

УДК 504.06

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Н. Л. Болотова*, И. А. Мухин, О. Г. Лопичева

Вологодский государственный университет (ул. Ленина, 15, Вологда, Россия, 160000),

* bolotova.vologda@mail.ru

Опасность деградации экосистемы Ладожского озера под влиянием многофакторной антропогенной нагрузки определяет необходимость наряду с правовыми и административными методами использовать экономические подходы к ресурсному регулированию. С этой точки зрения в статье обосновывается перспективность реализации концепции экосистемных услуг, целевой установкой которой служит стоимостная оценка ресурсов экосистемы для принятия адекватных управленческих решений. Рассмотрено состояние природных ресурсов Ладожского озера как условий формирования экосистемных услуг. Идентифицированы производственные, средообразующие, информационные, духовно-эстетические и рекреационные услуги, требующие экономической оценки. Определены индикаторы снижения качества средообразующих и производственных услуг. В рамках концепции природного капитала оценены потенциальные объемы экосистемных услуг/выгод Ладожского озера (1,6 трлн руб.), стоимости его воды (690 млрд руб.) и земель ООПТ Приладожья (37,9 млрд руб.) Общая стоимость рекреационных, информационных услуг, а также рефугиумной функции ООПТ Приладожья составляет 55,2 млн руб./год. Общая стоимость некоторых реализуемых компонентов экосистемных услуг Ладожского озера достигает 4166,7 млн руб./год, включая потребление питьевой воды, развитие аквакультуры, туристические (о. Валаам) и транспортные услуги. Наибольшие доходы от средообразующей услуги Ладожского озера получает Волго-Балтийский транспортный путь, но его функционирование сопровождается ухудшением качества воды в южной части озера. Выявление выгодополучателей этой транзитной транспортной услуги и разработка схем компенсационных платежей рассматривается как один из механизмов получения альтернативных ресурсов финансирования природоохранных проектов для поддержания устойчивого состояния экосистемы Ладожского озера.

Ключевые слова: Ладожское озеро; природные ресурсы; природный капитал; экономическая ценность; концепция экосистемных услуг; стоимостная оценка

Для цитирования: Болотова Н. Л., Мухин И. А., Лопичева О. Г. Подходы к оценке экосистемных услуг Ладожского озера // Труды Карельского научного центра РАН. 2022. № 6. С. 173–187. doi: 10.17076/lim1632

N. L. Bolotova*, I. A. Mukhin, O. G. Lopicheva. APPROACHES TO ASSESSING ECOSYSTEM SERVICES OF LAKE LADOGA

Vologda State University (15 Lenina St., 160000 Vologda, Russia),

* bolotova.vologda@mail.ru

The threat of Lake Ladoga ecosystem degradation under multifactorial anthropogenic impact requires that, along with legal and administrative methods, economic approaches to resource regulation are used. In this connection, the article substantiates the prospects of applying the concept of ecosystem services, which has the aim of ecosystem resource valuation for subsequent introduction of a system of compensation payments and adequate decision-making. The state of natural resources of Lake Ladoga is considered as the footing for the formation of ecosystem services. Productivity, environment-shaping, informational, mental-aesthetic and recreational services that require economic valuation were identified. Indicators of a degradation of the quality of environment-forming and productivity services were determined. The potential volumes of ecosystem services/benefits of Lake Ladoga (1.6 trillion rubles), the value of its water (690 billion rubles) and ecosystem services of the lands in protected areas of the Ladoga region (37.9 billion rubles) were estimated. The total value of recreational and information services and the refugium function of Ladoga region's protected areas is 55.2 million rubles per year. The total value of some utilized components of Lake Ladoga ecosystem services is 4166.7 million rubles per year, including drinking water, aquaculture, tourism (Valaam Island) and transport services. The largest beneficiary of the environment-shaping service of Lake Ladoga is the Volga-Baltic transport route, but its operation entails a deterioration of the water quality in the southern part of the lake. Identification of the beneficiaries of this transit transport service and the development of compensation payment schemes is one of the mechanisms for finding alternative sources of funding for environmental projects to maintain a sustainable state of the Lake Ladoga ecosystem.

Keywords: Lake Ladoga; natural resources; natural capital; economic value; concept of ecosystem services; valuation

For citation: Bolotova N. L., Mukhin I. A., Lopicheva O. G. Approaches to assessing ecosystem services of Lake Ladoga. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2022. No. 6. P. 173–187. doi: 10.17076/lim1632

Введение

Ладожское озеро, расположенное на Северо-Западе России, относится к великим озерам Европы, и опасность деградации его экосистемных функций представляет собой проблему, выходящую за региональные рамки. Ряд ученых акцентируют внимание на геостратегическом статусе Ладожского озера, обусловленном географическим положением, масштабом акватории и водосбора, богатейшим природным, культурным наследием и экономической значимостью при развитой инфраструктуре, включая вхождение в состав Единой глубоководной системы европейской части РФ [Поздняков и др., 2021; Современное..., 2021 и др.].

Негативные процессы, связанные с поступлением токсических веществ и эвтрофированием, в первую очередь выразились в ухудшении качества воды в отдельных зонах озера и изменении биоразнообразия, что, соответственно, влияет на использование как водных, так и биологических ресурсов. В результате возникают социально-экономические проблемы, требующие адекватных управленческих решений по снижению антропогенного пресса в рамках задач восстановления экосистемных

функций Ладожского озера и экологической безопасности [Румянцев, Кудерский, 2010 и др.]. Это возможно только при экосистемном подходе к эксплуатации озера, чему препятствует существующее ведомственное разделение ресурсов на водные и биологические. Традиционным управленческим механизмом служит нормирование государственными структурами сбросов загрязняющих веществ и ограничение добычи биологических ресурсов. Однако результаты исследования Ладожского озера в течение многих десятилетий показали, что снижение антропогенной нагрузки не является универсальным средством предотвращения деградации экосистемы [Современное..., 2021 и др.].

В рамках поиска альтернативных вариантов подходов к управлению озером особое внимание исследователи уделяют проблемам адекватности организации мониторинга и моделирования экосистемных процессов, а также правовому регулированию и необходимости принятия федерального закона «Об охране Ладожского озера» [Румянцев и др., 2008; Филатов, 2017; Диагноз..., 2020]. Показано, что сложность долгосрочного прогнозирования, особенно в условиях изменения климата, за-

трудняет планирование хозяйственной деятельности и сохранения ресурсов, а медленное и дорогостоящее восстановление озера при ускорении его деградации определяет необходимость наряду с правовыми и административными методами использовать экономические подходы к регулированию [Современное..., 2021]. В публикациях неоднократно указывалось на значимость экономической оценки ресурсов озера, включая водные, биологические, транспортные и рекреационные [Алхименко, Цветков, 2010; Филатов, 2017 и др.].

В этом смысле перспективным подходом может служить реализация концепции экосистемных услуг (КЭУ), основанная на экономической оценке тех выгод, которые предоставляет человеку экосистема, выборе приоритетных направлений использования в пределах, не нарушающих ее функционирование. Данный подход широко распространен, успешно опробован в мировой практике и описан во множестве публикаций, но пока ограниченно применяется в нашей стране, особенно в отношении водных экосистем [Фоменко и др., 2002; Бобылев и др., 2008; Розенберг, 2015; Болотова, 2017а и др.]. Наиболее важной целевой установкой реализации концепции экосистемных услуг является их стоимостная оценка для последующего внедрения системы компенсационных платежей в практику природопользования для принятия обоснованных управленческих решений.

Заметное увеличение в последние десятилетия исследований экосистемных услуг в регионах России подтверждает, что сохранение природных экосистем и их альтернативное использование может превышать выгоду от хозяйственной эксплуатации [Тишков, 2005; Пятый..., 2015; Розенберг, 2015; Завадская и др., 2017; Тихонова, 2019 и др.]. В отношении рассматриваемого в статье региона имеются публикации расчетов стоимости отдельных услуг экосистем Ленинградской области [Ситкина, 2017; Кулаковская, Санин, 2021], но без выделения вклада Ладожского озера. Настоящее исследование направлено на привлечение внимания к стоимостной оценке некоторых экосистемных услуг Ладожского озера, учитывая изменение его состояния и геостратегическую значимость.

