

14. Куликова Т.П., Полякова Т.Н. Вислянская И.Г. Оценка экологического состояния водоемов и качества воды по гидробиологическим показателям // Современное состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1992-1997 гг. Петрозаводск: изд-вл КарНЦ РАН, 1998. С. 23.-25.

15. Калинин Н. М., Белкина Н. А., Полякова Т. Н., Сярки М. Т. Биоиндикация состояния глубоководных участков Петрозаводской губы Онежского озера по показателям макрозообентоса // Водные ресурсы. 2013. Т.40, №5. С. 488-495.

16. Borodulina G.S., Belkina N.A. Study of the geochemical anomalies at the water-sediment boundary in subaqueous groundwater discharge zones in lake Onega // Book of abstract. 32<sup>nd</sup> congress of the international society of limnology. Budapest. August 4-9, 2013. P. 191.

17. Сидорова А.И., Калинин Н.М. Инвазия байкальской амфиподы *Gmelinoides fasciatus* в Онежское озеро. Сезонная динамика популяционных показателей. Lap Lambert Academic Publishing. 2015. 80 с.

18. Березина Н.А., Панов В.Е. Вселение байкальской амфиподы *Gmelinoides fasciatus* (Amphipoda, Crustacea) в Онежское озеро // Зоологический журнал. Т. 82, № 6, 2003. С. 731-734.

## **ОПЫТ СОЗДАНИЯ СХЕМ ЗАМЕРЗАНИЯ И ВСКРЫТИЯ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА**

Каретников С.Г.

Институт озероведения РАН, г. Санкт-Петербург

sergeyka55@mail.ru

Для крупных димиктических озёр большое значение имеет период существования на их поверхности ледовых явлений. Разнообразие ледового режима крупного озера обусловлено в основном различием тепловых потоков через поверхность воды в зимний период, а так же распределением глубин, и определяется региональной характеристикой суровости зимы. Даже тонкий ледяной покров сильно уменьшает теплоотдачу с поверхности воды, и, наоборот, существование в озере длительное время участка с открытой водой истощает его теплозапасы, что сказывается на тепловом режиме озера в весенний период.

Длительные наблюдения за ледовым режимом могут стать индикатором локального климата. Проведенный анализ сроков появления и исчезновения компактных ледяных образований, общей продолжительности ледовых явлений в Ладожском озере и продолжительности полного ледостава, а также их межгодовых вариаций может быть полезен для оценки теплового режима Ладожского озера в зимний период.

Ладожское озеро – крупнейшее в Европе димиктическое озеро с общей площадью 18 тыс км<sup>2</sup>, объемом 840 км<sup>3</sup>, средней глубиной 47 м и максимальной глубиной 233 м. Более полугода (с начала ноября по конец мая) на поверхности воды Ладожского озера могут наблюдаться ледовые явления.

Регулярные наблюдения за пространственным распределением льда на Ладожском озере проводятся с 1943 года. По этим наблюдениям и данным метеопостов были составлены первые схемы районов по срокам замерзания и вскрытия Ладожского озера [1]. До 1992 года ледовые авиаразведки осуществлялись Гидрометслужбой примерно 2 раза в месяц и публиковались картосхемы покрытости Ладожского озера льдом с указанием его сплоченности [2,3]. Начиная с 1971 года, в добавление к авиаразведкам стали появляться снимки из космоса, позволившие составить схемы замерзания и вскрытия озера при различных направлениях преобладающих ветров [4]. В настоящее время спутниковые снимки являются основным материалом для изучения степени покрытости озера льдом. В Институте озероведения РАН имеется архив картосхем ледовых авиаразведок СЗ УГКС до 1992 года. С 1996 года материалы о покрытости озера льдом, были получены из архива информации ИКИ РАН спутников серии NOAA километрового разрешения. За последние 15 лет появилась возможность получать информацию со спутника MODIS 250-и метрового разрешения, а с 2015 года в свободном доступе появилась информация радиолокатора с синтезированной апертурой (SAR) с европейского спутника Sentinel-1. Прием и обработка многоканальной информации с различных спутников имеет несомненную ценность в оперативных и научных целях. Динамика увеличения числа съемок за год приведена на рис. 1; в среднем за весь период наблюдений производилось 20 съемок за год при максимальном значении 51 в 1994 г. Чаще всего съемки производились в феврале и марте, что связано с хорошей ясной погодой в районе озера, устанавливающейся в эти месяцы.

