

## СОСТОЯНИЕ ОЗЁРНОГО ФОНДА АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

© 2021 г. В. А. Румянцев<sup>a,b,\*</sup>, А. В. Измайлова<sup>a,\*\*</sup>, А. С. Макаров<sup>b,\*\*\*</sup>

<sup>a</sup> Институт озераедения РАН Санкт-Петербургского федерального исследовательского центра РАН,  
Санкт-Петербург, Россия

<sup>b</sup> Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт,  
Санкт-Петербург, Россия

\*E-mail: rum.ran@mail.ru

\*\*E-mail: ianna64@mail.ru

\*\*\*E-mail: makarov@aari.ru

Поступила в редакцию 14.08.2020 г.

После доработки 09.09.2020 г.

Принята к публикации 10.10.2020 г.

В свете активного освоения арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) крайне важен анализ состояния её озёрного фонда и изменений экологического состояния озёрных экосистем, ожидаемых в связи с существующими планами развития северных территорий. Такой анализ позволит сформировать программу изучения и мониторинга озёр с целью рационального использования их природного потенциала, включая обеспечение населения водой надлежащего качества и предотвращение вызванных водным фактором экологических катастроф, чреватых негативными изменениями окружающей среды и снижением биоразнообразия.

В пределах АЗРФ сконцентрировано ~2/3 всех водоёмов страны. Региональная оценка состояния озёрных экосистем АЗРФ свидетельствует, что значимые изменения охватывают в настоящее время не более половины озёр и лишь на отдельных водоёмах могут характеризоваться как чрезвычайно опасные. Однако по мере освоения Арктики количество регионов с ухудшающейся экологической ситуацией неуклонно растёт, а многие проблемы, возникающие в водных экосистемах, не решаются из-за недостатка данных. Авторами статьи выдвинуты предложения, представляющиеся им первостепенными при формировании программы развития АЗРФ. Подчёркнуто, что её реализация без должной экологической составляющей приведёт к значительному расширению географии загрязнения арктических водоёмов.

*Ключевые слова:* Арктическая зона, Стратегия развития АЗРФ, охрана окружающей среды, экологическая безопасность, озёра.

DOI: 10.31857/S0869587321020079



РУМЯНЦЕВ Владислав Александрович – академик РАН, научный руководитель ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН. ИЗМАЙЛОВА Анна Владиленовна – доктор географических наук, ведущий научный сотрудник ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН. МАКАРОВ Александр Сергеевич – доктор географических наук, профессор РАН, директор ГНЦ ААНИИ.

Российская Арктика характеризуется богатыми запасами природных ископаемых, её поэтапное сбалансированное освоение — одна из важнейших стратегических задач социально-экономического развития страны. Государственная политика в Арктике реализуется с учётом национальных приоритетов, определённых в документах стратегического планирования федерального уровня [1–3]. В числе важнейших приоритетов — повышение уровня жизни населения арктических регионов, рациональное использование их ресурсной базы и сбережение природной среды. При этом отмечается, что существующий уровень развития системы мониторинга окружающей среды Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) не соответствует новым экологическим вызовам.

Напомним, что к важнейшим составляющим природной среды, определяющим как экономический рост, так и жизнедеятельность человека, относятся водные ресурсы. В Арктике они включают воды пресных озёр, удобные в эксплуатации в условиях слабой инфраструктуры и служащие сегодня источником водоснабжения населённых пунктов. Вследствие упрощённости экосистем северные водоёмы более уязвимы к загрязнению в сравнении с озёрами других регионов, поэтому возрастающее по мере освоения АЗРФ антропогенное воздействие на них вызывает серьёзную озабоченность [4]. В этой связи основное внимание в статье фокусируется на вопросах современного состояния озёрного фонда АЗРФ, анализе изменений качества арктических озёрных вод под воздействием антропогенной активности, а также на необходимых шагах в направлении рационального использования и охраны поверхностных водоёмов Арктики, которым угрожает неконтролируемое освоение новых территорий.

### СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АРКТИЧЕСКИХ ОЗЁР

Согласно последней оценке [4], на спутниковых снимках в пределах Арктической зоны РФ дешифрируется более 2.5 млн водоёмов (около 2.1 млн в азиатской её части и менее 400 тыс. в европейской), или  $\sim 2/3$  всех водоёмов страны [5]. Около 975 тыс. опознаваемых водоёмов АЗРФ превышают по площади зеркала 1 га (такой водоём принято считать озером). Лишь  $\sim 19$  тыс. озёр имеют площадь более 1 км<sup>2</sup>, 930 относятся к категории средних (10–100 км<sup>2</sup>), 70 — к категории больших (100–1000 км<sup>2</sup>) и одно (озеро Таймыр) — великих (>1000 км<sup>2</sup>). Суммарная площадь водной поверхности арктических озёр составляет  $\sim 160$  тыс. км<sup>2</sup> [4], или чуть менее половины суммарной площади водной поверхности всех естественных водоёмов РФ. Средняя

озёрность АЗРФ — 4.2%, что в 2 раза превышает этот показатель по стране. Суммарный объём вод, заключённых в северных озёрах, оценивается в  $\sim 760$  км<sup>3</sup> [4]. На рисунке 1 представлено распределение озёрного фонда АЗРФ по субъектам федерации. Большинство водоёмов характеризуется как небольшими размерами, так и малыми глубинами. Наиболее глубокие приурочены к плато Путорана и Балтийскому кристаллическому щиту. Только в 32 самых крупных водоёмах плато Путорана сконцентрировано  $\sim 45\%$  суммарного запаса озёрных вод всей АЗРФ, в водоёмах Балтийского щита — более 11%.

В силу труднодоступности арктических регионов большинство расположенных в их пределах озёр не изучены с позиций лимнологии. При этом ситуация несколько лучше на Европейском Севере, прежде всего на Кольском полуострове. Уже в 1931 г., когда на полуострове только началось промышленное строительство, на его озёрах работали Кольская комплексная экспедиция АН СССР и экспедиция Государственного гидрологического института [6–9]. Как результат, к сегодняшнему дню по большинству крупных водоёмов Кольского полуострова и севера Республики Карелия наряду с современными наличествуют и качественные ретроспективные данные. На остальной части АЗРФ лимнологические исследования проводятся редко и охватывают очень небольшое количество водоёмов. По нашей приближённой оценке, какие-либо данные измерений имеются лишь по чуть более 5% озёр площадью свыше 1 км<sup>2</sup>. Разрозненные данные, накопленные на протяжении XX и двух десятилетий XXI в. благодаря экспедиционным работам научно-исследовательских и проектных институтов страны, с одной стороны, позволяют получить общие представления о происходящих в арктических водоёмах процессах, в том числе связанных с антропогенной деятельностью, но, с другой — они крайне недостаточны для того, чтобы эти процессы до конца осмыслить и в условиях активного освоения Арктической зоны обеспечить поддержание необходимого качества озёрных вод, используемых для питьевого водоснабжения и рыболовства.

