sea trout *Salmo trutta* in the lowland streams of Lithuania. *Oceanol. Hydrobiol. Stud.* 2011. Vol. 40. P. 46–56.

Penaluna B. E., Olson D. H., Flitcroft R. L., Weber M. A., Bellmore J. R., Wondzell S. M., Dunham J. B., Johnson S. L., Reeves G. H. Aquatic biodiversity in forests: a weak link in ecosystem services resilience. *Biodivers. Conserv.* 2017. Vol. 26. P. 3125–3155.

Scheurer K., Alewell C., Bänninger D., Burkhardt-Holm P. Climate and land-use changes affect-

ing river sediment and brown trout in alpine countries (review). *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2009. Vol. 16. P. 232–242.

Sedell J. R., Revees G. H., Burnett K. M. Development and evaluation of aquatic conservation strategies. *J. Forestry.* 1994. Vol. 92(4). P. 28–31.

Teixeira-de Mello F., Meerhoff M., González-Bergonzoni I., Kristensen E. A., Baattrup-Pedersen A., Jeppesen E. Influence of riparian forests on fish assemblages in temperate lowland streams. *Environ. Biol. Fish.* 2016. Vol. 99. P. 133–144.

Zippin C. The removal method of population estimation. *J. Wildlife Manag.* 1958. Vol. 22, no. 1. P. 82–90.

Received March 22, 2021

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Синькевич Сергей Михайлович

ведущий научный сотрудник лаб. динамики и продуктивности таежных лесов, к. с.-х. н., доц. Институт леса КарНЦ РАН, Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр РАН» ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910 эл. почта: sinkevic@krc.karelia.ru тел.: (8142) 768160

Ефремов Денис Александрович

научный сотрудник лаб. экологии рыб и водных беспозвоночных, к. б. н. Институт биологии КарНЦ РАН, Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр РАН» ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910 эл. почта: denisefremov@list.ru тел.: (8142) 561679

Тимофеева Вера Владимировна

научный сотрудник лаб. ландшафтной экологии и охраны лесных экосистем, к. б. н. Институт леса КарНЦ РАН, Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр РАН» ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910 эл. почта: timofeevavera2010@yandex.ru

Ананьев Владимир Александрович

ведущий научный сотрудник лаб. динамики и продуктивности таежных лесов, к. с.-х. н., доц. Институт леса КарНЦ РАН, Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр РАН» ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910 эл. почта: ananyev@krc.karelia.ru тел.: (8142) 768160

CONTRIBUTORS:

Sinkevich, Sergei

Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences 11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia e-mail: sinkevic@krc.karelia.ru tel.: (8142) 768160

Efremov, Denis

Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences 11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia e-mail: denisefremov@list.ru tel.: (8142) 561679

Timofeeva, Vera

Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences 11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia e-mail: timofeevavera2010@yandex.ru

Ananyev, Vladimir

Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences 11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia e-mail: ananyev@krc.karelia.ru tel.: (8142) 768160

Ильмаст Николай Викторович

заведующий лаб. экологии рыб и водных беспозвоночных,
д. б. н., доц.

Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»

ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910

эл. почта: ilmast@mail.ru

тел.: (8142) 561679

Солодовников Антон Николаевич

научный сотрудник лаб. лесного почвоведения, к. б. н.

Институт леса КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»

ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910

эл. почта: solod@krc.karelia.ru

Ручьев Михаил Андреевич

ведущий биолог лаб. экологии рыб и водных
беспозвоночных

Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»

ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910

эл. почта: ruchev_mikhail@list.ru

Ilmast, Nikolai

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences

11 Pushkinskaya St. 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia

e-mail: ilmast@mail.ru

tel.: (8142) 561679

Solodovnikov, Anton

Forest Research Institute, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences

11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia

e-mail: solod@krc.karelia.ru

Ruch'ev, Mikhail

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences

11 Pushkinskaya St. 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia

e-mail: ruchev_mikhail@list.ru