Целью работы был анализ факторов формирования основного комплекса экологических услуг Ладожского озера и определение их экономической ценности для обоснования подхода к экосистемной стратегии управления озером в рамках концепции экосистемных услуг.

Материалы и методы

Методологическим основанием комплексной оценки стоимости экосистемных услуг служат три составляющие: экологическая – как оценка способности экосистем выполнять свои функции; экономическая, связанная с интеграцией оценки в механизмы принятия решений, и социальная – необходимая для обеспечения согласованных решений общества и снятия конфликтов.

Подход к оценке экологической составляющей экосистемных услуг на первом этапе наших исследований заключался в выявлении степени нарушения функционирования экосистемы Ладожского озера, что создает угрозу потери соответствующих экосистемных услуг. Методологическим приемом для выполнения данной задачи послужил анализ многочисленных публикаций, отражающий высокую степень и продолжительность изученности водоема, что позволяет проследить изменение факторов, влияющих на формирование экосистемных услуг. Тем более что на фоне сильной антропогенной нагрузки 1960–70-х годов началось быстрое изменение состояния экосистемы озера, что подтверждается материалами таких монографий, как «Антропогенное эвтрофирование Ладожского озера» (1982), «Современное состояние Ладожского озера» (1987), «Ладожское озеро. Критерии состояния экосистемы» (1992), «Ладожское озеро. Мониторинг, исследование современного состояния и проблемы управления Ладожским озером и другими большими озерами» (2000), «Ладожское озеро, прошлое, настоящее, будущее» (2002). Авторы этих трудов описали негативные процессы токсификации и эвтрофирования, а также формирования в литоральной зоне участков «экологического риска», ухудшающих состояние водных и биологических ресурсов и, таким образом, снижающих выгоды от их использования, т. е. объемы и качество экосистемных услуг. Наступивший новый этап развития экосистемы в условиях снижения антропогенной нагрузки, который проанализирован в значимых монографиях XXI века [Литоральная..., 2011; Ладога..., 2013; Современное..., 2021], дал возможность проследить влияние происходящих процессов на состояние водных и биологических ресурсов в рамках задачи нашего исследования.

Соответственно, следующий этап работы касался проведения идентификации экосистемных услуг Ладожского озера и анализа условий, их формирующих. Для оценки объема экосистемных услуг использовались индикаторы

торы в натуральной и стоимостной форме и классификация, принятая для Национальной стратегии сохранения биоразнообразия России [Пятый..., 2015]. Данная классификация включает производственные (обеспечивающие), средообразующие (поддерживающие и регулирующие), информационные, духовно-эстетические, рекреационные (культурные) экосистемные услуги. Среди них приоритетными объектами исследования выбраны производственные и рекреационные – как услуги прямого использования для последующего определения их ценности, а также выгодополучателей, что требуется для выработки рекомендаций по формированию компенсационного механизма.

Выбор для исследований производственных и рекреационных экосистемных услуг Ладожского озера основывался на нескольких критериях: приоритет этого комплекса с позиций природопользования для обеспечения потребностей экономики и населения; возможность рыночной прямой и косвенной стоимостной оценки производственных (вода, рыба) и рекреационных (транспортных, туристических) услуг; перспектива интеграции экономического анализа ценности природного капитала, включающего расчет экосистемных услуг Ладожского озера в процесс принятия управленческих решений.

В рамках первой попытки оценки экосистемных услуг Ладожского озера объектами исследования стали: потенциальная стоимость воды озера и ресурсов питьевой воды, в частности, объемов водопотребления Санкт-Петербурга; доходы от рыбодобычи и аквакультуры; транспортные услуги, включая Волго-Балтийский водный путь и функционирование в акватории рыболовецкого флота; стоимость туристических услуг, связанных с островом Валаам, стоимость земель ООПТ Приладожья, как поддерживающей и регулирующей функции. Учитывая отсутствие единой методики оценки экосистемных услуг, в инструментарий наших исследований Ладожского озера вошли разные методы стоимостной оценки.

Известна оценка на глобальном уровне экономической ценности всех видов экосистем и биомов, в рамках которой рассчитана стоимость экосистемных услуг озер и рек в денежной форме на единицу площади [Costanza et al., 2014]. Это дает возможность ориентировочной экономической оценки Ладожского озера по его площади.

Для конкретизации стоимости производственных услуг, обеспеченных водными ресурсами Ладожского озера, проведена оценка общих

запасов и потенциальных ресурсов питьевой воды с использованием опубликованных расчетов объема водных масс [Современное..., 2021], а также размеров платы за водопользование, установленной Правительством РФ. Расчет реального компонента водопользования сделан на примере самого крупного потребителя – населения Санкт-Петербурга, основным источником водоснабжения которого через сток реки Невы является Ладожское озеро. Сведения об объемах городского водопотребления имеются на официальном сайте городского водоканала [Цифры..., 2022].

Производственные услуги, связанные с рыбоводством, оценивали через его вклад в экономику – создание рабочих мест и доход населения. Для оценки количественных показателей использовали открытые статистические показатели по уплате платежей в фонд социального страхования рыболовными предприятиями, расположенными на Ладожском озере. Список предприятий составляли по каталогам юридических адресов предприятий и по данным картографических онлайн-сервисов. По платежам в фонд социального страхования за 2019 год оценили величину заработной платы, исходя из стандартной ставки налоговых отчислений. Используя данные среднесписочной численности работников, рассчитали среднемесячную зарплату сотрудника. Для компаний, у которых отсутствовали отчеты, применили показатель средней численности сотрудников, вычисленный для аналогичных предприятий отрасли в 2019 году. В результате оценили суммарное число рабочих мест на рыболовных предприятиях на Ладожском озере и среднемесячную зарплату сотрудника.

Стоимость экосистемных услуг в отношении водного транспорта рассчитывали как стоимость прямого использования. Исходили из того, что перевозка грузов по водным путям обходится дешевле по сравнению с автомобильными и железными дорогами, так как водные пути проще в обслуживании и обеспечивают поддержку большей грузоподъемности транспортных средств. Для сравнения выбран автомобильный транспорт, как наиболее массовый. На основе официальных данных устанавливали общий объем грузоперевозок автомобильным транспортом в России за год, а затем соотносили его со стоимостью поддержания автомобильной инфраструктуры. Полученная величина характеризовала затраты экономики на поддержание в рабочем состоянии одного километра пути, по которому осуществляется транспортировка одной

тонны грузов на километр по автомобильным дорогам. Аналогичным путем вычисляли стоимость поддержания водной инфраструктуры (которая намного ниже, так как водная поверхность не требует специального ухода в отличие от дорожного полотна). Разница в стоимости поддержания путевой инфраструктуры давала экономический выигрыш на каждую перевезенную на один километр тонну. Для пассажирского транспорта приводили аналогичные вычисления, рассматривая пассажира как груз и установив средний необходимый для провоза одного пассажира тоннаж судна. Общую стоимость экосистемных услуг Ладожского озера определили, умножив протяженность водного маршрута в акватории на величину грузооборота (по данным на 2019 год). В оценку транспортной услуги также включили сведения о рыболовном флоте, который не задействован в грузоперевозках, но также эксплуатирует акваторию озера для перемещения. Для этого использовали данные из открытых источников о тоннаже и количестве рыболовных судов, оценив интенсивность их движения и длину проходимых маршрутов.

Для оценки рекреационных услуг Ладожского озера были выбраны популярные у туристов объекты – о. Валаам и ООПТ Приладожья. Выгоды от туризма на остров Валаам оценивали через показатели посещения туристами острова, используя метод рыночных цен. Доход организаторов туров рассчитывали на основе данных Росстата за 2021 год о численности лиц, использующих коллективные средства размещения, объемах доходов туристических агентств, гостиниц и аналогичных средств размещения за указанный период [Статистический..., 2021]. Для этого вычисляли среднюю доходность туристического бизнеса от одного клиента, а затем умножали на количество туристов, посещающих архипелаг.