Ещё в середине XX столетия озёра российской Арктики, за редким исключением, характеризовались высочайшим качеством вод. Однако к настоящему времени, когда география разработки месторождений углеводородов и других полезных ископаемых заметно расширилась, экологическое состояние многих водоёмов существенно ухудшилось. Среди первых арктических регионов, освоение рудных месторождений которых сопровождалось значительными экологическими изменениями, — Кольский полуостров и север Центральной Сибири. В 1930-х годах происходило бурное развитие инфраструктуры Мурманской об-



**Рис. 1.** Распределение количества дешифрируемых водоёмов (а), площади водной поверхности (б) и объёмов озёрных вод (в) по субъектам Федерации, входящим в АЗРФ согласно Указу Президента РФ от 27 июня 2017 г. № 287 “О внесении изменений в Указ Президента Российской Федерации от 2 мая 2014 г. № 296 “О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации”.

ласти, связанное со строительством апатито-нефелиновой обогатительной фабрики на берегу озера Вудъявр и медно-никелевого предприятия на берегу озера Имандра. В то же время на севере Центральной Сибири началось промышленное строительство в связи с освоением Норильского медно-никелевого месторождения. В 1940–1950-е годы на Кольском полуострове были введены в строй горнорудные и металлургические комбинаты, начались разработка месторождения железных руд и добыча лопарита [10, 11]. К началу 1950-х годов на лидирующие позиции в цветной металлургии страны вышел Норильский комбинат.

Активное развитие горнодобывающей и перерабатывающей промышленности привело к значительной антропогенной нагрузке на поверхностные воды северных регионов. Наряду с существенным химическим загрязнением природных вод происходило их антропогенное эвтрофирование. Однако поскольку до середины XX в. концепции освоения окружающей среды характеризовались высокой степенью антропоцентричности, особого внимания вопросам экологии не уделялось. Лишь со второй половины прошлого века, когда экологическая обстановка в ряде регионов страны ухудшилась, началось отслеживание различных контролируемых показателей, в том числе состава и свойств водной среды, обеспечивающих её сохранность в пригодном для хозяйственного использования состоянии. Принятие действенных природоохранных мер в арктических регионах приходится на 1980-е годы. При этом необходимо отметить, что, если на Кольском полуострове благодаря проведению обширных лимнологических изысканий с начала его освоения такие меры позволили частично приостановить негативные процессы в водной среде, то в Норильском регионе проблемы экологического состояния озера Пясино, принимающего часть сточных вод горно-металлургического про-

изводства, и закисления водоёмов Таймырского полуострова вследствие колоссального аэротехногенного загрязнения, вызываемого деятельностью ГМК “Норильский никель”, стоят крайне остро и не решены до настоящего времени [11].

Однако и загрязнение озёр Кольского полуострова остаётся актуальной проблемой. На его водные объекты приходится около 80% всех случаев высокого и экстремально высокого загрязнения в континентальной Арктической зоне РФ [12]. Тысячи тонн минеральных солей, взвешенных веществ, биогенных элементов, сотни тонн тяжёлых металлов продолжают поступать в озёра со стоками горнопромышленного комплекса [13]. Кроме того, происходит аэротехногенное загрязнение территории за счёт переноса некоторых из этих веществ воздушными массами. Находящиеся в зоне влияния промышленных предприятий природные комплексы испытывают деградацию на всех уровнях организации, прежде всего это сказывается на озёрах центральной и западной части полуострова, где сконцентрировано основное производство [14].

Со второй половины XX в. в азиатской части страны ведётся активная разработка месторождений углеводородов. В конце века, наряду с уже освоенной Западно-Сибирской нефтегазоносной провинцией, началось освоение Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. В регионах нефте- и газопромыслов формируются специфические техногенные ландшафты, а расположенные здесь мелководные озёра постепенно деградируют [15]. Неконтролируемое загрязнение приводит к изменению их функциональных особенностей и отрицательно сказывается на жизнеспособности обитающих в них организмов. В настоящее время повышенные концентрации нефтепродуктов наблюдаются не только в водоёмах, расположенных вблизи центров нефте- и

газодобычи, но и на значительном расстоянии от них, так как, в силу гидрофобности, разносятся с речным стоком на дальние расстояния [16].

Важнейшую роль в загрязнении, а также в закислении арктических водоёмов играет и аэротехногенное загрязнение территории, ассоциированное с растущими центрами хозяйственного освоения. В начале 2010-х годов объёмы промышленных выбросов предприятий Ненецкого автономного округа составили 158 тыс. т загрязняющих веществ (оксид углерода, диоксид серы и др.) [17]. Благодаря глобальным и локальным атмосферным переносам происходит значительное закисление водоёмов севера Западной Сибири [18]. Его опасность заключается не только в негативном воздействии на водные организмы, но и в изменениях геохимических циклов элементов, увеличивающих концентрацию и токсичность тяжёлых металлов [19]. Исследования, проведённые на водоёмах Надым-Пурского междуречья [20] с целью выявления экологических изменений в водных экосистемах Ямало-Ненецкого автономного округа, не подверженных прямому антропогенному воздействию, показали, что воды 18% обследованных малых озёр имеют признаки антропогенного закисления, выражающиеся в низких значениях pH и цветности при преобладании сульфатов в анионном составе.

Несмотря на низкую лимнологическую изученность северных территорий, работы, выполненные в последние десятилетия специалистами различных институтов и организаций, позволяют составить сводную таблицу, демонстрирующую современное состояние озёрного фонда субъектов Федерации, входящих в АЗРФ. Отметим, что эта таблица – результат подробного обобщения современной лимнологической литературы, выполненного в ИНОЗ РАН в ходе подготовки монографий по озёрам России [10, 21]. Как видно из таблицы, в настоящее время во всех субъектах Федерации, расположенных в пределах АЗРФ, значительные изменения охватывают менее половины озёр и лишь на отдельных водоёмах могут характеризоваться как чрезвычайно опасные. Для сравнения, преобладающее большинство озёр центра и юга европейской части России существенно загрязнены.

