

УДК 910: 911

ЛИМНОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ В СВЕТЕ ПРОБЛЕМ АНТРОПОГЕННОЙ МОДИФИКАЦИИ ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ

© А. В. ИЗМАЙЛОВА,¹ В. А. РУМЯНЦЕВ, В. Г. ДРАБКОВАИнститут озерадения РАН, Санкт-Петербург
E-mail: ¹ ianna64@mail.ru

На основе анализа работ, опубликованных в научных и справочных изданиях и посвященных различным аспектам исследований озер, оценивается степень лимнологической изученности европейской части России (ЕЧР) и анализируется современное состояние расположенных в ее пределах озерных экосистем. Делается акцент на слабой изученности водоемов регионов активного промышленного освоения. Прежде всего это северо-восток ЕЧР, где с недавних пор активно развивается нефтегазовый комплекс. Упрощенные арктические экосистемы характеризуются повышенной уязвимостью к различным воздействиям, что вызывает большие опасения, в том числе за здоровье проживающего в этих регионах населения. Серьезные проблемы наблюдаются и на озерах центра и юга ЕЧР, где их количество изначально невелико, а по мере антропогенного преобразования территории наблюдается постепенное замещение фонда естественных водоемов искусственными, угрожающее биоразнообразию. Делается вывод о необходимости разработки специальной программы, направленной на изучение механизмов функционирования северных озерных экосистем, а также принятия единой программы мониторинга водоемов, получивших особый охраняемый статус.

Ключевые слова: лимнологическая изученность, озерный фонд европейской части России, озерные экосистемы.

Введение. Согласно общепринятому мнению, начало лимнологии как самостоятельной науки было заложено работами на Женевском озере Франсуа-Альфонса Фореля, которые он опубликовал в 3-томном труде «Le Léman. Monographie limnologique» [23], однако научное изучение озер было начато значительно раньше. В Российской империи их исследования проводились уже в XVIII в. В период восьмилетней экспедиции по Сибири Даниэля Готлиба Мессершмидта (1719—1727 гг.) были получены первые научные сведения по крупнейшему пресноводному водоему — оз. Байкал. В конце XVIII в. по результатам изучения крупнейших озер европейской части России — Ладожского, Онежского, Ильмень и Селигер — вышла серия статей, выпущенных Н. Я. Озерецковским [16, 17]. В середине XIX в. под руководством штабс-капитана А. П. Андреева состоялась первая комплексная экспедиция Гидрографического департамента Морского министерства на Ладожское озеро (1858—1867 гг.), результатом которой стал изданный в двух частях труд «Ладожское озеро» [1]. К концу XIX в. появляется еще целый ряд научных публикаций по озерам России, а уже на рубеже XIX—XX вв. на озерах европейской части

страны открываются первые пресноводные биологические станции. Императорским русским обществом акклиматизации животных и растений при активном участии зоолога Московского университета Н. Ю. Зюграфа в 1891 г. основана станция на берегу оз. Глубокое. В 1897 г. Санкт-Петербургским обществом естествоиспытателей по инициативе И. П. Бородина была организована биологическая станция на оз. Селигер, а в 1908 г. зоологом Г. А. Кожевниковым на оз. Белое создается Косинская биологическая станция Московского общества испытателей природы при Московском университете.

Более чем за столетний период, прошедший с начала формирования лимнологии как самостоятельной науки, ею было последовательно пройдено несколько этапов. В первой половине и еще в середине XX в. важнейшим направлением было изучение роли физико-географических и гидрологических факторов в формировании озерных экосистем. Уже с середины XX в. началось постепенное смещение внимания к определению контролируемых показателей состава и свойств водной среды, обеспечивающих ее сохранность в состоянии, пригодном для антропогенного использования водных объектов. И наконец, на рубеже XX—XXI вв. основное внимание стало уделяться изучению процессов, обеспечивающих устойчивое функционирование водных экосистем, позволяющее предотвратить их деградацию. За последние десятилетия в этой области были достигнуты значительные успехи. Происходила разработка критериев, оценивающих специфику структурно-функциональной организации сообществ гидробионтов и динамику водных биоценозов; активно развивались биоиндикационные методы, позволяющие на основе видового состава сообществ и обилия его компонент дать интегральную оценку результатов всех природных и антропогенных процессов, протекающих в водном объекте; внедрялись методы математического моделирования.

Оценка лимнологической изученности Российской Федерации была проведена в Институте озероведения (ИНОЗ) РАН при подготовке к изданию монографии «Озера европейской части России» [22], созданной как обобщение накопленной к настоящему времени многоплановой информации по водным объектам ЕЧР. С этой целью вместе с материалами, собранными ИНОЗ РАН, было проанализировано более тысячи работ, опубликованных в различных научных изданиях. Наряду со значительными достижениями в области изучения озерных экосистем, произошедшими за XX—начало XXI столетия, проведенный нами анализ лимнологической изученности европейской части России позволил выявить целый ряд проблем, требующих самостоятельного осмысления.

Лимнологическая изученность европейской части России. Крупнейшим институтом европейской части России, на протяжении более 70 лет занимающимся изучением различных аспектов функционирования озерных экосистем, является Институт озероведения РАН. Его основоположником по праву считается выдающийся ученый-лимнолог Г. Ю. Верещагин, по инициативе которого в 1944 г. была создана Лаборатория озероведения в составе Отделения геолого-географических наук АН СССР, преобразованная в 1971 г. в Институт озероведения АН СССР. С самых первых лет своего существования Лаборатория, а затем Институт озероведения приняли на себя главенствующую роль в проведении регулярных комплексных исследований экологического состояния крупнейшего европейского водоема — Ладожского озера, а также целого ряда других водоемов страны и прежде всего ее северо-западной части, характеризующейся обилием озер — наследия последнего четвертичного оледенения.