Для анализа экономической ценности ООПТ использовалась стоимость оценки их земель методом переноса стоимости, т. е. путем переноса информации из открытых источников на аналогичный объект. Использовали результаты расчетов предварительной удельной стоимости экосистемных услуг природных ландшафтов России [Пятый..., 2015]. Это стоимость рекреационных услуг, отражающих коммерческое использование ландшафта, с показателем среднего дохода от рекреационной деятельности на ООПТ (1 га/год). Этот показатель умножали на общую площадь ООПТ Приладожья, которую рассчитывали из данных о площадях 17 ООПТ [Ладожское..., 2015]. Ос-

новой для оценки некоммерческого использования ООПТ послужили данные о стоимости информационных услуг на 1 га/год [Пятый..., 2015], которые умножали на общую площадь ООПТ Приладожья. Для оценки рефугиумной функции ООПТ, стоимость которой оценивается для территорий с редкими, исчезающими и эндемичными сообществами и экосистемами, использовали известные из публикаций усредненные данные глобальных оценок в долларах США/га [De Groot et al., 2012] и пересчитывали на общую площадь рассматриваемых в работе ООПТ.

В перспективе для определения экономической ценности Ладожского озера и его водосбора необходимо применение расчета оценок для средообразующих, информационных и духовно-эстетических экосистемных услуг, базирующихся на общей экономической ценности, затратном подходе, альтернативной стоимости и других методах.

Результаты и обсуждение

Идентификация экосистемных услуг Ладожского озера позволила выделить их приоритетный комплекс с точки зрения сочетания следующих критериев: угрозы потери при деградации соответствующей функции экосистемы и возможности монетарной стоимостной оценки как социально-экономического показателя. Это продукционные, средообразующие и рекреационные экосистемные услуги, которые обеспечиваются природным капиталом экосистемы озера.

Среди продукционных экосистемных услуг к приоритетным отнесли использование человеком воды и рыбы. Это учитывает значимость Ладожского озера, содержащего стратегический запас пресной воды (наряду с ухудшением ее качества) и являющегося важным рыбохозяйственным объектом, промышленные запасы и качественный состав уловов которого снижаются. Кроме того, с количеством и качеством этих продукционных ресурсов связано жизнеобеспечение и здоровье населения.

Ладожское озеро относится к великим озерам, и его экономическую ценность можно охарактеризовать исходя из известной оценки экосистемных услуг на глобальном уровне [Costanza et al., 2014]. В этих расчетах стоимость экосистемных услуг озер и рек находится в диапазоне 1779–13487 долл./га в год, и учитывая площадь Ладожского озера 18 329 км², получаем денежную стоимость в пределах 3,2–24,7 млрд долл./год.

Водные ресурсы и оценка водопотребления как экосистемной услуги Ладожского озера

Количественные и качественные показатели водных ресурсов Ладожского озера изначально определяются его уникальностью, включая огромный масштаб акватории (18 329 км²), водосбора (258 600 км²) и глубоководность (до 230 м). Объем озера с использованием цифровых технологий оценивается величиной примерно 847,8 км³ [Современное..., 2021]. Несмотря на антропогенное воздействие, имея огромную площадь и глубоководную зону, озеро оставалось ультраолиготрофным с высоким качеством вод до середины XX века [Современное..., 2021].

К группе ключевых природных факторов, определяющих нестабильность состояния водной среды, относятся межгодовые колебания климатических условий и величины стока с водосбора с площадью в 14,6 раза больше водного зеркала, с которого поступают биогены, определяя уровень продукционных процессов. На фоне динамичности стока и интенсивной антропогенной трансформации водосбора с 1960-х годов возник резонансный эффект, что выразилось в катастрофическом ускорении процесса эвтрофирования в 1970–80-е гг., когда Ладожское озеро из олиготрофного состояния резко перешло в мезотрофное, а отдельные литоральные зоны приобрели черты эвтрофных водоемов [Литоральная..., 2011; Ладога..., 2013]. В настоящее время резонансный эффект, ведущий к ускорению изменений озерной экосистемы, проявляется в связи с климатическими сдвигами, пролонгированные последствия которых диагностируются моделированием [Диагноз..., 2020; Современное..., 2021].

Наличие огромной массы воды Ладожского озера является ценнейшим природным капиталом и основой целого спектра предоставления природопользователям взаимосвязанных экосистемных услуг. Помимо рассматриваемой ниже продукционной услуги в плане водопотребления следует подчеркнуть средообразующую услугу, которая в свою очередь обеспечивает биоразнообразие и продукционную услугу, связанную с рыбными запасами, а также рекреационную, информативную, духовно-эстетическую и, наконец, транспортную услугу.

Однако негативные процессы при антропогенном воздействии на водную среду снижают ее ценность, изменяя экосистемные функции и создавая угрозы их потерь вследствие эвтрофирования озера, а также поступления загрязняющих веществ техногенного характера, в т. ч. с выраженным токсическим воздействием.

При этом выявлено принципиальное отличие отклика экосистемы на избыток биогенных элементов, переводящих ее в другой трофический статус, и выраженной в литоральной зоне реакции на техногенное загрязнение при его деградации вплоть до образования «мертвых зон» [Румянцев, Кудерский, 2010; Литоральная..., 2011]. Проблема возникновения в литорали «зон экологического риска» вблизи источников техногенного загрязнения уменьшает объем и качество экосистемной услуги водопотребления.

В отношении водопотребления качество воды, особенно питьевой, является не менее важной составляющей продукционной услуги, чем ее количество. Поэтому ухудшение качества воды в процессе эвтрофирования Ладожского озера является индикатором угрозы возможной потери данной экосистемной услуги. Так, в период ускорения эвтрофирования до 1990-х гг. происходило снижение качества воды при цветении, уменьшении концентрации растворенного кислорода, снижении прозрачности, повышении мутности. После снижения антропогенной нагрузки изменилась пространственная картина распределения рассматриваемой продукционной услуги, связанной с влиянием на качество воды трофического статуса в разных частях озера. Так, центральная часть акватории озера имела слабomezотрофный статус (при олиготрофном характере гипolimниона), северная – олиготрофный, западная – мезотрофный, а южная часть (Свирская и Волховская губы) – слабоэвтрофный [Современное..., 2021]. Наблюдаемое пространственное деэвтрофирование рассматривается как качественно новый этап в развитии Ладожского озера, что подтверждают исследования состояния трофических уровней экосистемы [Курашов и др., 2018].

Дальнейшее изменение состояния озерной экосистемы определяется не только степенью антропогенной нагрузки, но и инерционностью процессов такого крупного и глубоководного озера при замедленном водообмене. По прогнозной оценке с применением моделирования, период реакции Ладожского озера на внешнее воздействие составляет 12 лет, то есть равен времени условного водообмена [Ладога..., 2013]. При оценке угроз потери качества воды следует учитывать двойственное значение инерционности процессов великого озера. С одной стороны, в глубоководной части слабое воздействие внутриводоемных процессов обеспечивает стабильно хорошее качество воды, пригодное как для всех видов водопотребления и водопользования, так и

для поддержания продукционных процессов сообществ, что сохраняет и биоразнообразие. С другой стороны, инерционность большого стратифицированного озера при антропогенном эвтрофировании препятствует его возврату в исходное состояние, что подтверждено результатами моделирования. Причем снижение антропогенной нагрузки не является универсальным средством предотвращения дальнейшего изменения состояния сообщества, что подтвердили результаты натурных исследований [Современное..., 2021].

Выявленную опасность выведения экосистемы Ладожского озера из равновесного функционирования можно рассматривать как потенциальную угрозу потери не только продукционных, но и поддерживающих регулирующих экосистемных услуг, связанных с водной средой. Следует подчеркнуть, что на фоне повсеместного эвтрофирования водных экосистем, включая великие озера, возрастает актуальность задачи сохранения огромных водных ресурсов Ладожского озера, в том числе в рамках экономической выгоды.