Наименее загрязнены водоёмы восточной части Арктической зоны, наибольшее загрязнение испытывают озёра Мурманской области, Ямало-Ненецкого и Ненецкого автономных округов, городских округов Воркута (Республика Коми) и Норильск (Красноярский край). В силу повышенной чувствительности арктических водоёмов к антропогенной нагрузке существующее положение вещей вызывает опасения, особенно с учётом планов дальнейшего развития Арктики, предполагающих, что количество созданных на

новых предприятиях рабочих мест к 2035 г. увеличится на 200 тыс. [3]. Это приведёт к росту и общей численности населения АЗРФ, которое на 1 января 2019 г. составляло лишь 1.66% населения страны. Миграционный приток будет сопровождаться развитием инфраструктуры, что не только увеличит антропогенное давление на окружающую среду, но и повысит требования к её состоянию. Следует с сожалением отметить, что на большинстве территорий, входящих в АЗРФ, показатели смертности трудоспособного населения, младенческой смертности, а также общей заболеваемости хуже общероссийских или средних по субъектам Российской Федерации [22].

В опубликованной нами статье [4] указывается на существенное значение водного фактора в формировании здоровья человека на Севере России. Особую обеспокоенность в этой связи вызывает состояние здоровья коренного населения, образ жизни которого предполагает потребление воды без специальной обработки. Рыболовство здесь – важнейший вид деятельности, не только обеспечивающий пропитание семей, но и носящий коммерческий характер. Без соответствующих гидроэкологических изысканий и мониторинговых работ удовлетворение потребностей местного населения в качественной питьевой воде не представляется возможным.

#### ОЖИДАЕМЫЕ РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОЗЁРНОГО ФОНДА

Стратегия развития АЗРФ (далее – Стратегия) предусматривает формирование новых и развитие действующих минерально-сырьевых центров; разработку новых нефтегазовых провинций и трудноизвлекаемых запасов углеводородного сырья, глубокую переработку нефти, производство сжиженного природного газа и газохимической продукции; комплексное развитие инфраструктуры северного морского транспортного коридора и строительство авто- и железнодорожных магистралей, обеспечивающих кратчайшие пути сухопутных грузоперевозок. География планируемых работ наибольшим образом затронет озёрные экосистемы Мурманской области, Ненецкого и Ямало-Ненецкого автономных округов, муниципальных образований Республики Коми, Красноярского края и Республики Саха. В меньшей степени существующие планы отразятся на водоёмах Чукотского автономного округа, муниципальных образований Республики Карелия и Архангельской области. Наиболее интенсивное развитие планируется в той части Арктики, которая характеризуется повышенной озёрностью.

Кратко рассмотрим региональные изменения озёрного фонда, к которым могут привести планы развития АЗРФ в случае отсутствия должного

Таблица 1. Современное состояние озёрного фонда Арктической зоны РФ

Регион	Основные виды хозяйственной деятельности, сказывающиеся на экологическом состоянии озёрных экосистем											Основные изменения, произошедшие с озёрными экосистемами					
	Токсическое загрязнение, связанное с промышленными стоками	Токсическое загрязнение, связанное с сельскохозиственными стоками	Загрязнение, связанное с транспортировкой нефти и газа	Аэротехногенное загрязнение	Транзитное загрязнение с речным стоком	Загрязнение за счёт геологических разведывательных и строительных работ	Модификация озёрных систем, связанные с гидротропностью	Уничтожение естественных ландшафтов, сказывающиеся на режиме озёр	Биогенное загрязнение, связанное с сельскохозиственными стоками	Загрязнение за счёт коммунальных стоков	Рекреационная нагрузка	Токсическое загрязнение водоёмов	Апификация водоёмов	Антропогенное загрязнение	Затопление	Инвазии	Снижение рыбных ресурсов
Мурманская область	2	0	0	2	0	1	1	1	0	1	0	2	2	1	0	1	2
Районы Республики Карелия в рамках АЗРФ	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
Районы Архангельской обл. в рамках АЗРФ	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Ненецкий автономный округ	1	0	2	2	1	0	1	0	1	0	2	1	1	1	1	1	1
Районы Республики Коми в рамках АЗРФ	1	0	2	2	1	0	1	0	1	0	2	1	1	1	1	1	1
Ямало-Ненецкий автономный округ	1	0	2	2	2	0	1	0	0	0	0	2	2	1	1	1	1
Районы Красноярского края в рамках АЗРФ	2	0	0	2	1	0	1	0	1	1	1	2	2	0	1	1	1
Районы Республики Саха в рамках АЗРФ	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Чукотский автономный округ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Условные обозначения: 0 – загрязнение отсутствует или незначительное; 1 – загрязнение охватывает менее 20% озёр, выражено некатастрофично; 2 – загрязнение охватывает от 20 до 50% озёр, имеет значительные последствия; 3 – загрязнение охватывает более половины водных объектов, опасное.

мониторинга водных объектов и принятия на его основе необходимых мер по сохранению качества природных вод. На Мурманскую область приходится чуть менее 4% территории Арктической зоны РФ, вместе с тем в настоящее время здесь проживает около 1/3 её населения. Согласно Стратегии, наряду с комплексным развитием морского порта Мурманск как мультимодального транспортного хаба, увеличивающего количество рабочих мест и способствующего миграции в область трудоспособного населения, на Кольском полуострове предполагается развитие действующих, а также формирование новых сырьевых центров. Уже указывалось, что современное экологическое состояние озёрного фонда Мурманской области можно охарактеризовать как проблемное (см. таблицу), а осуществляемый комплекс мер – как недостаточный. По данным Федеральной службы государственной статистики [23], на конец 2010-х годов заболеваемость населения Мурманской области в 1.12 раза превосходит среднюю по стране, так же как и количество опасных заболеваний, выявленных у детского населения.

Благодаря чрезвычайному богатству Кольского полуострова, запланированное развитие здесь действующих и создание новых сырьевых центров при достаточной финансовой поддержке может происходить относительно быстро. В связи с этим стоит неотложная задача принятия ещё более жёстких природоохранных мер, гарантирующих сохранение природной среды на уровне, обеспечивающем необходимые параметры качества жизни населения. Требуется организация системы постоянного мониторинга водных объектов, прежде всего озёр, расположенных в непосредственной близости к центрам добычи и переработки сырья. В ином случае процессы токсического загрязнения, закисления и эвтрофирования охватят уже более половины водоёмов области, а экосистемы ряда крупнейших озёр, в силу территориальной близости к ним большинства промышленных центров, достигнут особо опасного состояния. Негативные процессы затронут и озёра, расположенные в намеченных в Стратегии туристическо-рекреационных кластерах.