Наряду с Институтом озераведения в настоящее время различными аспектами изучения озер европейской части России занимаются сотрудники ряда институтов Российской академии наук: Института водных проблем Севера Карельского НЦ РАН, Института проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН, Института биологии внутренних вод РАН, Института экологических проблем Севера УрО РАН (в настоящее время в составе исследовательского центра комплексного изучения Арктики РАН), Института биологии Коми НЦ УрО РАН, а также Зоологического института РАН, Ботанического института РАН, Института географии РАН, Института водных проблем РАН, Института проблем экологии и эволюции РАН, Института общей генетики РАН, Института биологии КарНЦ РАН, Института экологии Волжского бассейна РАН, Института экологии природных систем АН Республики Татарстан, Южного научного центра РАН. Вопросы изучения озер занимают специалисты ряда университетов ЕЧР. Важнейшую роль в изучении озер сыграли сотрудники Государственного гидрологического института, созданного в 1919 г. по инициативе Академии наук с целью всестороннего изучения природных вод суши, а с 1930 г. перешедшего в ведение Гидрометеорологической службы страны. Благодаря усилиям Гидрометслужбы на озерах ЕЧР в разное время было открыто более 240 постов, из которых в настоящее время функционирует менее 70.

Уже более ста лет вопросам изучения рыбного населения внутренних водоемов и их пищевой базы уделяют внимание сотрудники ГосНИОРХа, ведущего свою историю с 1914 г., когда была создана Лаборатория специалистов рыбного дела при Департаменте земледелия, преобразованная в дальнейшем в Институт озерного и речного рыбного хозяйства. К настоящему времени в европейской части России ГосНИОРХ имеет 10 отделений. Рыбными ресурсами озер занимаются также сотрудники ряда подразделений Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии и его филиалов, Каспийского НИИ рыбного хозяйства, Уральского НИИ водных биоресурсов и аквакультуры.

Проведенный обзор лимнологической изученности свидетельствует, что на сегодняшний день наиболее полно исследованы озера северо-запада ЕЧР, где собственно и сконцентрирован ее основной озерный фонд. Комплексной изученностью характеризуются самые крупные водоемы: из последних наиболее значимых монографий следует назвать такие, как «Ладога» [13], «Онежское озеро. Экологические проблемы» [18], «Экосистема озера Ильмень и его поймы» [4], «Антропогенные модификации экосистемы озера Имандра» [14]. Исследования проведены в Республике Карелия, имеющей наибольшее число крупных озер и характеризующейся самой большой площадью водной поверхности (~40 % от суммарной поверхности внутренних вод ЕЧР) и самыми высокими в пределах ЕЧР запасами озерных вод (~65 %). В 2001 г. вышел «Каталог озер и рек Карелии» [10], а в 2013 г. — монография «Озера Карелии. Справочник» [15], где информация по большому количеству озер представлена в едином виде. Комплексные исследования проводятся на средних и малых озерах Ленинградской области и Кольского полуострова [11]. На протяжении второй половины XX в. с участием сотрудников ИНОЗ РАН были выполнены всесторонние исследования ряда водоемов Вологодской, Архангельской, Мурманской, Тверской, Новгородской и Псковской областей, Республики Коми.

В то же время проведенный обзор литературы свидетельствует, что, несмотря на длительную историю и большое число организаций и ведомств, в

той или иной степени принимающих участие в изучении озер ЕЧР, ее лимнологическая изученность остается недостаточной. Далеко не на всех крупных озерах ЕЧР, расположенных в экономически развитых регионах, проводятся регулярные исследования, под которыми подразумеваются комплексные работы, включающие изучение всех аспектов лимнологической характеристики. В результате усиливающегося антропогенного воздействия на водные экосистемы это может привести к резкому снижению качества воды, используемой для питьевого водоснабжения. На протяжении последних десятилетий практически не изучаются малые и средние озера центральной части ЕЧР, прерваны наблюдения на ряде станций и стационаров, существовавших еще в начале XX в. (яркий пример — Косинская биологическая станция). На достаточно низком уровне находится изученность водоемов южной части ЕЧР. Наблюдающееся постепенное снижение озерного фонда центра и юга ЕЧР [8] может повлечь за собой в ряде областей практически полную замену естественных водоемов искусственными, что скажется на снижении биоразнообразия и подорвет устойчивость биогеохимических циклов вещества и энергии.

Продолжая анализ современного состояния лимнологической изученности европейской части России, необходимо констатировать, что в настоящее время основные исследования сконцентрированы на небольшом количестве водных объектов (стационарные наблюдения, мониторинг и пр.), в то время как расширения географии работ практически не происходит. Напротив, в силу прежде всего финансовых причин масштабы экспедиционных работ по изучению водоемов различных регионов на порядок уступают аналогичным исследованиям, имевшим место еще в середине XX в. Вместе с тем лимнологическая изученность ряда регионов европейской части страны остается низкой, особенно ее северо-восточной части, характеризующейся наличием большого количества водоемов, используемых для водоснабжения расположенных близ них населенных пунктов. Несмотря на то что количество естественных водоемов на северо-востоке огромно и составляет около 40 % от общего числа водоемов ЕЧР, практически все они характеризуются малыми размерами и глубинами, в результате чего их суммарный водозапас составляет лишь около 20 км³ [8, с. 127], или 1.5 % от общего объема озерных вод ЕЧР. На фоне уже имеющего места промышленного освоения арктических регионов и грандиозных планов его расширения на ближайшую перспективу экологическое состояние малых озер Севера требует подробного изучения.