Это можно проиллюстрировать на примере экосистемной услуги Ладожского озера, связанной с водопотреблением. В этом случае вода является прямой и отчуждаемой услугой и оценивается величиной налоговой ставки, установленной в соответствии с законом за использование ресурса. Потенциальная стоимость воды всего озера составляет около 690 миллиардов рублей, если рассчитывается объем озерных масс, равный 847,8 км³, при установленном в 2021 году размере платежа в 813,96 руб. за тысячу кубических метров [Налоговый..., 2000, ст. 333.12]. Для сравнения приведем опубликованные данные по расчету экосистемных услуг территории Ленинградской области, где общая «стоимость рек как резервуара воды» оценивается величиной 67,7 млрд рублей, т. е. в 10 раз меньшей, чем вклад Ладожского озера [Кулаковская, Санин, 2021].

Крупнейшим потребителем воды является Санкт-Петербург, для которого источником водоснабжения служит р. Нева, сток которой определяет Ладожское озеро [Ладога..., 2013]. Водоканал Санкт-Петербурга отбирает воду из Невы, для которой установлен меньший нормативный платеж за водопользование. В 2021 году он составлял 702,24 рубля за тысячу кубических метров. Среднесуточная подача питьевой воды в Санкт-Петербург равнялась 1 479,8 тыс. м³/сутки [Цифры..., 2022], следовательно, годовой забор воды выражается величиной не менее 0,540 км³. Согласно данным,

обнародованным ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», расходы и потери при транспортировке воды в 2020 году составили 9,3 % [Цифры..., 2022], следовательно, фактическое потребление должно составить не менее 0,590 км³. Исходя из имеющихся данных, с учетом установленной в 2021 году ставки за водопользование стоимость водопотребления Санкт-Петербургом можно оценить в 414,6 млн рублей.

Для сравнения можно привести опубликованные данные стоимости обеспечивающей услуги экосистем на территории Ленинградской области и Санкт-Петербурга, названные как «предоставление воды», которые оцениваются в сумме 5,9 млрд рублей [Ситкина, 2017].

Фактором удорожания стоимости питьевой воды для потребителей является необходимость ее очистки при наблюдаемом ухудшении качества воды р. Невы. Одним из предлагаемых путей улучшения качества питьевой воды для мегаполиса является организация водозабора на акватории Ладожского озера. Строительство и обслуживание водовода увеличит стоимость водоснабжения жителей Санкт-Петербурга, однако компенсационным механизмом будет снижение затрат на дорогостоящую водоподготовку при условии хорошего качества ладожской воды. В свою очередь, это определяет необходимость тщательного выбора района водозабора и минимизацию рисков, связанных с ухудшением качества воды [Кондратьев, Поздняков, 2012].

Существующие различия качества воды необходимо учитывать при оценке пространственной картины распределения данной продукционной услуги экосистемы Ладожского озера. Исследования показали, что объемы воды, которые могут быть потенциально использованы для питьевого водоснабжения Санкт-Петербурга и других крупных населенных пунктов Приладожья, находятся в западной и юго-западной частях акватории Ладожского озера с глубинами более 20 и 50 м. Эти объемы питьевой воды, рассчитанные на основе цифровой модели ложа озера, оцениваются в 555 и 264 км³ [Кондратьев, Поздняков, 2012; Поздняков и др., 2021]. Отсюда потенциальная стоимость питьевой воды как продукционной услуги Ладожского озера составляет 666,6 млрд рублей.

Характеристика биоресурсов и подходы к оценке рыбной продукции как экосистемной услуги Ладожского озера

В широком смысле к биологическим ресурсам Ладожского озера относятся все обитающие в нем организмы, участвующие в продукционных процессах, что в рамках современных

исследований учитывается на разных трофических уровнях. Помимо того, в озере водится ладожская кольчатая нерпа, с прибрежными зонами связаны околводные и полуводные млекопитающие (58 видов), пролетные и гнездящиеся птицы (более 250 видов), пресмыкающиеся (5 видов) и земноводные (5 видов) [Ладога..., 2013; Ладожское..., 2015; Современное..., 2021]. Все виды играют ту или иную роль в функционировании озера, а значит, и создании разных экосистемных услуг, в первую очередь в поддержании биоразнообразия через участие в пищевых сетях и включение в регулирующую функцию. С биоразнообразием соответственно связано формирование других экосистемных услуг, в т. ч. информационных (например, образовательно-исследовательская деятельность), рекреационно-туристических (например, орнитологический туризм) и духовно-эстетических.

В Ладожском озере основным продукционным биоресурсом с точки зрения продовольственного обеспечения населения является рыбная часть сообщества. Ценность данного сегмента природного капитала обеспечивает высокое биоразнообразие, так как здесь обитает 47 аборигенных видов круглоротых и рыб [Дятлов, 2002]. Значимость рыбных ресурсов озера увеличивает наличие в ихтиофауне ценных видов (озерный лосось, озерная форель, паляя, сига, ряпушка и ее крупная форма рипус). Помимо этого, сохраняющиеся олиготрофные черты водоема поддерживают обитание особо ценного арктического фаунистического комплекса рыб и реликтов микулинского времени. По рыбным запасам Ладожское озеро относится к ведущим внутренним водоемам страны, в целом среднегодовой общий улов рыбы за период 1946–2019 гг. составлял около 3860 т [Современное..., 2021].

Рыбные запасы характеризуются временной динамичностью и пространственной рыбопродукционной неоднородностью. Обширные открытые акватории определяют высокий общий продукционный потенциал озера и его долгопериодную цикличность. Прибрежная мелководная зона отличается меньшим вкладом в суммарные биопродукционные показатели. Формирование промысловых запасов происходит за счет видов трех экологических групп рыб: обитающих в основном в открытой акватории (озерные), связанных преимущественно с прибрежной зоной (прибрежные) и озерно-речных [Ладога..., 2013].

Среди факторов снижения объемов экосистемной услуги, связанной с рыболовством, можно выделить следующие. Это недоста-

точное использование по организационным и экономическим причинам рыбопродукционного потенциала многочисленных популяций (ряпушка, корюшка, мелкий частик). Вследствие многофакторного антропогенного воздействия происходит уменьшение промысловых запасов крупночастиковых ценных рыб (озерные сига, судак, лещ, щука). Кроме того, потеряли промысловое значение рыбы, чувствительные к условиям обитания, ставшие редкими, включенными в Красные книги (озерный лосось, озерная форель, озерно-речные сига).

Стоимостная оценка промышленной добычи как компонента продукционной услуги оказалась сложной задачей, несмотря на возможность применения в расчетах рыночного подхода. Для экономически адекватной оценки необходимо учитывать тренд общих уловов, изменение их структуры и рыночных цен, трудности реализации рыбной продукции из-за экономических преобразований и организационных реформ в отрасли, а также неполное использование имеющихся запасов. Затрудняет стоимостную оценку неполное отражение уловов в официальной статистике, а также рост теневого сектора в рыболовстве. Непросто оценить вклад любительского рыболовства в экономические показатели рассматриваемой продукционной услуги. По экспертной оценке, выполненной ФГБНУ ВНИРО (2021 г.), общий браконьерский улов составляет более 50 % от улова промысловиков. В то же время любительское и спортивное рыболовство по лицензиям не получило должного развития. Вместе с тем есть данные по оценке так называемого рекреационного рыболовства в целом для Ленинградской области, включая Санкт-Петербург, в сумме 49 млрд рублей [Ситкина, 2017].

Уменьшение экономической ценности рыбных запасов включает не только их общее снижение, но и выпадение из промысла рыб, занесенных в Красную книгу, а также отличающихся благодаря своим качествам высокой рыночной стоимостью. Последнее определяет политику восстановления ценных популяций рыб, их рыбопромыслового значения, что требует искусственного воспроизводства. Дискуссионным остается вопрос учета выращивания рыб в экосистемной услуге, связанной с рыбопродуктивностью озера. Напомним, что это компенсационное восстановление биоресурсов основано на изъятии производителей из исчезающих популяций ценных рыб, дорогостоящих технологиях их выращивания, наряду с низкой конечной эффективностью работ, проводимых с 1930-х годов Волховским и Свирским рыбноводными заводами.

Следует отметить, что в настоящее время к традиционному промысловому и любительскому рыболовству добавилось производство аквакультуры. При этом доход получают различные экономические агенты, что осложняет расчеты стоимости услуги озера по обеспечению населения продовольствием, а также внедрение платежей за данную экосистемную услугу. Несмотря на это, часть производственной услуги, связанной с развитием аквакультуры на Ладожском озере, удалось рассчитать.