Водоёмы севера Карелии испытывают относительно небольшую антропогенную нагрузку. Большинство сточных вод здесь относится к органо-минеральным и биогенным загрязнителям, вызывающим усиление эвтрофирования водоёмов, но его темпы пока невелики. В рамках Стратегии наряду с формированием и развитием кластера по глубокой переработке древесины на севере Карелии предполагается освоение и развитие минерально-сырьевых центров на базе Восточно-Карельской медно-золото-молибдено-ворудной зоны. Представляется, что намеченные планы не сильно отразятся на состоянии озёрно-

го фонда. Геолого-геофизическая изученность Сумозёрско-Кенозёрской металлогенической зоны пока неравномерна, так что следует ожидать продолжения геолого-разведывательных работ. Наибольшие перспективы имеет освоение в ближайшее время рудного поля Лобаш, объединяющего молибден-порфиоровое месторождение Лобаш и непосредственно примыкающее к нему с северо-востока месторождение золота Лобаш-1. Для обеспечения экологической безопасности в районе разработки месторождений будет полезно провести гидрохимические и гидробиологические исследования, аналогичные проводимым сотрудниками Института водных проблем Севера КарНЦ РАН на водоёмах реки Кенти, вблизи Костомукшского ГОКа, где уже в первые десятилетия после его пуска во всех озёрах системы отмечалось увеличение минерализации воды, изменение её ионного состава, а также сообществ гидробионтов [24, 25].

Не следует ожидать значительного ухудшения экологического состояния озёр континентальной части Архангельской области. Основные предприятия, оказывающие в настоящее время влияние на её водные ресурсы, сконцентрированы в устье Северной Двины и привязаны к расположенным здесь городским центрам. Реализация планов строительства предприятий деревообрабатывающей отрасли и целлюлозно-бумажной промышленности и модернизации морского порта Архангельск усилит процессы эвтрофирования городских водоёмов, расположенных приблизительно в тех же локациях. В свою очередь развитие свинцово-цинкового минерально-сырьевого центра на архипелаге Новая Земля, в силу высокой токсичности данного производства, может существенно отразиться на экологическом состоянии водоёмов Южного острова, расположенных вблизи Павловского месторождения. Огромная минерально-сырьевая база месторождения, хорошая обогатимость руд, их неглубокое залегание и возможности карьерного способа отработки делают проект перспективным и относительно быстро реализуемым [26]. Между тем его экологическая обоснованность вызывает вопросы.

По количеству озёр Ненецкий автономный округ (НАО) лидирует в европейской части Арктики, хотя среди них и очень мало крупных. Округ слабо заселён (здесь проживает менее 50 тыс. человек), однако обладает значительным экономическим потенциалом. Он находится в северной части Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, в пределах которой открыто 83 месторождения углеводородного сырья. Начало их активного освоения пришлось на конец XX в. и сопровождалось значительными изменениями в природной среде и водных экосистемах, на что указывают проведённые здесь исследования [15, 16]. Стратегия освоения АЗРФ включает планы развития дей-

ствующих и формирования новых нефтяных и газоконденсатных минерально-сырьевых центров на базе местных месторождений; строительство глубоководного морского порта Индига и реконструкцию порта Нарьян-Мар, а также соединение их с материком железнодорожной и автомобильными магистралями. Без должного контроля реализация этих проектов приведёт к ещё большему масштабу загрязнения водоёмов округа, быстро распространяемому за счёт водного и аэротехногенного переноса, и обострит проблемы взаимодействия с местным населением.

Наряду с сокращением ареалов оленеводческих пастбищ местные жители сталкиваются с ухудшением экологической обстановки, снижением качества воды и сокращением рыбных запасов. Уже в 2010-е годы напряжение в отношениях между коренными жителями и нефтяными компаниями вызвали планы разработки Харьянгинского и Кумжинского месторождений, строительства трубопроводов и морских перевозок нефти из посёлка Варандей [27]. Проведение масштабных гидрологических и лимнологических работ может улучшить отношения с местными жителями. Оно должно быть привязано к территориям основных разрабатываемых месторождений, охватывать и ранее исследовавшиеся водоёмы НАО: озёра Харбейской системы и Вашуткинские озера, внесённые в теневой список водноболотных угодий международного значения; озёра Косминской системы, также внесённой в этот список; озёра Инзерейского и Хоседаюсского районов, расположенные в регионе промышленной активности; озёра Пильненской группы; Просундуйские озёра. Большое значение имеет обследование озёр, имеющих культурное значение и являющихся претендентами на включение в туристический кластер, таких, как Городнецкое озеро, на берегах которого находятся древнее поселение Югорская сопка и древнерусское городище Кобылиха.

В пределах Республики Коми в арктическую зону включена территория городского округа Воркута, являющегося одним из крупнейших промышленных центров российской Арктики и очагом загрязнения близлежащих территорий, в том числе воздушным путём. В округе проживает около 75 тыс. человек, что более чем в 1.5 раза превосходит население соседнего НАО. Здесь планируется: развитие угольных минерально-сырьевых центров на базе Печорского угольного бассейна; формирование и развитие нефтегазовых минерально-сырьевых центров на базе Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции; геологическое изучение и развитие минерально-сырьевой базы твёрдых полезных ископаемых; создание горно-металлургического комплекса по переработке титановых руд и кварцевых песков Пижемского месторождения; формирование

Парнокского железомарганцевого минерально-сырьевого центра. Реализация столь масштабных планов приведёт к усилению токсического загрязнения и закислению водоёмов не только в пределах городского округа Воркута, но, за счёт расширения зоны выпадения кислотных осадков, и на соседних территориях. Это обострит вопросы экологической безопасности, потребует проведения соответствующих гидрологических изысканий, может быть, совместных с работами на территории НАО. При этом, исходя из розы ветров, наибольший интерес будет представлять состояние озёр, расположенных к северу и северо-востоку от Воркуты. Кроме того, намеченные планы по формированию кластера активного природного туризма на Полярном и Приполярном Урале (в том числе на территории национального парка «Югыд ва») требуют продолжения проводившихся ранее исследований [28, 29] и на его озёрах.