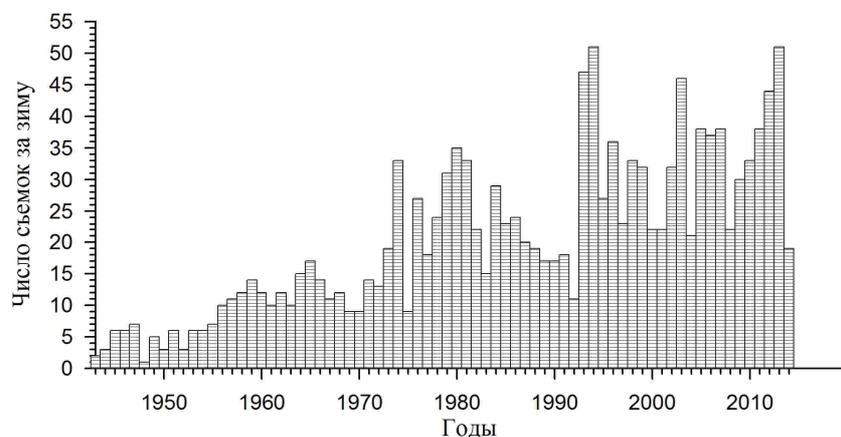


Рис. 1 – Количество ледовых съемок по годам

В процессе подготовки данных о степени покрытости озера льдом была составлена электронная форма более 830 авиа и спутниковых съемок за период с 1964 по 2015 гг.

Поверхность Ладожского озера разбивалась на 178 ячеек со сторонами 10х10 км. Для каждого квадрата с точностью 10% указывался процент покрытости его льдом. Организованные таким образом данные позволили провести их статистический анализ и построить типичные хронологические схемы среднего многолетнего процесса становления и разрушения льда Ладожского озера.

К данным о степени покрытости каждого квадрата льдом за все годы была применена процедура декадного осреднения со сдвижкой на 5 дней и построен сезонный ход изменения средней величины ледовитости. Изменение указанной величины аппроксимировалось двумя линейными зависимостями для процессов увеличения и уменьшения покрытости квадрата льдом. Даты полного покрытия квадрата льдом и даты начала его разрушения получались по аппроксимационным зависимостям для 95% покрытости квадрата льдом. На рис. 2. представлены средние изменения ледовитости для разных по расположению на озере квадратов, способ получения дат установления полного (95%) ледостава и начала его разрушения. В некоторых квадратах, как показано на рис. 2(а) по осредненным за многолетие данным, полный ледостав наступает на очень короткое время или, как показано на рис. 2(в) вообще не наступает.