Озерный фонд европейской части России. Согласно оценкам, проведенным в ИНОЗ РАН, в пределах европейской части России насчитывается около 200 000 озер площадью более 1 га, кроме того, на снимках дешифрируется еще 410 000 естественных водоемов меньшего размера [8, с. 125]. Наряду с естественными озерами в пределах ЕЧР находится более 90 000 водоемов искусственного происхождения (пруды, водохранилища, карьеры, котлованы, водоемы, возникшие на месте торфяных выработок и др.). Суммарная площадь водной поверхности ЕЧР с учетом всех водоемов естественного происхождения и без учета российской части акватории Каспийского моря составляет около 84 800 км² (в том числе соленых озер — около 3900 км²), площадь водной поверхности искусственных водоемов — 39 950 км². Водные ресурсы естественных водоемов ЕЧР составляют около 1370 км³ воды, при этом 91 % этой величины приходится на долю больших озер с площадями зеркала, превышающими 100 км². Еще около 250 км³ воды содержится в искусственных водоемах.

Несмотря на значительные озерные ресурсы ЕЧР, их распределение по территории крайне неравномерно. Более 99 % вод сконцентрировано в озерах Северо-Западного федерального округа, на который приходится лишь около 42 % от общей площади ЕЧР. Для Северо-Западного ФО характерна и наибольшая площадь водной поверхности, прежде всего для той его части, которая находилась под покровом валдайского оледенения. За границами валдайского оледенения озер особенно много в районах распространения многолетнемерзлых пород, однако, как уже упоминалось, их суммарный водозапас невелик. Крайне низки значения суммарных запасов вод, содержащихся в естественных водоемах Центрального, Приволжского, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов (12.9 км³, или 1 % водных ресурсов озер ЕЧР [8, с. 127—132]). С целью преодоления водного дефицита здесь построено чуть менее 90 000 искусственных водоемов, из которых более 600 имеют площади зеркала, превышающие 1 км², в том числе 52 водохранилища площадью от 10 до 100 км² и 23 — более 100 км². Суммарно в этих водоемах содержится более 230 км³ воды. Благодаря этому суммарная доля поверхностных вод, наполняющих как естественные, так и искусственные водоемы центра и юга ЕЧР, к настоящему времени повысилась до 15 %. В то же время, как уже упоминалось, увеличение водного фонда за счет искусственных водоемов сопровождалось в ряде регионов сокращением фонда естественных водоемов.

Антропогенная модификация озерных экосистем европейской части России. Особенностью развития России является сосредоточение основной части населения в европейской части страны, характеризующейся и наиболее развитой экономикой. В связи с этим антропогенное давление на ее водные ресурсы всегда было несопоставимо выше, чем в азиатской части. На протяжении всего XX в. оно постоянно усиливалось, негативно сказываясь на озерных экосистемах. В результате значительным модификациям подверглись даже такие крупнейшие водоемы Европы, как Ладожское и Онежское озера. Среди важнейших негативных процессов, происходящих в озерах в связи с антропогенной активностью, — антропогенное эвтрофирование, токсическое загрязнение, заиление и закисление. На экологическом состоянии крупнейших водоемов, характеризующихся повышенной буферной способностью и обладающих значительной емкостью, прежде всего сказываются эвтрофирование и токсическое загрязнение, тогда как для малых, средних, а также крупных мелководных озер одинаково опасны все названные процессы.

Наиболее серьезное загрязнение крупнейших водоемов Северо-Запада России наблюдалось в 70—80-е гг. XX в. Однако благодаря программам по их всестороннему комплексному изучению и предпринятым на их основе природоохранным мерам дальнейшее развитие негативных процессов удалось приостановить и добиться к началу XXI в. существенного улучшения качества воды таких озер, как Ладожское, Онежское, Имандра, и еще целого ряда больших озер северо-запада ЕЧР. Так, резкое ухудшение экологического состояния Ладожского озера стало проявляться к концу 1970—началу 1980-х гг. Содержание минерального фосфора в центральном и северном районах озера увеличилось в 4—5 раз, в южном и восточном — в 3 раза, и составляло до 26 мкг/л [20, с. 80]. В связи с резким увеличением поступления фосфора уровень развития фитопланктона в прибрежной зоне к концу 1970-х гг. вырос по сравнению с 1960 гг. в 4—5 раз, зоопланктона — в 2.5, бактериопланктона — в 3 раза [2, с. 178]. Озеро по большей части акватории перешло в мезотрофное состояние. Опасных значений достигла токсическая

загрязненность прибрежных территорий; в приустьевых участках рек и вблизи выпусков сточных вод отмечалось присутствие хлорорганических пестицидов, солей тяжелых металлов, нефтепродуктов и фенолов. В воде и донных отложениях появились бензол, хлорфенолы, альдегиды, кетоны, спирты, терпеновые соединения, серосодержащие вещества. Концентрация высокомолекулярных соединений в бухте Петрокрепость, Волховской губе, районе Питкяранты значительно превышали ПДК. На ряде загрязненных участков дна в полисапробных зонах исчезли многие типичные представители ладожской фауны (район г. Приозерска, шхеры у г. Сортавала, район г. Питкяранта и др.). Под влиянием токсичных ксенобиотиков у некоторых планктонных и бентосных организмов появились различные морфологические отклонения от нормы. Признаки патологии отмечались в сообществе зоопланктона вблизи г. Питкяранта и в бентосных сообществах залива Щучий, вблизи пос. Ляскеля, у г. Питкяранта, в Волховской губе и др. В озере резко сократились запасы судака, пальи, озерного лосося и озерной форели, на грани вымирания оказался атлантический осетр. У выловленных рыб отмечалась высокая концентрация токсических веществ в наружных покровах, внутренних органах и мясе [12].