Следует ожидать также значительного расширения географии загрязнения на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО). Уже в 1960-е годы в Тазовском районе северо-западной Сибири были открыты обширные месторождения газа, а на полуострове Ямал разведаны богатые запасы углеводородов. Начало их промышленного освоения пришлось на 1990–2000-е годы, и к настоящему времени регион обеспечивает большую часть производства российского природного газа. Открыты 133 месторождения нефти, из которых разрабатываются 33. Согласно Стратегии, в пределах округа планируется расширение производства сжиженного природного газа на полуостровах Ямал и Гыдан; освоение месторождений газа Обской губы; развитие Новопортовского нефтегазоконденсатного и Бованенковского газоконденсатного минерально-сырьевых центров, освоение Тамбейской группы месторождений; развитие нефте- и газохимических производств и формирование многопрофильного комплекса газопереработки и нефтехимии.

В настоящее время на территории ЯНАО выделены следующие основные антропогенные факторы, влияющие на экологическое состояние озёр: добыча, разведка и транспортировка нефти и газа; строительные работы по обустройству газовых месторождений; аэротехногенное загрязнение; климатические изменения антропогенного характера, влияющие на изменения термокарстовых процессов и термоэрозии [20]. Происходит химическое загрязнение поверхностных вод, закисление водоёмов, характеризующихся здесь низкой кислотонейтрализующей способностью, изменение гидрологического и гидрохимического режимов водоёмов, заиливание донных грунтов, замутнение воды, что в итоге вызывает сокращение видового разнообразия и упрощение структуры различных групп гидробионтов. На ряде озёр наблюдаются при-

знаки антропогенного эвтрофирования. Изменение температурного и влажностного режимов грунтов приводит к изменению их состава, строения и свойств, что, в свою очередь, вызывает активизацию криогенных процессов [30], результатом которых становятся антропогенные изменения количества и площади арктических водоёмов. Активное хозяйственное освоение ЯНАО предвещает резкое усиление экологических проблем и количественные изменения озёрного фонда. При отсутствии постоянного мониторинга водных объектов загрязнение озёр, расположенных вблизи промышленных центров, может произойти очень быстро. Необходимо также учитывать и аэротехногенное загрязнение территории, приводящее к закислению водоёмов, расположенных на значительном расстоянии от промышленных центров. Как результат, масштаб загрязнения водных объектов ЯНАО за несколько десятилетий достигнет уровня соседнего с ним Ханты-Мансийского автономного округа, и, в силу повышенной уязвимости к загрязнению арктических экосистем, может его превзойти.

В пределах муниципальных образований Красноярского края, входящих в АЗРФ, основным центром промышленного загрязнения является Норильский горнодобывающий и металлургический комбинат. Кислотные дожди, выпадающие на севере Красноярского края, приводят к закислению водоёмов и другим негативным изменениям среды на значительной части Таймырского полуострова. В последние десятилетия предприняты меры по снижению выбросов за счёт модернизации очистных сооружений и сокращения отдельных производств. Дан старт «Серному проекту», согласно которому суммарные выбросы диоксида серы к 2023 г. должны сократиться на 75%. Согласно Стратегии, в пределах края планируется создание и развитие нефтяного минерально-сырьевого центра на базе месторождений Западного Таймыра; создание Западно-Таймырского углепромышленного кластера; дальнейшее развитие Норильского промышленного района, включающее увеличение числа промышленных площадок в Красноярском крае; создание минерально-сырьевого центра на базе Попигайского месторождения технических алмазов; освоение ресурсов Таймыро-Североземельской золотоносной провинции. Внушает надежду, что в планах развития Норильского промышленного района специально выделена необходимость применения технологий, обеспечивающих пониженное образование вредных веществ. В то же время география токсического загрязнения региона расширяется за счёт освоения новых минерально-сырьевых, а также нефтяных месторождений Таймыра. В этой связи следует подчеркнуть крайне недостаточную лимнологическую изученность севера Красноярского края, на порядок

уступающую изученности соседнего Ямало-Ненецкого автономного округа, водоёмы которого в последние десятилетия активно исследуются. Озёра Таймырского полуострова требуют организации сети наблюдений практически с нулевого уровня, но с опорой на данные экспедиций, проводившихся здесь ранее [31, 32].

Загрязнённость озёр, расположенных во входящей в АЗРФ северной части Республики Саха, пока относительно небольшая и носит локальный характер. Однако отмечается, что расположенные здесь водоёмы характеризуются низкой степенью устойчивости к любым загрязнениям и даже при относительно невысоком антропогенном прессе быстро деградируют [33], из-за чего уже в настоящее время в ряд населённых пунктов республики приходится доставлять воду из водоёмов, расположенных на больших расстояниях от поселений. Согласно Стратегии, в пределах Якутии предполагается развитие минерально-сырьевых центров Анабарского и Ленского бассейнов; россыпных месторождений алмазов на территории Анабарского, Булунского, Оленекского районов; Западно-Анабарского нефтяного минерально-сырьевого центра; освоение минерально-сырьевой базы твёрдых полезных ископаемых Янского бассейна; разработка Краснореченского месторождения углей и производство строительных материалов на базе месторождений Индигирского бассейна; развитие Зырянского угольного минерально-сырьевого центра. География работ велика, и их осуществление создаёт опасность токсического загрязнения и эвтрофирования вод на обширных территориях. Кроме того, освоение региона будет сопровождаться изменениями термокарстовых процессов и термоэрозии и вызывать активизацию криогенных процессов, результатом которых явятся антропогенные изменения количества и площади озёр.

Загрязнённость озёрных вод Чукотского автономного округа в сравнении с другими регионами минимальна и привязана к основным центрам добычи сырья, прежде всего – золотодобычи [21, 34]. В последние годы правительством Чукотки взят курс на диверсификацию добывающей промышленности округа. Предполагается развитие Баимского и Пыркакайско-Майского минерально-сырьевых центров драгоценных и цветных металлов. Среди месторождений Баимской медно-порфировой зоны наиболее разведано месторождение Песчанка, уже начато строительство горно-обогатительного комбината, запуск которого намечен на 2023 г. В ближайшее время планируется освоение и месторождения олова Пыркакайские штокверки Валькумей-Телекайской металлогенической зоны. Токсичность указанных видов минерально-сырьевых ресурсов не столь высока, однако проведение гидрологических и лимнологических изысканий в регионах их разработки



представляется целесообразным, поскольку в условиях слабой инфраструктуры население вынуждено потреблять воду практически без очистки.

### ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ ШАГИ В ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Представленная выше информация свидетельствует прежде всего о том, что, несмотря на документы официальных органов, призывающие к применению сбалансированного эколого-экономического подхода к освоению природы, в реальности он остаётся благим пожеланием. Приоритет отдаётся планам хозяйственно-экономического развития, а проблемы рационального природопользования и охраны окружающей среды уходят на второй план. Иначе чем можно объяснить тот факт, что интенсивное антропогенное вторжение в окружающую среду АЗРФ происходит практически при полном отсутствии информации о современном состоянии арктических водоёмов? Между тем такая информация может быть получена ещё на стадии инженерных изысканий. Реально ли в таком случае говорить о ведении рационального природопользования и предлагать охранные меры, разработка которых должна опираться на данные мониторинга хотя бы за короткий период наблюдений? Причина такого недопустимого положения связана, видимо, с тем, что крупным компаниям экономически выгоднее оплатить штраф за причинённый окружающей среде ущерб, чем выделять средства на проведение предварительных изысканий, обеспечивающих экологическую безопасность их деятельности. А ведь объективная оценка ущерба, нанесённого природной среде, требует знания её исходного состояния. Отсутствие такого знания открывает возможность получения заниженных величин.

Природно-ресурсный потенциал северных водоёмов с его запасами пресной воды велик, однако из-за слабой изученности остаётся недооценённым (подробно эти вопросы рассмотрены в работах [4, 5, 10, 21]). Этот потенциал также включает в себя биологические ресурсы, запасы сапропеля, а ещё — рекреационные, воднотранспортные, энергетические, водохозяйственные ресурсы. Ниже вкратце остановимся на некоторых из них, а также на первоочередных шагах, которые следует предпринять в области рационального использования и охраны северных водоёмов в условиях планируемого социально-экономического подъёма АЗРФ.

Среди биологических ресурсов особого внимания требуют рыбные запасы. В арктических озёрах обитают рыбы таких высокоценных пород, как чир, таймень, муксун, ряпушка, пелядь, голец, сиг и др. [35–37]. Самое многочисленное по

количеству видов семейство — сиговые, отличающиеся высокой приспособляемостью к местным условиям обитания и в то же время высокой чувствительностью к загрязнению водной среды. Несмотря на то, что рыбопродуктивность малых северных озёр невелика, что связано со слаборазвитой кормовой базой в условиях высоких широт, ряд средних и больших озёр можно охарактеризовать как высоко рыбопродуктивные. Поставленная в рамках Программы освоения АЗРФ задача создания условий для повышения эффективности добычи водных биологических ресурсов и их освоения может решаться не только за счёт морских акваторий, но и озёрных. Дополнительный вклад в повышение добычи рыб высокоценных пород может внести их искусственное разведение в арктических водоёмах, что особенно важно на фоне наблюдающегося в последние десятилетия катастрофического снижения их запасов в сибирских реках. Как местная, так и выращиваемая рыба весьма чувствительна к загрязнению водной среды, поэтому для успешного развития внутреннего рыбного промысла в арктической зоне так важно обеспечить охрану рыбопродуктивных водоёмов от антропогенных воздействий.

Северные пресноводные озёра обладают запасами сапропелей — донных осадков, которые непрерывно образуются в процессе гумификации подвергшихся седиментации остатков фауны, флоры и почвенных частиц перегноя и их физико-химических преобразований в анаэробных условиях. Сапропели представляют собой сложную по химическому составу многокомпонентную систему биогенного происхождения, в которой присутствуют все необходимые органические вещества, благодаря чему они нашли широкое применение в качестве сорбентов и сырья в химической промышленности, биостимуляторов — в медицине, биодобавок и удобрений — в сельском хозяйстве. Запасы сапропеля в арктических озёрах пока никем серьёзно не исследовались. Вряд ли можно ожидать, что они будут сравнимы по мощности с многометровыми залежами, встречающимися в ряде озёр Русской равнины. Вместе с тем для Арктической зоны, с учётом намеченных планов её освоения, их может оказаться вполне достаточно для применения в недропользовании и сельском хозяйстве. Первое связано с развитием топливно-энергетической базы. В этом случае перспективно использование сапропеля в качестве дисперсной добавки в буровых растворах при бурении газовых и нефтяных скважин [38]. Второе вызвано необходимостью развития местного агропромышленного комплекса, без которого будет сложно полностью обеспечить полноценное питание увеличивающегося населения АЗРФ. В экстремальных условиях Арктики для сельского хозяйства весьма полезными могут стать препараты, полученные из сапропелей на основе инно-

вационных технологий, применимых как в сфере растениеводства — с целью обогащения полезными соединениями бедных гумусовым веществом северных почв, так и в животноводстве и оленеводстве — в виде биологически активных добавок, способствующих приросту веса и укреплению иммунной системы молодняка [39]. Всё это способствовало бы решению поставленной в рамках Программы по освоению АЗРФ задачи увеличения местного производства сельскохозяйственного сырья, поэтому на изучение запасов сапропеля в арктической зоне и возможностей его использования и сохранения следует обратить определённое внимание.

Заметный интерес может представлять и туристическо-рекреационный потенциал арктических озёр, базирующийся на их необычайной, строгой красоте, рыбном богатстве, наличии на их акватории множества водоплавающих птиц, а по берегам — диких зверей. В привязке к озёрам, на которых может быть организована лицензионная любительская рыбная ловля и охота, а также к водоёмам, имеющим эстетическое, культурно-историческое, культурно-этнографическое и экологическое значение, могут быть созданы туристическо-рекреационные кластеры. При современной слабой транспортной инфраструктуре отдых на озёрах представляет интерес преимущественно для живущего на Севере населения. Однако строительство дорог и развитие аэропортовых комплексов, запланированные в рамках Программы по освоению АЗРФ, могут вызвать рост туристического потока, приносящего дополнительные инвестиции. При этом необходимо обеспечить сохранение чистоты северных водоёмов и их биологического разнообразия.

Заканчивая обсуждение вопроса природного потенциала северных озёр, ещё раз подчеркнём, что арктические пресноводные объекты весьма чувствительны к любым видам антропогенных воздействий. В силу упрощённости водных экосистем, каждый присутствующий в них вид гидробионтов по-своему уникален, его гибель может негативно отразиться на состоянии всей экосистемы и её восстановительной способности. Поэтому перед российским научным сообществом стоит ответственная задача сформировать и реализовать междисциплинарную программу работ, направленную на обеспечение рационального использования и сохранности арктических водоёмов в условиях всё возрастающего антропогенного воздействия. Особое внимание в ней должно быть уделено вопросам ресурсного потенциала и экологии северных водоёмов, анализу механизмов перестройки озёрных экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов.

