

2. Оценка экологического состояния рек бассейна Ладожского озера по гидрохимическим показателям и структуре гидробиоценозов /Под ред. Трифионовой И.С. – СПб.: Лема, 2006. – 130 с.

3. Ладога /Под ред. Румянцев В.А., Кондратьева С.А. – СПб.: Нестор-История, 2013. – 468 с.

## **УРОВЕНЬ ВОДЫ ВОДНОЙ СИСТЕМЫ «ЛАДОГА – НЕВА – НЕВСКАЯ ГУБА» В СОВРЕМЕННЫХ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Румянцев В.А., Трапезников Ю.А.

Институт озероведения РАН, г. Санкт-Петербург  
trapeznikov@inbox.ru

Исследован механизм изменчивости уровня воды водной системы «Ладога – Нева – Невская губа» под воздействием формирующих факторов: колебания и изменения климата, эвстатические колебания уровня Мирового океана, тектонические и изостатические движения участков земной коры, возрастающая антропогенная нагрузка на водосборе системы. Показано, что климатически обоснованное падение уровня Ладоги сопровождается разнонаправленными тектоническими перемещениями северных и южных берегов озера на фоне изменения уровня воды Невской губы под воздействием увеличения уровня Мирового океана. Разработаны научно обоснованные рекомендации по принятию административных мер для предотвращения негативных последствий функционирования водной системы.

Анализ изменчивости уровня Ладожского озера под воздействием климатических факторов (температуры воздуха и атмосферных осадков и тектонического смещения берегов и дна озера) показал, что в XX веке на водосборе Ладожского озера произошло повышение температуры воздуха на 1.6 °С, сопровождаемое увеличением атмосферных осадков на 86 мм (14.8 %). При таком климатическом потеплении уровень Ладоги имел устойчивую тенденцию понижения. Численными расчетами установлено, что климатически обусловленное падение уровня Ладоги составило 65 см за 100 лет. Климатически обусловленное падение уровня Ладоги сопровождалось устойчивым тектоническим погружением южного побережья со скоростью 15 см в 100 лет. Примерно с такой же скоростью про-

исходил тектонически обусловленный подъем северного побережья озера. Разнонаправленность тектонических перемещений северных и южных берегов послужила дополнительным фактором ускорения падения уровня северного побережья и замедления его падения на южном побережье. Для прогностических оценок уровня Ладожского озера к концу XXI века использованы прогнозные оценки климата по климатическим моделям [1]. Сценарные климатические параметры (температура воздуха, атмосферные осадки) использованы в стохастических моделях передаточных функций и водного баланса озер [2] для расчета сценарных прогнозов уровня Ладоги. Показано, что при осуществлении сценариев, которые задают условия близкие к современному развитию промышленности и антропогенного выброса парниковых газов, к концу XXI века произойдет климатически обусловленное падение уровня Ладоги на 76 см, т.е. оно будет близко к изменению уровня, которое было в XX веке. По сценарию, который близок к верхнему пределу возможной эмиссии парниковых газов, возможно падение уровня на 136 см.

Приведенные оценки уровня Ладоги представляют среднее положение уровня озера за 30 лет. Ранее в работах [3–5] было показано, что внутри 30-летнего цикла происходит устойчивое чередование маловодных и многоводных фаз. В XX веке высотный разброс этих фаз составляет 120 см. При сохранении в текущем XXI веке высотного разброса фаз водности озера следует ожидать падение уровня в маловодную фазу ниже отметки 300 см БС. Такое падение уровня озера будет сопровождаться уменьшением стока р. Невы в 2–2.5 раза по сравнению с существующим. При повышении уровня моря в Невской губе с одновременным уменьшением уровня Ладожского озера существует реальная возможность проникновения вод Невской губы в котловину озера. Таким образом, при значительных подъемах уровня Невской губы существует реальная угроза проникновения загрязненных вод Невской губы в Ладогу. Для сохранения Ладожского озера водоемом с чистой пресной водой будет необходимо строительство защитной дамбы в истоке р. Невы. Возведение дамбы повысит уровень Ладоги и защитит озеро от проникновения вод Финского залива и Невской губы. Высота дамбы зависит от высоты УМО: чем выше уровень Мирового океана, тем выше дамба.

Воды дельты реки Невы поступают на невское взморье, представляющее собой систему отмелей. Пройдя отмели, невские

воды поступают в широкий мелководный водоём – Невскую губу. Сравнительно недавно Невская губа была восточной частью Финского залива. Её границей на востоке было устье р. Невы, на западе граница проходила по линии г. Ломоносов – остров Котлин – г. Лисий Нос. С окончанием строительства защитной дамбы, проходящей по западной границе Невской губы, и в связи с расширением границ города с включением г. Кронштадт в городскую черту Санкт-Петербурга Невская губа превратилась во внутренний водоём мегаполиса. В значительной степени решив проблему защиты города от морских наводнений, дамба породила комплекс новых проблем. До строительства защитных сооружений скорости стокового течения в зоне транзита невыходных вод составляли 4-10 см/сек с уменьшением скорости у северного и южного берегов. Это приводило к образованию у них застойных зон. Строительство защитных сооружений обусловило возникновение участков с усилением скоростей перед водо- и судопропускными отверстиями и уменьшение скоростей перед глухими частями плотины, что привело к образованию новых застойных зон, расширение которых, а также интенсивная жилищная и административная застройка прибрежных территорий существенно изменили качество воды Невской губы.