Неблагополучная экологическая ситуация повлияла и на население региона. У жителей, проживающих вблизи озера и прежде всего вблизи целлюлозно-бумажных предприятий, отмечался повышенный уровень заболеваемости злокачественными новообразованиями, болезнями органов пищеварения и мочеполовой системы. В отдельных прибрежных районах с повышенным уровнем хозяйственной деятельности в воде и грунтах были выявлены высокие концентрации патогенных микроорганизмов и опасных для здоровья людей токсикантов [13, с. 434—436; 24].

С целью реабилитации Ладожского озера потребовалось принятие ряда крупных мер, направленных на восстановление его нормального экологического состояния. Одним из первых мероприятий, оказавших положительное влияние на экосистему озера, был полный запрет молевого сплава леса в реках бассейна. Однако наиболее радикальные меры последовали в результате принятия двух специальных постановлений Совета министров СССР (1984 и 1987 гг.) об охране и рациональном использовании природных ресурсов озер Ладожского бассейна. В итоге были закрыты Приозерский ЦБК и аналогичное предприятие в Харлу (Карелия), построена установка по биологической очистке стоков и перенесен выпуск сточных вод в Питкяранта, изменена технология подготовки сырья на Волховском алюминиевом заводе. Усилился и общий контроль за исполнением действовавших в тот период природоохранных нормативов. Как результат уже к началу 1990-х гг. качество ладожской воды стало постепенно улучшаться, токсическая загрязненность вод снизилась до состояния 1970-х гг., началась медленная реолиготрофикация водоема. Вновь стали встречаться некоторые почти исчезнувшие реликтовые виды (например, ракообразное *Gammaracanthus lacustris*) [21]. На сегодняшний день трофический статус центральной части акватории озера в целом оценивается как слабо мезотрофный (при олиготрофном характере гипolimниона), северной — как олиготрофный, западной — как мезотрофный, южной — как слабоэвтрофный [13, с. 435]. Из-за высокой инертности огромных водных масс процесс полного восстановления озера пока не завершен.

Значительно медленнее процессы восстановления проходили на крупных мелководных водоемах. Так, до настоящего времени продолжают процессы

антропогенного эвтрофирования Чудско-Псковского озерного комплекса, являющегося объектом пристального изучения как российских, так и эстонских лимнологов, а также ряда международных программ. Несмотря на все предпринимаемые меры, состояние входящих в комплекс озер оценивается от эвтрофного до гипертрофного.

Крайне неблагоприятным остается и экологическое состояние значительного числа средних и малых водоемов ЕЧР, прежде всего ее центральной и южной частей, традиционно характеризующихся наибольшей заселенностью и хозяйственной освоенностью. Основная масса загрязняющих веществ попадает в водоемы с речным стоком, огромное влияние оказывают стоки с сельскохозяйственных земель, а также промышленных предприятий, как находящихся в непосредственной близости, так и на значительном расстоянии от озер. В последнем случае загрязнение попадает в водоемы аэрогенным путем, его источником, наряду с промышленными предприятиями, являются предприятия энергетической отрасли по производству, передаче и распределению электроэнергии, газа, пара и горячей воды, предприятия транспорта и связи. Еще один фактор, негативно сказывающийся на небольших мелководных водоемах, — заиление, усиливающееся по мере замещения природных ландшафтов антропогенными. Оно быстро приводит к зарастанию, заболачиванию и исчезновению небольших озер. Снижение уровня водоемов связано и с сокращением речного притока из-за его существенного разбора на орошение и другие нужды. Снижение притока приводит как к исчезновению небольших озер, так и к существенным преобразованиям достаточно крупных, в том числе лагун и лиманов. В условиях недостаточного увлажнения обмеление сопровождается ростом солености воды и ухудшением ее качества. На снижении качества воды и росте минерализации также может сказываться гидротехническое строительство.

В настоящее время значительным модификациям подверглись экосистемы большинства малых и средних озер центра и юга ЕЧР. В этой связи еще раз необходимо подчеркнуть достаточно низкую лимнологическую изученность данных территорий. Обращает на себя внимание, что не исследуются даже многие водоемы, получающие особый охранный статус и объявленные памятниками природы. Происходящие в них процессы не фиксируются, что не позволяет своевременно принять необходимые меры по их охране. И это при том, что большинство водоемов, получающих статус памятника природы, характеризуется наличием уникальной флоры и фауны, потеря которой грозит утратой биологического разнообразия.

Необходимо отметить, что в последние десятилетия значительное снижение качества воды наблюдается и в ранее благополучных регионах — таких как Европейский северо-восток. Активное освоение здесь нефтегазовых месторождений обусловило создание развитой инфраструктуры и привело к увеличению в последние десятилетия антропогенной нагрузки на экосистемы региона; в том числе усилилось и загрязнение поверхностных вод, включая озерные.