Для стоимостной оценки аквакультуры были использованы данные открытой финансовой отчетности семнадцати рыболовных хозяйств, расположенных на озере. На основе информации о платежах в фонд социального страхования и среднесписочной численности этих предприятий вычислен размер средней заработной платы – 31,2 тыс. рублей в месяц. Общий доход работников, занятых на фермах, составляет, таким образом, около 120 млн рублей в год, а доходы бюджета от налогов – 11 млн рублей в год. Получение дополнительной продукции за счет выращивания рыб расценивается как компенсационный механизм в условиях подрыва естественных рыбных запасов. Однако развитие аквакультуры сопровождается экологическими рисками, связанными с ухудшением качества воды, возникновением эпизоотий, созданием угроз биоразнообразию [Болотова, 2017б].

Характеристика условий развития транспортных услуг и оценка их стоимости в Ладожском озере

Ладожское озеро служит звеном Волго-Балтийского пути, услугами которого пользуется не менее 150 судоходных компаний. Создание данной транзитной транспортной услуги сыграло важнейшую роль в экономическом развитии региона и развитии туристических услуг. Привлекательна сама трасса Волго-Балтийского пути, проходящая по великому озеру, и маршрут по ней, как части сложной природно-технической системы, а также культурно-исторический аспект его сооружения. Известна популярность речных круизов по Волго-Балтийскому водному пути, включающему крупнейший туристский центр Санкт-Петербург.

Наряду с получаемыми выгодами функционирование Волго-Балтийской магистрали сопровождается комплексом техногенных и экологических рисков [Болотова, 2017а]. Увеличение эксплуатации озера в транспортных целях уменьшает соответственно возможность использования других услуг, предоставляемых

экосистемой. Так, напряженные грузопассажирские перевозки проходят по южной части Ладожского озера, где фиксируется высокий уровень загрязнения воды [Алхименко, 2005; Румянцев, Кудерский, 2010; Поздняков и др., 2021] и создается зона «конфликта интересов» природопользователей.

Учитывая значимость использования Ладожского озера в составе Волго-Балтийского водного пути, были рассчитаны выгоды, получаемые логистическими компаниями. По данным интернет-портала «Ладога» [Транспорт ..., 2020], длина трассы в Ладожском озере составляет 1171 км, подходы к причалам, пристаням, остановочным пунктам – еще 1142 км. За период навигации 2021 года по судоходным путям Волго-Балтийского канала пропущено более 19,5 тыс. судов и общий грузопоток составил 16,7 млн тонн [Навигация..., 2021]. При этом на долю Ладожского озера приходится около половины проходящего через водный путь грузооборота – общий объем перевозок составляет около 8 млн тонн в год [Транспорт ..., 2020]. Кроме того, по Ладожскому озеру ежегодно перевозится около 77 тыс. пассажиров. Помимо судов, осуществляющих перевозку грузов и пассажиров, в акватории озера используют рыболовецкие суда, их количество достигает 60 единиц суммарным водоизмещением 13,5 тыс. тонн [Транспорт ..., 2020].

Для оценки стоимости транзитной транспортной услуги выявили расходы, которые несут пользователи водных путей на поддержание инфраструктуры, для сопоставления с аналогичными расходами для наземного транспорта. Согласно раскрытой информации ФБУ «Администрация «Волго-Балт», в 2021 году на обеспечение безопасности и функционирования транспортной инфраструктуры канала потрачено 342 млн рублей, что составляет примерно 20,5 рубля на тонну прошедшего по каналу груза. Принимая во внимание общую протяженность водных путей Волго-Балтийского бассейна в 4944,2 км, из которых средствами навигационного оборудования обслуживается 3,5 тыс. км, получаем ничтожно малую стоимость инфраструктурного обслуживания – 0,6 копейки за тонну на километр.

Для сравнения определили стоимость содержания автомобильной инфраструктуры в России. По данным статистического ежегодника [Транспорт..., 2020], в стране в 2019 году насчитывалось 1 706 тыс. км автомобильных дорог. По ним в коммерческих целях перевезено 5 735 млн тонн грузов. При этом стоимость содержания одного километра автодороги составляет 511,26 руб. (данные Доклада о

стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, ремонта и содержания 1 км автомобильных дорог общего пользования Российской Федерации за 2020 год). Таким образом установили, что стоимость провоза одной тонны на один километр автомобильным транспортом требует инфраструктурных расходов в 15 копеек. Это в 25 раз больше, чем цена эксплуатации водных транспортных путей. Принимая во внимание экономию в 14,4 копейки с тонны на километр и исходя из указанных выше объемов перевозок, получаем стоимость транзитной транспортной услуги озера в 2,6 млрд рублей. Расчет перевозки пассажиров на круизном судне из расчета не менее 8 тонн водоизмещения на пассажира дает общую стоимость 205 млн рублей без учета других преимуществ водного транспорта (связанных с комфортом передвижения). Суммарная стоимость транзитной транспортной услуги оценивается 2 805 миллионов рублей.

В Ладожском озере наряду с транзитным осуществляется интенсивное местное судоходство с грузонапряженностью примерно 550 т/км². Общая протяженность судоходных линий в озере составляет около 1500 км плотностью 0,1 км/км² акватории. Наличие многочисленных гаваней также способствует развитию внутреннего судоходства, включая маломерный флот, используемый в рекреационных целях. Ограничительным фактором для судоходства служат такие природные условия, как активная динамика водных масс, особенности ветровой обстановки и сильные шторма.

Как пример экономической оценки внутреннего судоходства на Ладожском озере была рассчитана стоимость транспортной услуги для рыболовного флота. Рассчитанная сумма составила 10,4 млн рублей/год, с учетом усредненных показателей 45 выходов каждого судна за сезон и дистанцией 120 км.

Таким образом, к составляющим транспортной услуги относятся трасса Волго-Балтийского пути и внутренние маршруты. Общая сумма транспортных услуг составила 2 815,4 млн рублей как ориентировочная величина, основанная на экономическом эквиваленте, связанном с преимуществами водного пути.

Следует подчеркнуть, что приносящие доход транспортные услуги зависят от средообразующей услуги, предоставляемой Ладожским озером, для которой их функционирование имеет негативные последствия. Это ставит вопрос о компенсационных платежах, связанных со снижением ценности средообразующей услуги (например, ухудшением качества воды). Плательщиками должны быть получатели вы-

год от функционирования транспортного пути, а получателями платежей – природоохранные структуры (например, ООПТ), научные учреждения, исследующие экосистемы, и местное население, субсидии которому могут стимулировать отказ от деятельности, усиливающей антропогенную нагрузку на озеро, и др. Можно рассматривать данный подход как один из механизмов финансирования природоохранных проектов и эко-компенсационных программ поддержания устойчивого состояния экосистемы Ладожского озера.

Положительным моментом развития транспортных услуг является вклад в реализацию других экосистемных услуг: производственных (промысловое и любительское рыболовство), рекреационных (туризм, спорт, отдых), духовно-эстетических (паломнический туризм), информационных (исследовательские рейсы, образовательный туризм).

Анализ туристско-рекреационного потенциала Ладожского озера и оценка туристической услуги о. Валаам

Ладожское озеро обладает обширнейшим туристско-рекреационным потенциалом, способствующим развитию водопользования [Ладожское..., 2015]. С богатыми водными и биологическими ресурсами связано развитие водных туров и любительское рыболовство, использующее производственную услугу озера. Привлекательность этого традиционного занятия определяется разнообразием ихтиофауны, включающей редкие и ценные виды рыб. Уникальное биоразнообразие Ладожского озера дополняется другими видами гидробионтов, являющимися реликтами ледниковой эпохи [Ладога..., 2013], что может стимулировать развитие образовательно-научного, познавательного и экологического направления туризма.