Рациональное освоение прибрежных территорий требует знания механизмов формирования уровня воды Невской губы. Для этой цели исследован механизм формирования вековой, внутривековой и короткопериодной изменчивости уровня воды Невской губы под влиянием формирующих факторов: изменение уровня Мирового океана, вертикальные тектонические движения земной коры на водосборе системы, антропогенная нагрузка, сток р. Невы. Показано, что на современном этапе функционирования рассматриваемой водной системы совокупное воздействие формирующих факторов приводит к подтоплению побережья Невской губы и исторической части г. Санкт-Петербурга, расположенной на островах дельты р. Невы.

Проведённый аналитический обзор прогнозов возможных изменений климата, выполненных по моделям климатическим и общей циркуляции атмосферы, показал, что, несмотря на большую неопределённость этих прогнозов и значительный разброс оценок климатов будущего, все климатические прогнозы показывают продолжение начавшегося климатического потепления. Продолже-

ние глобального климатического потепления будет сопровождаться повышением уровня Мирового океана, которое будет происходить за счёт уменьшения массы горных ледников, таяния морских льдов и шельфовых ледников. По оценкам Межправительственной группы экспертов по изменению климата уровень Мирового океана может повыситься на 30–80 см к концу текущего столетия. Повышение уровня Мирового океана приведет к подтоплению прибрежных территорий российского побережья Финского залива, Невской губы, дельты р. Невы. Вполне реально подтопление г. Санкт-Петербурга, его окрестностей, расположенных в Приневской впадине, береговых сооружений в г. Кронштадте, проникновение загрязненных вод Невской губы в котловину Ладожского озера.

Существует реальная необходимость принятия срочных административных мер по предотвращению негативных последствий климатического потепления и возрастающей антропогенной нагрузки. Среди них основными являются следующие: прекращение уплотнительной и высотной застройки исторической части города, которая расположена в зоне тектонического погружения земной коры; прекращение высотного строительства в низменной прибрежной зоне губы; выделение охранной зоны по всему побережью Невской губы и дельты р. Невы с последующим ее преобразованием в парковую зеленую зону; перенос жилищного и ведомственного строительства на возвышенные участки побережья; высотное жилищное строительство проводить только с учетом тектонической структуры побережья вне зоны тектонических разломов.

#### Литература

1. *Арне К., Бергстон Л., Голицын Г.С., Ефимова Л.К., Мохов И.И., Семенов В.А., Хон В.Ч.* Анализ изменений гидрологического режима на водосборе Ладожского озера и стока Невы в XX и XXI веках // Метеорология и гидрология. – 2000. – № 12. – С. 5-13.
2. *Румянцев В.А., Трапезников Ю.А.* Стохастические модели гидрологических процессов. – СПб.: Наука, 2008. – 152 с.
3. *Леонов Е.А.* Космос и сверхдолгосрочный прогноз. – СПб.: Алетейя, Наука, 2010. – 352 с.
4. *Румянцев В.А., Трапезников Ю.А.* Обоснование механизма формирования коротко-периодных климатических циклов гидро-

метеорологических процессов // Известия Русского географического общества. 2012. Т. 144. Вып. 3. – С. 3–12.

5. Румянцев В.А., Трапезников Ю.А. Короткопериодные климатические циклы гидрометеорологических процессов // Вода и водные ресурсы: системообразующие функции в природе и экономике. Сборник научных трудов Всерос. науч. конф., 23–28 июля 2012 г., г. Цимлянск. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012. – С. 117–122.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА И ЕГО ПРИТОКОВ С ПОМОЩЬЮ ИЗОТОПНЫХ ИНДИКАТОРОВ**

Румянцев В.А.<sup>1</sup>, Рыбакин В.Н.<sup>1</sup>, Токарев И.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт озероведения РАН, г. Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Научный парк Санкт-Петербургского государственного университета,

Ресурсный центр «Геомодель», г. Санкт-Петербург

v.n.rybakin@gmail.com

Ладожское озеро, крупнейший пресноводный водоем Европы, имеет важное экономическое значение для северо-западного региона Российской Федерации, являясь транспортной артерией, источником водоснабжения (через р. Неву), рыбопромысловым и рекреационным объектом. Соответственно, принципиальным оказывается построение такого механизма управления водными и биологическими ресурсами в бассейне озера, который учитывал бы состояние водоема, включая процессы, протекающие в нем самом и притоках.

Широкий спектр работ зарубежных групп исследователей указывает на высокую эффективность подходов, базирующихся на исследовании водных объектов с помощью изотопных методов [1–4], однако в России эти методы пока слабо освоены. Наше исследование основывается на использовании информации о глобальных изотопных трассерах (environmental isotopes) для количественной оценки условий формирования водного баланса и качества воды в Ладожском озере.

В данной публикации представлены промежуточные результаты первого этапа работ, включающего изучение водного баланса Ладожского озера по изотопному составу воды (содержаниям дейтерия –  $\delta^2\text{H}$  и кислорода-18 –  $\delta^{18}\text{O}$ ). Полученные в 2012–2014 гг. данные отражают вариации изотопного состава воды в озере и его притоках, а также средний подекадный (за каждые 10 дней) изотоп-