Северо-восток ЕЧР характеризуется низкой заселенностью, однако обладает значительным экономическим потенциалом, прежде всего большими запасами нефти и газа. Здесь находится Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция, занимающая по запасам нефти 4-е место в России и являющаяся регионом крупномасштабной разведки, добычи и транспортировки нефти и газа. В пределах провинции в настоящее время открыто 83 месторождения

углеводородного сырья. Среди наиболее значимых нефтяных месторождений — Харьягинское (геологические запасы нефти оцениваются в 160,4 млн т, в контрактной зоне — 97 млн т), разрабатываемое с конца 1990-х гг., и Вал Гамбурцева. Общие запасы нефти Вала Гамбурцева — 192 млн т, извлекаемые запасы нефти — 65 млн т. Среди газовых месторождений — Василковское газоконденсатное месторождение, введенное в эксплуатацию в 1970-х гг. Глубина залегания углеводородов в пределах Печорской нефтегазоносной провинции сравнительно невелика, а физико-химические характеристики высокие, что предопределяет высокую рентабельность большинства месторождений. Наряду с богатыми нефтяными и газовыми запасами северо-восток ЕЧР обладает богатыми месторождениями каменного угля, марганца, никеля, меди, молибдена, горючих сланцев, бокситов, фосфоритов, серы, борита, флюорита, золота, алмазов.

Наблюдающееся на северо-востоке ЕЧР загрязнение вод является прежде всего следствием активно развивающейся добычи нефти и газа, в меньшей степени — разработки месторождений других видов минерального сырья, а также обуславливается отсутствием канализации и очистных сооружений в населенных пунктах, загрязнением вод р. Печора промышленными и сельскохозяйственными стоками.

Среди загрязняющих веществ, связанных с нефте- и газодобычей, приоритетными, наиболее жестко влияющими на экологическое состояние водных объектов, выступают тяжелые металлы и нефтепродукты. Загрязнение еще более усиливается из-за неудовлетворительного технического состояния трубопроводов нефтедобывающих предприятий. Только в Республике Коми в 2013 г. официально зарегистрировано 14 случаев (в 2012 г. — 7 случаев) аварийных разливов нефти и нефтепродуктов общим объемом 79,1 м³ и площадью 3465 м². Значительная часть используемых трубопроводов эксплуатируются с истекшим сроком годности. Коррозионные процессы в трубопроводах служат основной причиной их разгерметизации.

Исследование антропогенных изменений в водных объектах, связанных с проведением буровых работ, проводилось в 1990-е гг. сотрудниками ИНОЗ РАН и позволило выявить формирование на рассматриваемой территории специфических техногенных ландшафтов [19]. Мелководные озера техногенных территорий в наибольшей степени реагируют на антропогенное воздействие, которое затрагивает их функциональные особенности, что отрицательно сказывается на жизнеспособности. Наличие загрязнения озерных вод было выявлено и сотрудниками ИППЭС КНЦ РАН, изучавшими экологическое состояние озер в бассейне р. Печора в 2000—2003 гг. в рамках Международного проекта «Устойчивое развитие Печорского региона в изменяющихся условиях природы и общества». На ряде озер исследования проходили повторно, спустя несколько десятилетий после 1960-х гг., когда гидрохимический режим водоемов полностью определялся природными факторами. В рамках работ выяснилось, что содержание Fe, Cu, Mn, Al и нефтепродуктов в воде практически всех водоемов превысило значения предельно допустимых концентраций для воды водоемов рыбохозяйственного назначения [7, с. 413]. Концентрации остальных микроэлементов не превышали величин ПДК_{рбхз}. Источниками повышенного поступления Fe и Mn в озера могли быть многочисленные болота, расположенные на водоразделе Печоры. Al и Cu могли поступать в озера в результате выветривания четвертичных отложений, т. е. вследствие геохимических особенностей водосборов. Однако ряд

загрязнителей, и прежде всего обнаруженные нефтепродукты в концентрациях 110—170 мкг/л, были связаны исключительно с развитием нефтегазовой индустрии в регионе [7, с. 413—414]. Высокие концентрации нефтепродуктов наблюдались и на значительном расстоянии от основных источников их поступления, поскольку в силу своей гидрофобности они уносились вниз по течению.

Ухудшение экологического состояния озер севера и северо-востока ЕЧР связано и с возросшим загрязнением вод р. Печоры. Вода рек бассейна Печоры характеризуется в основном как «3-й класс, разряд А — загрязненная», «3-й класс, разряд Б — очень загрязненная» и «4-й класс, разряд А — грязная» [5, 6]. Река Печора и расположенные в ее бассейне водоемы всегда были богаты рыбой разных видов, однако в последние годы ее запасы стали иссякать.

С активной нефте- и газодобычей связано и аэротехногенное загрязнение водоемов, причиной которого также выступают растущие в регионе крупные центры хозяйственного освоения. Это прежде всего Воркутинский промышленный район — крупнейший очаг загрязнения атмосферы, почвы и природных вод. Ежегодный валовой выброс вредных веществ в атмосферу из двух ТЭС, цементного и железобетонного заводов, угольных шахт (Воркутинской и Воргашорской) уже в 1990-е гг. составлял 220 тыс. т (пыль, оксид углерода, диоксид серы и др.) [9, с. 254]. В 2011 г. в г. Воркута отмечался повышенный уровень загрязнения (взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, сероводород, формальдегид, бензапирен). В начале 2010-х гг. объемы промышленных выбросов с предприятий Ненецкого АО составили 158 тыс. т загрязняющих веществ (оксид углерода, диоксид серы и др.) [5, 6].