С выгодным географическим положением Ладожского озера и его водосборного бассейна связано давнее освоение края, о чем свидетельствуют множество археологических памятников, привлекающих в настоящее время внимание в рамках развития познавательного и научного туризма. Включение озера в состав сети древних волоковых путей, в том числе в знаменитый торговый путь «из варяг в греки», а затем в построенные магистральные транспортные пути определили обширное историческое и культурное наследие территории. В туристические маршруты включены многочисленные памятники истории и культуры федерального, регионального и местного значения. Привлекательность этих маршрутов связана с информационными услу-

гами как отражением определенных исторических эпох и разных периодов хозяйственной и культурной деятельности человека в конкретных ландшафтных условиях.

Значительный вклад в привлекательность для туристско-рекреационного освоения Ладожского озера вносит его средообразующая функция при наличии комплекса своеобразных природных объектов, связанных со спецификой формирования самого водоема. Так, к наследию сложного генезиса озера при отступлении береговой линии в постледниковый период относятся часть природных памятников: террасы, береговые валы, дюны. Геоморфологической достопримечательностью служат валунные моренные гряды, песчаные отмели, живописные шхеры и многочисленные острова.

Посещение некоторых островов связано с использованием не только транспортной и информационной услуги (познавательный туризм), но и духовно-эстетической, учитывая красоту пейзажей и объекты религиозного наследия. Наиболее известный объект синергии природных и духовных ценностей – остров Валаам, который с 1960-х годов включен в туристические маршруты.

Эта популярная достопримечательность Ладожского озера была выбрана для расчета стоимости туристических услуг из-за высокой посещаемости острова. Ежегодное число посетителей о. Валаам составляет примерно 100 тысяч [Ладожское..., 2015]. Для оценки стоимости туристических услуг, предоставляемых островом, потребовалось определить показатель дохода туристического бизнеса от одного туриста. Для этого использовали данные статистического бюллетеня Росстата по общей численности клиентов (52 997 тыс. чел. в 2021 г.) в коллективных средствах размещения. Также выявили, что объем услуг туристических агентств, туроператоров и прочих услуг по бронированию составил примерно 102 млрд рублей в целом по России. Таким образом, выручка бизнеса от одного туриста составляет в среднем 1 935,6 рубля. Аналогичным способом по данным Росстата 2021 года посчитали доход гостиниц и сервисов по предоставлению временного жилья (250,4 млрд рублей). В среднем сумма выручки за счет одного туриста составляет 4 751,7 рубля. Соответственно, общий доход туристического бизнеса и гостиниц от одного туриста Валаама: 1935,6 руб. + 4751,7 руб. = 6687,3 руб. При ежегодном числе посетителей острова 100 тыс. человек объем выручки составляет 668,3 млн руб. год. Следует также отметить, что очень часто туристы, следующие по Волго-Балтийскому каналу, покупа-

ют комплексный тур с заездом на Валаам. При этом они обеспечивают выручку агентствам по бронированию и обслуживанию таких туров без участия гостиничного бизнеса острова. Число круизных туристов ежегодно составляет около 77 тысяч человек [Транспорт ..., 2020], которые при посещении острова приносят следующий доход: 1935,6 руб. × 77 000 чел. = 149,0 млн руб. В результате общий доход, который генерируют туристическим агентствам и гостиницам посетители острова Валаам, составляет 668,3 + 149,0 = 817,3 млн руб./год.

Очевидно, что полученную стоимость туристических услуг в год можно считать заниженной, так как она не отражает всего туристического потока, в том числе различного рода однодневных визитов на о. Валаам – как с другими экскурсионными группами, так и самостоятельных.

В развитие рекреационно-туристических услуг немалую долю вносят 17 ООПТ Приладожья, включая государственный природный биосферный заповедник, природный парк, водно-болотное угодье, дендрологический парк и 13 заказников. Также в сеть ООПТ входят 30 памятников природы [Ладожское..., 2015]. Площадь ООПТ, прилегающих к Ладожскому озеру, составляет около 2 тыс. км² (200 000 га).

Для анализа экономической ценности ООПТ использовали несколько подходов. Экономическая ценность земель этих ООПТ может быть определена через стоимость ландшафтов, для которых в литературе имеются усредненные данные глобальных оценок в долларах США/га. Если использовать рассчитанную стоимость одного гектара земли для «зоны бореальных лесов» 3013 \$ [Costanza et al., 2014] для общей площади ООПТ Приладожья, равной 200 000 га, то получаем стоимость земель 602,6 млн долларов. При текущем курсе доллара 63 рубля получим следующий расчет стоимости земель ООПТ: 3013 \$ × 200 000 га × 63 руб. = 37,9 млрд руб.

При использовании другого подхода, связанного с расчетом рефугиумной функции территорий, стоимость которых оценивается для территорий с редкими, исчезающими и эндемичными сообществами и экосистемами, усредненные данные глобальных оценок будут составлять 1,52 долл. США/га [De Groot et al., 2012]. Умножая эту стоимость на общую площадь ООПТ Приладожья и текущий курс доллара, получаем следующую сумму: 1,52 \$ × 200 000 га × 63 руб. = 19,2 млн руб. Аналогичные расчеты выполнены для всей Ленинградской области, и стоимость рефугиумной функции составила 62,3 млн рублей

[Кулаковская, Санин, 2021]. Это позволяет сделать вывод о высокой экономической ценности ООПТ Приладожья, стоимость рефугиумной функции которых составляет 30,8 % от общей для Ленинградской области.

Применение показателя удельной стоимостной оценки экосистемных услуг природных ландшафтов [Пятый..., 2015] с использованием среднего для России современного дохода от рекреационной деятельности на ООПТ, который составляет 55–65 руб. на 1 га/в год, получаем следующую ориентировочную сумму: 65 руб. × 200 000 га = 13 млн руб./год.

По данным этого же источника, информационные услуги как некоммерческое использование ООПТ позволяют получить выгоду 90–100 руб. на 1 га/год. Исходя из этой суммы провели расчет потенциальной стоимости информационных услуг ООПТ Приладожья: 100 руб. × 200 000 га = 20 млн руб./год.

Общая сумма стоимости рекреационных и информационных экосистемных услуг ООПТ Приладожья, рассчитанная методом переноса усредненной стоимости ООПТ России, составляет 33 млн руб./год. При учете стоимости рефугиумной функции, сохраняющей биоразнообразие ООПТ и оцененной в 19,2 млн рублей, общая сумма будет равняться 55,2 млн рублей. Эта величина отражает приблизительную стоимость только трех компонентов экосистемных услуг ООПТ, и есть основания считать ее значительно заниженной. Первоочередной задачей служит оценка роли ООПТ в снижении поступления биогенов с неиспользуемых в хозяйственной деятельности земель в Ладожское озеро. Эффективность такого компенсационного механизма (non-use value) доказана в мировой практике управления процессом эвтрофирования водоемов.

Следует подчеркнуть, что экономическая оценка ООПТ является непростой задачей, учитывая многофункциональность этих территорий, обеспечивающих средообразующие экосистемные услуги и сохранение биоразнообразия, а также богатый информационный и духовно-эстетический потенциал, не имеющий отражения в рыночных ценах. В то же время исследованиями показана перспективность оценки экосистемных услуг ООПТ на основе применения концепции общей экономической ценности [Завадская и др., 2017].

Экосистемные услуги территории Ленинградской области и Санкт-Петербурга оцениваются в 64,5 млрд рублей для рекреационных услуг, а туристических – в 38,8 млрд рублей [Ситкина, 2017]. В других исследованиях территории Ленинградской области стоимость

рекреационных услуг оценивается в диапазоне 50–150 млрд рублей наряду с оценкой в 1,87 млрд рублей [Кулаковская Санин, 2021].

Большие разночтения в оценке стоимости, особенно рекреационных услуг, вызваны применением разной классификации экосистемных услуг, когда в их категории включаются разные компоненты, а также отличаются подходы и методы оценок.

Заключение

Рассмотрение состояния природных ресурсов Ладожского озера с точки зрения условий и факторов формирования экосистемных услуг позволило провести их идентификацию и выделить продукционные, средообразующие, информационные, духовно-эстетические и рекреационные услуги, требующие экономической оценки. Установлено снижение качества средообразующих и продукционных услуг, индикатором потери которых является ухудшение качества воды в литоральной зоне, уменьшающее выгоду водопотребления и водопользования. Происходит сокращение продовольственных услуг Ладожского озера при снижении качества и количества рыбных ресурсов, что обусловлено ухудшением условий среды обитания и сокращением биоразнообразия рыб.