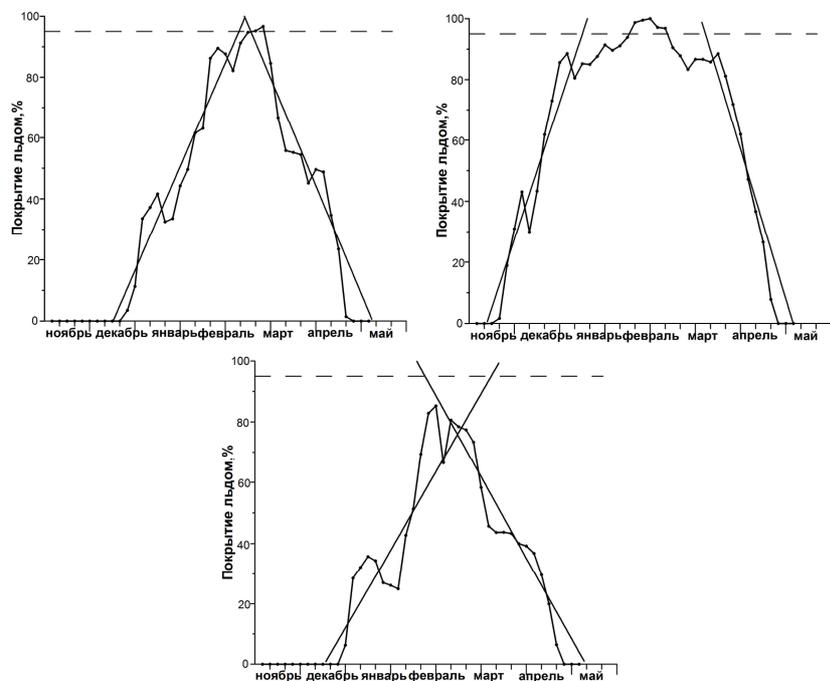


Рис. 2 – Примеры линейных аппроксимаций процессов нарастания и разрушения льда в квадратах, расположенных в центре (а), у восточного (б) и западного (в) берегов

В среднем изменение покрытости озера льдом на 10% при замерзании и при вскрытии происходит за 13 дней. Быстрее всего процесс покрытия льдом происходит в бухте Петрокрепость, в Волховской и Свирской губах. По средним многолетним данным там ледостав устанавливается за один месяц (с середины ноября до середины декабря). Медленнее всего увеличение покрытости льдом происходит на акватории, расположенной 20-30-ти километровой полосой вдоль устьев южных заливов. Лед на этой акватории периодически устанавливается и разрушается на протяжении двух месяцев с середины декабря до середины февраля. Основная акватория озера, как следует из рис. 3 (а), замерзает меньше чем за месяц с середины февраля до середины марта. В северо-западной части озера по материалам осредненных многолетних наблюдений вода покрывается льдом частично или в отдельные годы остается полынь чистой воды. Аналогично для каждого из 178 квадратов рас-

считывалась и дата начала разрушения льда, схема которого представлена на рис. 3 (б).

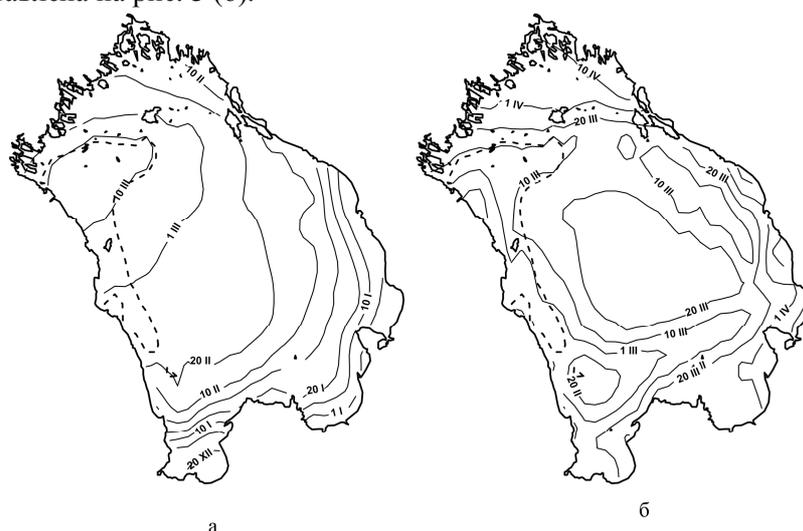


Рис. 3 – Типичные изохронны установления полного ледостава (а) и начала его разрушения (б) (пунктирной линией обозначен район с неполным ледоставом)

Отрыв большого ледяного поля в центральной части озера от припая и образование участков чистой воды между льдиной и припаяем в первой декаде марта свидетельствует о начале процесса разрушения льда. К концу марта ветром разрушается центральное ледяное поле и очищается ото льда большая часть бухты Петрокрепость и Волховской губы. В апреле полный ледостав можно наблюдать лишь в Свирской губе, вдоль восточного берега и в части озера севернее о-ва Валаам. Как правило, к маю озеро полностью очищается ото льда.