Изменения экосистем малых озер, расположенных вблизи источников загрязнений, были выявлены сотрудниками Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Большинство исследованных ими озер, расположенных в непосредственной близости к Воркуте, были оценены как загрязненные и эвтрофные. Вода многих озер была токсична, среди водорослей и ракообразных значительное развитие получили виды умеренных широт, являющиеся индикаторами загрязнения [3].

Северо-восток ЕЧР является районом перспективного освоения и попадает в зону осуществления проекта «Урал Промышленный—Урал Полярный». В основе проекта — разведка и добыча полезных ископаемых, развитие горнодобывающих и обогащательных предприятий. Его реализация приведет к еще большему загрязнению арктических озер. Поскольку северные экосистемы в силу своей упрощенности отличаются повышенной чувствительностью к любым загрязнениям и пониженной степенью устойчивости к ним, катастрофическое загрязнение озерных вод может произойти очень быстро и носить уже непоправимый характер. Его результатом станет невозможность обеспечения населения озерной питьевой водой, что практикуется в целом ряде небольших населенных пунктов. Особые опасения вызывает возможное увеличение заболеваемости местного населения, продолжающего потреблять воду низкого качества и ловить обитающую в озерно-речных системах рыбу. В этой связи еще раз необходимо подчеркнуть недостаточную лимнологическую изученность северо-востока ЕЧР и очень малое количество современных исследований, в то время как назревающие проблемы требуют значительно большего внимания к водоемам данного региона.

Закключение. Подводя итог описанию лимнологической изученности ЕЧР и анализу современного состояния расположенных здесь озерных экосистем, необходимо отметить следующее.

— К настоящему времени можно говорить, что лимнологи практически научились проводить реабилитацию водных объектов при должной законодательной поддержке и достаточном финансировании.

— Имеющийся опыт восстановления экологического состояния крупнейших озер европейской части России свидетельствует, что выработка необходимых мер требует предварительной комплексной изученности водоема. При этом реакция на проводимые меры может существенно различаться в зависимости от расположенности водоема в той или иной природной зоне, а также от его морфометрических характеристик.

— Лимнологическая изученность европейской части России пока недостаточна, причем крайне низкой изученностью характеризуются регионы, испытывающее в настоящее время усиливающееся давление на их природные ресурсы. Слабая изученность не позволяет оценить масштаб происходящих процессов и своевременно на них отреагировать.

— Важнейшими регионами промышленного освоения в настоящее время являются север и северо-восток ЕЧР, в пределах которых расположено огромное количество водных объектов, в большинстве своем малых размеров. Уязвимость таких объектов к загрязнению усиливается как в силу особенностей их морфометрии, так и в силу упрощенности северных экосистем, характеризующихся пониженной степенью устойчивости. Значительная часть населения северных территорий использует озера как источник питьевого водоснабжения и пищевых ресурсов. Потребление загрязненных вод, а также рыбы, содержащей канцерогенные вещества, может угрожать здоровью населения.

— В силу высокой величины озерности северных регионов и особой чувствительности северных водоемов к антропогенным нагрузкам существующие планы промышленного развития Арктики могут привести к катастрофическим последствиям для экосистем озер, оказавшихся в непосредственной близости к зонам освоения. Это в свою очередь отразится как на снижении биоразнообразия, так и на качестве жизни проживающего здесь населения.

— С учетом планов развития арктических регионов и при возникающих здесь в последние десятилетия серьезных экологических проблемах необходима разработка специальной программы, направленной на изучение механизмов функционирования северных озерных экосистем и оценку их устойчивости к различным загрязнителям. Итогом такой программы должна стать разработка комплекса мер по охране озерных экосистем и обеспечению проживающего здесь населения водными и рыбными ресурсами надлежащего качества.

— Для предотвращения будущих негативных нарушений экологического состояния крупнейших европейских озер, представляющих собой важнейший резерв пресной воды на северо-западе России, требуется принятие специального Федерального закона «Об охране Ладожского и Онежского озер».

— Также необходимы разработка и проведение мониторинговых исследований на всех малых и средних озерах ЕЧР, получивших особый охранный статус. Единая программа мониторинга позволит отследить процессы, происходящие на озерах, особая биологическая ценность которых уже установлена.