На состояние арктических водоёмов заметное влияние оказывает и потепление климата, наибо-

лее выраженное именно в высоких широтах [40]. Оно приводит к активизации криогенных процессов и оттаиванию вечной мерзлоты на значительных по площадям территориях, что в итоге отражается на озёрном фонде. При этом характер происходящих изменений различен. В зоне сплошного распространения многолетнемерзлых грунтов Западной Сибири одними специалистами было выявлено увеличение, другими — уменьшение площади термокарстовых озёр, а в зоне прерывистого распространения — сокращение озёрной площади и единичные примеры спуска водоёмов. Для Восточной Сибири отмечались незначительные разнонаправленные изменения: сокращение площади одних и увеличение площади других озёр [41, 42]. В этой связи намеченная в рамках Стратегии система мониторинга и предупреждения негативных последствий деградации многолетней мерзлоты может быть дополнена организацией наблюдений за изменениями озёрного фонда АЗРФ, связанными с активизацией криогенных процессов в регионах хозяйственного освоения.

В зависимости от характера потепления и орфографических особенностей той или иной территории изменение озёрного фонда может продолжаться длительное время, в течение которого представляется возможным наблюдать за появлением новых и переформированием или исчезновением существующих водоёмов. В экосистемах озёр кроме типичных представителей можно ожидать появления нехарактерных для арктических зон видов гидробионтов. При этом на фоне происходящих в озёрах процессов не исключено проявление череды событий инверсионного характера, когда их изначальное развитие в одном направлении будет резко сменяться на противоположное.

Для лимнологов процесс образования озёр и формирования их экосистем представляет значительный научный интерес. Чем-то схожие события, только большего масштаба, происходили в голоцене в период оттаивания и схода последнего четвертичного оледенения, когда формировались озёра северо-западной Европы. Историю тех событий сегодня приходится восстанавливать по косвенным палеолимнологическим сведениям. На фоне происходящих в настоящее время значимых климатических изменений представляется уникальная возможность изучать переформирование озёр и эволюцию водных экосистем АЗРФ в реальном времени, и ею важно грамотно воспользоваться. По нашему мнению, наблюдения за названными процессами можно включить в сферу деятельности на особо охраняемых природных территориях, уже созданных и планируемых. При этом важно, чтобы наблюдения носили междисциплинарный комплексный характер и кроме водной акватории осуществлялись также

на водосборе, памятуя, что водоём и его водосбор по существу представляют единую динамически связанную природную систему. Научно-исследовательские работы целесообразно проводить силами создаваемых в арктических регионах научно-образовательных центров. Это позволит повысить уровень подготовки специалистов в области рационального использования и охраны природной среды для работы в АЗРФ.

Кроме наблюдений за состоянием озёр и их экосистем желательнее также организовать мониторинг изменений озёрного фонда АЗРФ и её отдельных регионов. Для этого необходимо, во-первых, скоординировать его с намеченной в рамках Стратегии развития АЗРФ системой мониторинга и предупреждения негативных последствий деградации многолетней мерзлоты и, во-вторых, включить его в план работ по развёртыванию высокоэллиптической космической системы, обеспечивающей получение гидрометеорологических данных высокого временного разрешения по полярному региону Земли. Такая система планируется к запуску на втором этапе реализации стратегии в 2025–2030 гг.

\* \* \*

Планируемое регулярное повышение доли внутренних затрат на научные исследования в Арктике и инвестиций в основной капитал, направленных на охрану и рациональное использование природных ресурсов, требует активного обсуждения и поддержки научной общественностью. Предложенные шаги полностью отвечают задачам, поставленным в рамках научно-технологического обеспечения Стратегии развития АЗРФ, охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности Арктической зоны. На наш взгляд, их реализация будет способствовать снижению и предотвращению негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду Арктической зоны Российской Федерации.

#### ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена в рамках государственного задания ИНОЗ РАН по теме № 0154-2019-0004 “Закономерности распределения озёр по территории Евразии и оценка их водных ресурсов”.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа Российской Федерации “Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации”. Утверждена постановлением Правительства РФ от 21 апреля 2014 г., № 366 (в редакции постановления Правительства РФ от 31 августа 2017 г., № 1064). <http://gov.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm>
2. Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 г. Утверждены Указом Президента РФ от 5 марта 2020 г., № 164. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73606526/#1000>
3. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года. Проект, одобренный на оперативном совещании Совета Безопасности Российской Федерации от 26 декабря 2019 г. (протокол от 3 января 2020 г.) и внесённый в Правительство РФ 07.05.2020.
4. Румянцев В.А., Измайлова А.В., Крюков Л.Н. Состояние водных ресурсов озёр Арктической зоны Российской Федерации // Проблемы Арктики и Антарктики. 2018. № 1. С. 84–100.
5. Измайлова А.В. Водные ресурсы озёр Российской Федерации // География и природные ресурсы. 2016. № 4. С. 5–14.
6. Крохин Е.М., Семенович Н.Н. Материалы к познанию оз. Умбозера (гидрохимическая характеристика, прозрачность, планктон и бентос) / Материалы к изучению вод Кольского п-ва. Апатиты, 1940. Сб. № 1. Рукопись. Фонды Кольского НЦ АН СССР. С. 151–191.
7. Семенович Н.Н. Гидрологические исследования озера Имандра в 1930 г. / Матер. к изучению водоёмов Кольского п-ва. Мурманск, 1940. Сб. 1. С. 98–150.
8. Шапошникова Г.Х. Материалы по питанию рыб озёр Имандра и Умбозера / Материалы к изучению вод Кольского п-ва. Апатиты, 1940. Сб. № 1. Рукопись. Фонды Кольского НЦ АН СССР. С. 279–292.
9. Вельтищев П.А. Фауна и флора литорали Ловозера в связи с питанием рыб озера / Материалы к изучению вод Кольского п-ова. Апатиты, 1940. Сб. № 1. Рукопись. Фонды Кольского НЦ АН СССР. С. 338–365.
10. Румянцев В.А., Дробкова В.Г., Измайлова А.В. Озёра европейской части России. СПб.: Изд-во Лема, 2015.
11. Иванов В.В., Румянцева Е.В. Многолетняя изменчивость годового стока воды и химических веществ Норило-Пясинской водной системы в условиях антропогенного воздействия // Вода: химия и экология. 2011. № 12. С. 23–28.
12. Государственный доклад “О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году”. М.: Минприроды России; НИИ-Природа, 2017.
13. Кашулин Н.А., Денисов Д.Б., Валькова С.А. и др. Современные тенденции изменений пресноводных экосистем Евро-Арктического региона // Труды Кольского НЦ РАН. Прикладная экология севера. 2012. № 1. С. 6–54.
14. Моисеенко Т.И., Яковлев В.А. Антропогенные преобразования водных экосистем Кольского Севера. Л.: Наука, 1990.
15. Особенности структуры экосистем озёр Крайнего Севера (на примере озёр Большеземельской тунд-