В рамках экономической ценности природного капитала Ладожского озера потенциальные экосистемные услуги эквивалентны сумме около 1,6 триллиона рублей, потенциальная стоимость воды – 690 млрд рублей, потенциальная стоимость экосистемных услуг земель ООПТ Приладожья – 37,9 млрд руб. Стоимость рекреационных и информационных услуг ООПТ, а также рефугиумной функции, сохраняющей биоразнообразие Приладожья, составила 55,2 млн руб./год. Общая стоимость некоторых уже реализуемых компонентов экосистемных услуг Ладожского озера достигает 4166,7 млн руб./год, включая потребление питьевой воды, развитие аквакультуры, туристические (о. Ваалаам) и транспортные услуги. Наибольшие доходы от средообразующей услуги Ладожского озера получает Волго-Балтийский транспортный путь (2 805 млн руб./год), но его функционирование сопровождается ухудшением качества воды в южной части озера. Выявление выгодополучателей этой транзитной транспортной услуги и разработка схем компенсационных платежей является одним из механизмов получения альтернативных ресурсов финансирования природоохранных проектов в целях поддержания устойчивого состояния экосистемы Ладожского озера.

Литература

Алхименко А. П. Транспортно-экологические проблемы водной системы «Ладожское озеро – река Нева – Финский залив» // Региональная экология. 2005. № 1–2(24). С. 109–119.

Алхименко А. П., Цветков В. Ю. Рекреационные ресурсы Ладожского озера // Геоэкологические проблемы Ладожского озера: Сб. науч. тр. СПб.: Прикладная экология, 2010. С. 15–45.

Бобылев С. Н., Касьянов П. В., Соловьева С. В., Стеценко А. В. Комплексная экономическая оценка лососевых Камчатки. М.: Права человека, 2008. 64 с.

Болотова Н. Л. Волго-Балтийский водный путь: экологические риски строительства и эксплуатации на примере территории Вологодской области // Проектирование, строительство и эксплуатация гидротехнических сооружений водных путей: Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2017а. С. 164–176.

Болотова Н. Л. О применении концепции экосистемных услуг к водным экосистемам // Ученые записки РГГУ. 2017б. № 49. С. 114–133.

Диагноз и прогноз термогидродинамики и экосистем великих озер России / Ред. Н. Н. Филатов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2020. 255 с.

Дятлов М. А. Рыбы Ладожского озера. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2002. 281 с.

Завадская А. В., Николаева Е. А., Сажина В. А., Шпиленок Т. И., Шувалова О. А. Экономическая оценка природных ресурсов и экосистемных услуг Кроноцкого заповедника и Южно-Камчатского заказника / Ред. С. Н. Бобылев. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2017. 244 с.

Кондратьев С. А., Поздняков Ш. Р. Гидрофизическое обоснование выбора расположения водозабора на акватории крупного водоема (на примере Ладожского озера) // Чистая вода. Проблемы и решения. 2012. № 1–2. С. 84–87.

Кулаковская В. А., Санин А. Н. К вопросу об экономической оценке экосистемных услуг, оказываемых геосистемами прибрежной зоны Балтийского моря // Государственное управление. Электронный вестник. 2021. № 86. С. 115–137. doi: 10.24412/2070-1381-2021-86-115-140

Курашов Е. А., Барбашова М. А., Дудакова Д. С., Капустина Л. Л., Митрукова Г. Г., Русанов А. Г., Алешина Д. Г., Иофина И. В., Протопопова Е. В., Родионова Н. В., Трифонова М. С. Экосистема Ладожского озера: современное состояние и тенденции ее изменения в конце XX – начале XXI в. // Биосфера. 2018. Т. 10, № 2. С. 66–121. doi: 10.24855/biosfera.v10i2.439

Ладога / Ред. В. А. Румянцев, С. А. Кондратьев. СПб.: Нестор-История, 2013. 467 с.

Ладожское озеро и достопримечательности его побережья. Атлас / Ред. В. А. Румянцев. СПб.: Нестор-История, 2015. 200 с.

Литоральная зона Ладожского озера / Ред. Е. А. Курашов. СПб.: Нестор-История, 2011. 416 с.

Навигация по Волго-Балту прошла без рекордов // Деловой Петербург [Электронный ресурс]. URL: https://www.dp.ru/a/2021/12/10/Navigacija_proshla_bez_re (дата обращения: 16.05.2022).

Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 19.07.2000 N 166-ФЗ (ред. от 20.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.10.2021) // Российская газета. 05.08.2000. № 117.

Поздняков Ш. Р., Кондратьев С. А., Расулова А. М., Коробченкова К. Д. Ладожское озеро – геостратегический водный объект Северо-Запада России и его зоны экологического риска // Гидрометеорология и экология. 2021. № 62. С. 139–161. doi: 10.33933/2074-2762-2021-62-139-161

Пятый национальный доклад «Сохранение биоразнообразия в Российской Федерации». М.: Минприроды РФ, 2015. 124 с.

Розенберг А. Г. Природный капитал и экосистемные услуги региона. Тольятти: Кассандра, 2015. 84 с.

Румянцев В. А., Алхименко А. П., Кудерский Л. А., Соболев И. А. Концепция и проект федерального закона «Об охране Ладожского озера». СПб.: ИНОЗ РАН, 2008. 109 с.

Румянцев В. А., Кудерский Л. А. Ладожское озеро: общая характеристика, экологическое состояние // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). 2010. № 1. С. 171–182.

Ситкина К. С. Экосистемные услуги регионов России // Allbest: выбери лучшее [Электронный ресурс]. 21.07.2017 URL: https://revolution.allbest.ru/ecology/00814535_0.html (дата обращения: 15.05.2022).

Статистический бюллетень Росстата к Всемирному дню туризма. 2021. 21 с.

Современное состояние и проблемы антропогенной трансформации экосистемы Ладожского озера в условиях изменяющегося климата / Ред. С. А. Кондратьев [и др.]. М.: РАН, 2021. 637 с. doi: 10.12731/978-5-907366-50-3

Тихонова Т. В. Экосистемные услуги: пути практического использования // Проблемы развития территории. 2019. № 1(99). С. 25–39. doi: 10.15838/ptd.2019.1.99.2

Тишков А. А. Биосферные функции природных экосистем России. М.: Наука, 2005. 309 с.

Транспорт / Ладога [Электронный ресурс]. URL: <http://ladoga.krc.karelia.ru/economy/transport/index.ru.shtml> (дата обращения: 15.05.2022).

Транспорт в России. 2020: Статистический сборник. Росстат, 2020. 108 с.

Филатов Н. Н. Нужен ли закон об охране Ладожского и Онежского озер? // Вода Magazine. № 7(119). 2017. С. 30–35.

Фоменко Г. А., Фоменко М. А., Лошадкин К. А., Михайлова А. М. Денежная оценка природных ресурсов, объектов и экосистемных услуг в управлении сохранением биоразнообразия: опыт региональных работ. Ярославль: Кадастр, 2002. 80 с.

Цифры и факты / ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» [Электронный ресурс]. URL: http://www.vodokanal.spb.ru/o_kompanii/cifry_i_fakty (дата обращения: 03.05.2022).

De Groot R., Brander L., Van der Ploeg S., Costanza R., Bernard F., Braat L., Christie M., Crossman N., Ghermandi A., Hein L., Hussain S., Kumar P., McVitie A., Portela R., Rodriguez L.C., ten Brink P., van Beukering P. Global estimates of the value of ecosystems and

their services in monetary units // *Ecosystem Services*. 2012. Vol. 1, iss. 1. P. 50–61. doi: 10.1016/j.ecoser.2012.07.005

Costanza R., de Groot R., Sutton P., van der Ploeg S., Anderson S. J., Kubiszewski I., Farer S., Turner R. K. Changes in the global value of ecosystem services // *Global Environmental Change*. 2014. Vol. 26. P. 152–158. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002

References

Alkhimenko A. P. Transport and environmental problems of the water system Lake Ladoga - Neva River - Gulf of Finland. *Regional Ecology*. 2005;1–2(24):109–119. (In Russ.)