Список литературы

- [1] *Андреев А. П.* Ладожское озеро. В 2 ч. СПб.: В Тип. Морского министерства, 1875. Ч. I. 263 с.; Ч. II. 135 с.
- [2] Антропогенное эвтрофирование Ладожского озера. Л.: Наука, 1982. 304 с.
- [3] Биоиндикация состояния природной среды Воркутинской тундры / Тр. Коми НЦ УрО РАН. Вып. 143. Сыктывкар, 1996. 138 с.
- [4] *Бойцов А. В., Васильев В. Ю., Горбовская А. Д., Дмитриев В. В., Козлова Г. И., Кулеш В. П., Огурцов А. Н., Сергеев Ю. Н., Третьяков В. Ю.* Экосистема озера Ильмень и его поймы. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1997. 276 с.
- [5] Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2011 г.». 316 с.
- [6] Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2012 г.». 455 с.
- [7] *Даувальтер В. А., Хлопцева Е. В.* Гидрологические и гидрохимические особенности озер Большеземельской тундры // Вестн. МГТУ. 2008. Т. 11, № 3. С. 407—414.
- [8] *Измайлова А. В.* Озерные водные ресурсы европейской части Российской Федерации // Водные ресурсы. 2016. Т. 43, № 2. С. 122—133.
- [9] *Исаченко А. Г.* Региональные аспекты состояния природной среды // Состояние окружающей среды Северо-Западного и Северного регионов России. СПб., 1995. С. 244—267.
- [10] Каталог озер и рек Карелии / Под ред. Н. Н. Филатова и А. В. Литвиненко. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2001. 290 с.
- [11] *Кашулин Н. А., Сандимиров С. С., Даувальтер В. А., Кашулина Т. Г., Малиновский Д. Н., Вандыш О. И., Ильишук Б. П., Кудрявцева Л. П.* Аннотированный экологический каталог озер Мурманской области [в 2 частях]. Апатиты: Кольский НЦ РАН, 2010. Ч. 1, Ч. 2. 128 с.
- [12] *Кудерский Л. А., Румянцев В. А., Драбкова В. Г.* Экологическое состояние водной системы Онежское озеро—Ладожское озеро—река Нева // Финский залив в канун XXI века. СПб.: ИНОЗ РАН, 2000. 79 с.
- [13] Ладога (монография) / Под ред. В. А. Румянцева, С. А. Кондратьева. СПб.: Нестор-История, 2013. 468 с.
- [14] *Моисеенко Т. И., Даувальтер В. А., Лукин А.* Антропогенные модификации экосистемы озера Имандра. М.: Наука, 2002. 400 с.
- [15] Озера Карелии. Справочник / Под ред. Н. Н. Филатова, В. И. Кухарева. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2013. 464 с.
- [16] *Озерецковский Н. Я.* Путешествие по озерам Ладожскому и Онежскому Н. Озерецковского. СПб.: Тип. Имп. акад. наук, 1792. 2-е изд.: Путешествие академика Н. Озерецковского по озерам Ладожскому, Онежскому и вокруг Ильменя. СПб.: Тип. Имп. акад. наук, 1812. 559 с.
- [17] *Озерецковский Н. Я.* Путешествие на озеро Селигер. СПб.: Тип. Имп. акад. наук, 1817. 194 с.
- [18] Онежское озеро: Экологические проблемы / Отв. ред. Н. Н. Филатов. Петрозаводск, 1999.
- [19] Особенности структуры экосистем озер Крайнего Севера. (На примере озер Большеземельской тундры) / Отв. ред. В. Г. Драбкова, И. С. Трифонова. СПб.: Наука, 1994. 260 с.
- [20] *Расплетина Г. Ф., Сусарева О. М.* Биогенные элементы // Ладожское озеро — прошлое, настоящее, будущее. СПб.: Наука, 2002. С. 77—85.
- [21] *Румянцев В. А., Драбкова В. Г.* Формирование качества воды Ладожского озера в современных условиях как основа его природных ресурсов // Исследования по

ихтиологии и смежным дисциплинам на внутренних водоемах в начале XXI века (к 80-летию проф. Л. А. Кудерского). Сб. научн. тр. ГосНИОРХ, вып. 337. СПб.; М.: КМК, 2007. С. 472—482.

- [22] Румянцев В. А., Драбкова В. Г., Измайлова А. В. Озера европейской части России. СПб.: Лема, 2015. 392 с.
- [23] Forel F.-A. Le Léman. Monographie limnologique. Lausanne: F. Rouge. Vol. 1. 1892. 539 p.; Vol. 2. 1895. 651 p.; Vol. 3. 1904. 715 p.
- [24] Lake Ladoga / V. Rumyantsev, L. Kudersky, A. Izmailova. 2009. 64 p. Breaif. Web: <http://rcse.edu.shiga-u.ac.jp/gov-pro/plan/2009list>

Поступило в редакцию
13 июня 2017 г.

Limnological study of the European part of Russia in light of the problems of anthropogenic modification of lake ecosystems

© A. V. Izmailova,¹ V. A. Rumjantsev, V. G. Drabkova

Institute of limnology RAS, St. Petersburg
E-mail: ¹ ianna64@mail.ru

The level of limnological knowledge of the European part of Russia (EPR) and the current state of the lake ecosystems located on the territory are analyzed basing on the analysis of scientific and reference publications. The emphasis is made on the poor knowledge of water bodies of the regions of active industrial development. First of all, this is the North-East of the EPR, where the oil and gas complex is actively developing. Simplified arctic ecosystems are characterized by increased vulnerability to various impacts, which raises the concerns about health of the population living in these regions. Significant problems are also observed at the lakes of the center and south of the EPR, where their number is initially small, and the anthropogenic transformation of the territory causes the gradual replacement of the natural bodies by artificial ones, with the accompanying loss of biodiversity. It is concluded that there is a need to develop a special program aimed at studying mechanisms of the functioning of northern lake ecosystems, as well as adopting the unified monitoring program for lakes that have received a special conservational status.

Key words: limnological knowledge of the territory, lakes of the European part of Russia, lake ecosystems.