- ры) / Отв. ред. В.Г. Драбкова, И.С. Трифонова. СПб.: Наука, 1994.
16. *Даувальтер В.А., Хлопцева Е.В.* Гидрологические и гидрохимические особенности озёр Большеземельской тундры // Вестник МГТУ. 2008. Т. 11. № 3. С. 407–414.
  17. Государственный доклад “О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2011 году”. М.: НИА-Природа, 2012.
  18. *Ермилов О.М., Грива Г.И., Москвин В.И.* Воздействие объектов газовой промышленности на северные экосистемы и экологическая стабильность геотехнических комплексов в криолитозоне. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002.
  19. *Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А.* Формирование химического состава вод озёр в условиях изменения окружающей среды. М.: Наука, 2010.
  20. *Агбалян Е.В., Хорошавин В.Ю., Шинкаур Е.В.* Оценка устойчивости озёрных экосистем Ямало-Ненецкого автономного округа к кислотным выпадениям // Вестник Тюменского гос. ун-та. Экология и природопользование. 2015. Т. 1. №1 (1). С. 45–54.
  21. *Измайлова А.В.* Озёра России: закономерности распределения, ресурсный потенциал. СПб.: Папирус, 2018.
  22. *Ревич Б.А., Харьковская Т.Л., Кваша Е.Л., Никитина С.Ю.* Особенности смертности и продолжительности жизни городского населения арктических регионов России в 1999–2009 годах // Экология человека. 2011. Вып. 8. С. 15–24.
  23. Здравоохранение в России. Статистический сборник. М.: Росстат, 2017.  
[http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1139919134734](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1139919134734) (дата обращения 30.01.2018).
  24. *Калинкина Н.М., Кухарев В.И., Морозов А.К., Рябинкин А.В.* Современное состояние водоёмов системы реки Кенти // Водная среда Карелии: исследования, использование и охрана. Петрозаводск: Изд-во Карельского НЦ РАН, 2003. С. 53–59.
  25. Состояние водных объектов Республики Карелия по результатам мониторинга 1998–2006 гг. Петрозаводск: Изд-во Карельского НЦ РАН, 2007.
  26. *Малютин Е.И., Ширококов В.Н.* Минерально-сырьевые ресурсы Архангельской области // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2006. № 4. С. 3–10.
  27. *Мурашко О.А.* Коренные народы Арктики и “народы Севера”: история, традиции, современные проблемы // Арктика: экология и экономика. 2011. № 3(3). С. 90–105.
  28. Биоразнообразие экосистем Полярного Урала. Сыктывкар, Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2007.
  29. *Патова Е.Н., Стерлягова И.Н., Сивков М.Д. и др.* Разнообразие и количественные характеристики фитопланктона разнотипных озёр Приполярного Урала (Северо-Восток европейской части России) // Альгология. 2014. Вып. 24(3). С. 404–408.
  30. *Якубсон К.И., Корниенко С.Г., Разумов С.О. и др.* Геоиндикаторы изменения окружающей среды в районах интенсивного освоения нефтегазовых месторождений и методы их оценки // Георесурсы. Геоэнергетика. Геополитика. Электронный научный журнал. 2012. Вып. 2. № 6. 20 с. <http://www.oil-gasjournal.ru>
  31. География озёр Таймыра / Отв. ред. В.Н. Адаменко, А.Н. Егоров. Л.: Наука, 1985.
  32. *Фёдоров Г.Б., Большаков Д.Ю.* Эволюция озёр п-ова Таймыр в позднем неоплейстоцене и голоцене / Тезисы докладов итоговой сессии Учёного совета ААНИИ. Вып. 12. Санкт-Петербург, 2002. С. 91–92.
  33. *Легостаева Я.Б., Сивцева Н.Е., Дягилева А.Г. и др.* Эколого-геохимическая оценка состояния территорий наиболее крупных населённых пунктов Якутии // Проблемы региональной экологии. 2011. № 4. С. 49–54.
  34. Природа и ресурсы Чукотки. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 1997.
  35. *Черешнев И.А.* Пресноводные рыбы Чукотки. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2008.
  36. *Мельниченко И.П., Богданов В.Д.* Оценка изменения рыбного населения водоёмов и водотоков полярной части Урала и Западного Ямала // Аграрный вестник Урала. 2008. № 10. С. 85–87.
  37. *Романов В.И.* Ихтиофауна плато Путорана // Фауна позвоночных животных плато Путорана. М.: Наука, 2004. С. 29–89.
  38. *Румянцев В.А., Митюков А.С., Крюков Л.Н., Ярошевич Г.С.* Уникальность свойств гуминовых веществ сапропеля // Доклады академии наук. 2017. Т. 473. № 6. С. 1–4.
  39. *Митюков А.С., Румянцев В.А., Крюков Л.Н., Ярошевич Г.С.* Сапропель и перспективы его использования в аграрном секторе экономики // Общество, среда, развитие. 2016. № 2. С. 110–114.
  40. *Логинов В.Ф.* Глобальные и региональные изменения климата: причины, последствия и адаптация хозяйственной деятельности // География и природные ресурсы. 2014. Вып. 1. С. 13–24.
  41. *Кравцова В.И., Быстрова А.Г.* Изменение размеров термокарстовых озёр в различных районах России за последние 30 лет // Криосфера Земли. 2009. № 2. С. 16–26.
  42. *Кирпотин С.Н., Полищук Ю.М., Брыксина Н.А.* Динамика площадей термокарстовых озёр в сплошной и прерывистой криолитозонах Западной Сибири в условиях глобального потепления // Вестник Томского университета. 2008. № 311. С. 185–189.