Для каждого из 178 квадратов можно определить продолжительность полного ледостава (как разность между датами установления ледостава и начала разрушения льда), представленную на рис. 4. В среднем по озеру продолжительность полного ледостава составляет 33 дня. Как уже отмечалось выше, в северо-западной части озера имеется акватория, не регулярно или не полностью покрываемая льдом. Дольше всего (около 4 месяцев) полностью покрыты льдом Волховская и Свирская губы, ледостав в них образуется раньше и позже разрушается.



Рис. 4 – Средняя многолетняя продолжительность полного ледостава, (сут.)

По материалам многолетних наблюдений за ледовыми условиями были рассчитаны типичные пространственные распределения сроков начала, конца и продолжительности полного ледостава Ладожского озера. Полученные схемы кардинально отличаются от предложенных ранее, как по срокам, так и по пространственному положению изохрон замерзания, вскрытия и продолжительности ледостава озера. Результаты работы дают общее представление о ледовом режиме озера, позволяют детализировать расчеты теплового баланса для зимнего периода и проводить сравнение реальной ледовой обстановки со средней многолетней характеристикой зимы по ледовым условиям.

### Литература

1. Молчанов И.В. Ладожское озеро. Гидрометеиздат, Л., 1945, С. 407-451
2. Медрес П.Л. Ледовый режим Ладожского озера по материалам авиаразведок. Труды ГГИ., Гидрометеиздат, Л. 1957, вып. 66. С. 92-140.
3. Лебедев В.В., Медрес П.Л. Ледовый режим Ладожского озера

по материалам авиаразведок. Сборник работ ГМО., Л., 1966, вып.3. С. 135-182.

4. Усачев В.Ф., Прокачева В.Г., Бородулин В.В. Оценка динамики озерных льдов, снежного покрова и речных разливов дистанционными средствами. – Л.: Гидрометеиздат, 1985.-103 с.

## **ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОЙ БИОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА РОССИЙСКУЮ АКВАТОРИЮ ФИНСКОГО ЗАЛИВА И ЕЕ СООТВЕТСТВИЕ МЕЖДУНАРОДНЫМ ТРЕБОВАНИЯМ**

Кондратьев С.А.

Институт озераведения РАН, г. Санкт-Петербург  
kondratyev@limno.org.ru

Финский залив – одна из наиболее загрязнённых акваторий Балтийского моря [1]. В ноябре 2007 г. на сессии Хельсинкской комиссии (ХЕЛКОМ) принят План действий по Балтийскому морю (ПДБМ) [2], который должен представлять собой долговременную стратегию оздоровления Балтийского моря. По результатам математического моделирования с использованием шведской модели экосистемы Балтийского моря MARE NEST для Финского залива определены максимально возможные нагрузки общим фосфором ( $P_{\text{общ}}$ ) и общим азотом ( $N_{\text{общ}}$ ) в размере 4860 т P/год и 106 680 т N/год с территории водосбора, расположенного в России, Финляндии и Эстонии [2]. ПДБМ предполагает установление в будущем платы за избыточное поступление биогенных веществ в Балтийское море от каждой страны. Указанный факт придает особую актуальность вопросу о выполнении научно-обоснованной оценки современного уровня биогенной нагрузки на Финский залив со стороны России.

Цель настоящей работы – оценка нагрузки  $P_{\text{общ}}$  и  $N_{\text{общ}}$  на российскую часть акватории Финского залива с водосбора за период 2012-2013 гг. на основе данных мониторинга, по результатам специальных полевых исследований и с привлечением методов математического моделирования, а также оценка соответствия современных значений биогенной нагрузки требованиям ПДБМ.

Биогенная нагрузка на Финский залив, поступающая через российскую береговую линию с 80% площади водосбора залива, формируется следующими источниками:

1. вынос из Ладожского оз. со стоком р. Невы;