References

- [1] Andreev A. P. Ladozhskoe ozero. V 2 ch. SPb.: V Tip. Morskogo ministerstva, 1875. Ch. I. 263 s.; Ch. II 135 s.
- [2] Antropogennoe jevtrofirovanie Ladozhskogo ozera. L.: Nauka, 1982. 304 s.
- [3] Bioindikacija sostojanija prirodnoj sredy Vorkutinskoj tundry / Tr. Komi NC UrO RAN. Vyp. 143. Syktyvkar, 1996. 138 s.
- [4] Bojcov A. V., Vasil'ev V. Ju., Gorbovskaja A. D., Dmitriev V. V., Kozlova G. I., Kulesh V. P., Ogurcov A. N., Sergeev Ju. N., Tret'jakov V. Ju. Jekosistema ozera Il'men' i ego pojmy. SPb.: Izd-vo SPbU, 1997. 276 s.
- [5] Gosudarstvennyj doklad «O sostojanii i ob ohrane okružhajushhej sredy Rossijskoj Federacii v 2011 g.». 316 s.
- [6] Gosudarstvennyj doklad «O sostojanii i ob ohrane okružhajushhej sredy Rossijskoj Federacii v 2012 g.». 455 s.

- [7] *Dauval'ter V. A., Hlopceva E. V.* Hidrologicheskie i gidrohimicheskie osobennosti ozer Bol'shezemel'skoj tundry // Vestn. MGTU. 2008. T. 11, N 3. S. 407—414.
- [8] *Izmajlova A. V.* Ozerne vodnye resursy evropejskoj chasti Rossijskoj Federacii // Vodnye resursy. 2016. T. 43, N 2. S. 122—133.
- [9] *Isachenko A. G.* Regional'nye aspekty sostojanija prirodnoj sredy // Sostojanie ok-ruzhajushhej sredy Severo-Zapadnogo i Severnogo regionov Rossii. SPb., 1995. S. 244—267.
- [10] Katalog ozer i rek Karelii / Pod red. N. N. Filatova i A. V. Litvinenko. Petrozavodsk: Karel'skij NC RAN, 2001. 290 s.
- [11] *Kashulin N. A., Sandimirov S. S., Dauval'ter V. A., Kashulina T. G., Malinovskij D. N., Vandysh O. I., Il'jashuk B. P., Kudrjavceva L. P.* Annotirovannyj jekologicheskij katalog ozer Murmanskogo oblasti [v 2 chastjah]. Apatity: Kol'skij NC RAN, 2010. Ch. 1., Ch. 2. 128 s.
- [12] *Kuderskij L. A., Rumjancev V. A., Drabkova V. G.* Jekologicheskoe sostojanie vodnoj sistemy Onezhskoe ozero—Ladozhskoe ozero—reka Neva // Finskij zaliv v kanun XXI veka. SPb.: INOZ RAN, 2000. 79 s.
- [13] Ladoga (monografija) / Pod red. V. A. Rumjanceva, S. A. Kondrat'eva. SPb.: Nestor-Istorija, 2013. 468 s.
- [14] *Moiseenko T. I., Dauval'ter V. A., Lukin A.* Antropogennye modifikacii jekosistemy ozera Imandra. M.: Nauka, 2002. 400 s.
- [15] Oзера Karelii. Spravochnik / Pod red. N. N. Filatova, V. I. Kuhareva. Petrozavodsk: Karel'skij NC RAN, 2013. 464 s.
- [16] *Ozereckovskij N. Ja.* Puteshestvie po ozeram Ladozhskomu i Onezhskomu N. Ozereckovskogo. SPb.: Tip. Imp. akad. nauk, 1792. 2-e izd.: Puteshestvie akademika N. Ozereckovskogo po ozeram Ladozhskomu, Onezhskomu i vokrug Il'menja. SPb.: Tip. Imp. akad. nauk, 1812. 559 s.
- [17] *Ozereckovskij N. Ja.* Puteshestvie na ozero Seliger. SPb.: Tip. Imp. akad. nauk, 1817. 194 s.
- [18] Onezhskoe ozero: Jekologicheskie problemy / Otv. red. N. N. Filatov. Petrozavodsk, 1999.
- [19] Osobennosti struktury jekosistem ozer Krajnego Severa. (Na primere ozer Bol'shezemel'skoj tundry) / Otv. red. V. G. Drabkova, I. S. Trifonova. SPb.: Nauka, 1994. 260 s.
- [20] *Raspletina G. F., Susareva O. M.* Biogennye jelementy // Ladozhskoe ozero — proshloe, nastojashhee, budushhee. SPb.: Nauka, 2002. S. 77—85.
- [21] *Rumjancev V. A., Drabkova V. G.* Formirovanie kachestva vody Ladozhskogo ozera v sovremennyh uslovijah kak osnova ego prirodnyh resursov // Issledovanija po ihtologii i smezhnym disciplinam na vnutrennih vodoemah v nachale XXI veka (k 80-letiju prof. L. A. Kuderskogo). Sb. nauchn. tr. GosNIORH, vyp. 337. SPb.; M.: KMK, 2007. S. 472—482.
- [22] *Rumjancev V. A., Drabkova V. G., Izmajlova A. V.* Oзера evropejskoj chasti Rossii. SPb.: Lema. 2015. 392 s.
- [23] *Forel F.-A.* Le Léman. Monographie limnologique. Lausanne: F. Rouge. Vol. 1. 1892. 539 p.; Vol. 2. 1895. 651 p.; Vol. 3. 1904. 715 p.
- [24] Lake Ladoga / V. Rummyantsev, L. Kudersky, A. Izmailova. 2009. 64 p. Breaif. Web: <http://rcse.edu.shiga-u.ac.jp/gov-pro/plan/2009list>