Alkhimenko A. P., Tsvetkov V. Yu. Recreational resources of Lake Ladoga. *Geoecological problems of Lake Ladoga*. St. Petersburg: Applied Ecology; 2010. P. 15–45. (In Russ.)

Bobylev S. N., Kasyanov P. V., Solovieva S. V., Ste-tsenko A. V. Integrated economic assessment of salmonids of Kamchatka. Moscow: Prava cheloveka; 2008. 64 p. (In Russ.)

Bolotova N. L. Volga-Baltic waterway: environmental risks of construction and operation on the example of the territory of the Vologda region. *Proektirovanie, stroitel'stvo i ekspluatatsiya gidrotekhnicheskikh sooruzhenii vodnykh putei – Design, construction, and operation of hydraulic structures of waterways*. 2017a. P. 164–176. (In Russ.)

Bolotova N. L. On the application of the concept of ecosystem services to aquatic ecosystems. *Scientific Notes of the Russian State Hydrometeorological University*. 2017;49:114–133. (In Russ.)

Costanza R., de Groot R., Sutton P., van der Ploeg S., Anderson S. J., Kubiszewski I., Farer S., Turner R. K. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*. 2014;26:152–158. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002

De Groot R., Brander L., Van der Ploeg S., Costanza R., Bernard F., Braat L., Christie M., Crossman N., Ghermandi A., Hein L., Hussain S., Kumar P., McVitie A., Portela R., Rodriguez L.C., ten Brink P., van Beukering P. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*. 2012;1(1):50–61. doi: 10.1016/j.ecoser.2012.07.005

Dyatlov M. A. Fish of Lake Ladoga. Petrozavodsk: KarRC RAS; 2002. 281 p. (In Russ.)

Fifth national report *Biodiversity conservation in the Russian Federation*. Moscow: Minprirody RF; 2015. 124 p. (In Russ.)

Figures and facts. *GUP «Vodokanal Sankt-Peterburga» – SUE Vodokanal of St. Petersburg*. URL: http://www.vodokanal.spb.ru/o_kompanii/cifry_i_fakty (accessed: 03.05.2022).

Filatov N. N. Do we need a law on the protection of Lakes Ladoga and Onega? *Voda Magazine – Water Magazine*. 2017;7(119):30–35. (In Russ.)

Filatov N. N. (ed.). *Diagnosis and forecast of thermohydrodynamics and ecosystems of the great lakes of Russia*. Petrozavodsk: KarRC RAS; 2020. 255 p. (In Russ.)

Fomenko G. A., Fomenko M. A., Loshadkin K. A., Mikhailova A. M. Monetary assessment of natural resources, objects and ecosystem services in biodiversity conservation management: Experience of regional works. Yaroslavl': Kadastr; 2002. 80 p. (In Russ.)

Kondrat'ev S. A. et al. (eds.) *Current state and problems of man-induced transformation of the Lake Ladoga ecosystem in a changing climate*. Moscow: RAN; 2021. 637 p. doi: 10.12731/978-5-907366-50-3 (In Russ.)

Kondrat'ev S. A., Pozdnyakov Sh. R. Hydrophysical rationale for choosing the location of a water intake in the water area of a large reservoir (on the example of Lake Ladoga). *Chistaya voda. Problemy i resheniya – Clean Water. Problems and Solutions*. 2012;1-2:84–87. (In Russ.)

Kulakovskaya V. A., Sanin A. N. On the issue of economic assessment of ecosystem services provided by geosystems of the coastal zone of the Baltic Sea. *State Administration. Electronic Bulletin*. 2021;86:115–137. doi: 10.24412/2070-1381-2021-86-115-140 (In Russ.)

Kurashov E. A., Barbashova M. A., Dudakova D. S., Kapustina L. L., Mitrukova G. G., Rusanov A. G., Aleshina D. G., Iofina I. V., Protopopova E. V., Rodionova N. V., Trifonova M. S. Ecosystem of Lake Ladoga: current state and trends of its change in the late XX – early XXI century. *Biosphere*. 2018;10(2):66–121. doi: 10.24855/biosphere.v10i2.439 (In Russ.)

Kurashov E. A. (ed.). *Littoral zone of Lake Ladoga*. St. Petersburg: Nestor-Istoriya; 2011. 416 p. (In Russ.)

Navigation along the Volga-Baltic Waterway didn't set records. *Деловой Петербург – Business Petersburg*. URL: https://www.dp.ru/a/2021/12/10/Navigacija_proshla_bez_re (accessed: 16.05.2022). (In Russ.)

Pozdnyakov Sh. R., Kondratiev S. A., Rasulova A. M., Korobchenkova K. D. Lake Ladoga is a geostrategic water body of the North-West of Russia and its environmental risk zones. *Hydrometeorology and Ecology*. 2021;62:139–161. doi: 10.33933/2074-2762-2021-62-139-161 (In Russ.)

Rozenberg A. G. Natural capital and ecosystem services of the region. Tolyatti: Cassandra; 2015. 84 p. (In Russ.)

Rumyantsev V. A. (ed.). *Lake Ladoga and sights of its coast*. Atlas. St. Petersburg: Nestor-Istoriya; 2015. 200 p. (In Russ.)

Rumyantsev V. A., Alkhimenko A. P., Kudersky L. A., Sobol I. A. Concept and draft federal law *On the protection of Lake Ladoga*. St. Petersburg: INOZ RAN; 2008. 109 p. (In Russ.)

Rumyantsev V. A., Kondratiev S. A. (eds.). *Ladoga*. St. Petersburg: Nestor-Istoriya; 2013. 467 p. (In Russ.)

Rumyantsev V. A., Kudersky L. A. Lake Ladoga: general description, ecological state. *Obshchestvo. Sreda. Razvitie (Terra Humana) = Society. Environment. Development (Terra Humana)*. 2010;1:171–182. (In Russ.)

Sitkina K. S. Ecosystem services of Russian regions. *Allbest: choose the best*. URL: https://revolution.allbest.ru/ecology/00814535_0.html (accessed: 15.05.2022). (In Russ.)

Statistical Bulletin of the Rosstat for the World Tourism Day. 2021. 21 p.

Tax Code of the Russian Federation (part two) dated July 19, 2000 N 166-FZ (as amended on July 20, 2021) (as amended and supplemented, effective from October 1, 2021). *Rossiyskaya Gazeta*. 2000; 117. (In Russ.)

Tikhonova T. V. Ecosystem services: ways of practical use. *Problemy razvitiya territorii = Problems of Territory Development*. 2019;1(99):25–39. doi: 10.15838/ptd.2019.1.99.2 (In Russ.)

Tishkov A. A. Biospheric functions of natural ecosystems in Russia. Moscow: Nauka; 2005. 309 p. (In Russ.)

Transport. Ladoga. URL: <http://ladoga.krc.karelia.ru/economy/transport/index.ru.shtml> (accessed: 15.05.2022). (In Russ.)

Transport in Russia. 2020: The statistical compendium. Rosstat; 2020. 108 p. (In Russ.)

Zavadskaya A. V., Nikolaeva E. A., Sazhina V. A., Shpilenok T. I., Shuvalova O. A. Economic valuation of natural resources and ecosystem services of the Kronotsky Reserve and the South Kamchatka Reserve. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress; 2017. 244 p. (In Russ.)

Поступила в редакцию / received: 14.06.2022; принята к публикации / accepted: 26.07.2022.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Болотова Наталья Львовна

д-р биол. наук, профессор кафедры биологии и химии

e-mail: bolotova.vologda@mail.ru

Мухин Иван Андреевич

канд. биол. наук, доцент кафедры биологии и химии

e-mail: ivmukhin@mail.ru

Лопичева Ольга Георгиевна

старший преподаватель кафедры биологии и химии

e-mail: lopichevaog@vogu35.ru

CONTRIBUTORS:

Bolotova, Natalya

Dr. Sci. (Biol.), Professor, Biology and Chemistry Department

Mukhin, Ivan

Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor,
Biology and Chemistry Department

Lopicheva, Olga

Senior Lecturer, Biology and Chemistry Department