

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ КЛИМАТ ОЗЕРА ИЛЬМЕНЬ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX – НАЧАЛЕ XXI СТОЛЕТИЙ

В.Д. Бойцов¹, д-р геогр. наук, А.П. Педченко², канд. геогр. наук

¹Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства им. Л.С. Берга, Санкт-Петербург, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Москва, Россия

HYDROLOGICAL CLIMATE OF LAKE ILMEN IN THE SECOND HALF OF XX – BEGINNING OF XXI CENTURIES

V.D. Boitsov¹, Dr. Sc., A.P. Pedchenko², Cand.Sc.

¹Berg State Research Institute on Lake and River Fisheries, St. Petersburg, Russia

²Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), Moscow, Russia

Анализируется динамика гидрологического климата озера Ильмень за 1945—2016 гг. с помощью интегрального индекса, учитывающего изменчивость температуры воды, уровня и температуры воздуха. Выделены длительные периоды климатических изменений и установлен уровень их потепления и похолодания.

The variability of the hydrological climate of Lake Ilmen is analyzed for the period 1945—2016, using an integral index that takes into account the variability of water temperature, water level and air temperature. Long periods with different climatic conditions are identified and the degree of warming and cooling during them is determined.

Озеро Ильмень относится к бассейну Балтийского моря и расположено на западе Новгородской области. Оно входит в европейскую систему великих озер. Гидрологический режим оз. Ильмень считается уникальным, поскольку имеет большой коэффициент удельного водосбора (61) и амплитуду колебаний уровня около 7,5 м. Эти показатели значительно превышают таковые многих континентальных водоемов страны. Для Новгородской области озеро является важным хозяйственным объектом, при этом особое значение имеет рыбный промысел.

Для анализа многолетней динамики климата морских водоемов был предложен интегральный индекс, который учитывает суммарную изменчивость основных климатообразующих факторов. Такие исследования были проведены для Баренцева, Белого и Балтийского морей [2, 4].

Основными индикаторами гидрологического климата крупных континентальных водоемов, таких как озера и водохранилища, могут являться температура воды и уровень, а для высоких и средних широт еще и ледовые условия. При отсутствии данных о ледовитости можно использовать температуру воздуха, поскольку этот физический параметр в холодную часть года во многом определяет ледовый режим пресноводных водоемов.

Для исследования особенностей гидрологического климата оз. Ильмень в 1945—2016 гг. анализировался интегральный климатический индекс (КИ), учитывающий динамику теплового состояния водных масс и уровня, данные которых усреднены за май-октябрь, а также средней температуры воздуха Великого Новгорода в январе-апреле. Формула, по которой он рассчитывался, имеет следующий вид:

$$КИ = \sum [(T_w - \bar{T}_w) / \sigma_{T_w} + (L - \bar{L}) / \sigma_L + (T_a - \bar{T}_a) / \sigma_{T_a}], \quad (1)$$

где КИ — интегральный климатический индекс (безразмерная величина); T_w , L , T_a — соответственно значения температуры воды (°C), уровня (см) оз. Ильмень в мае-октябре, температуры воздуха (°C) в январе-апреле; \bar{T}_w , \bar{L} , \bar{T}_a — средние многолетние за 1945-2016 гг. значения соответственно температуры воды, уровня озера, температуры воздуха; σ_{T_w} , σ_L , σ_{T_a} — среднеквадратические отклонения соответственно температуры воды, уровня озера, температуры воздуха.

Расчеты показали, что взнос температуры воды в многолетнюю динамику КИ оз. Ильмень за 1945—2016 гг. составляет 38%, температуры воздуха 33%, уровня 28%. В многолетних

колебаниях трех показателей, за исключением уровня, выявлен восходящий линейный тренд.

С 1945 по 1958 г. значения КИ оз. Ильмень в основном были отрицательными, а его средняя величина составила $-1,8$ (рис. 1), поскольку в этот период наблюдался пониженный тепловой фон его вод в безледный период и воздушных масс в холодный сезон. Средняя же высота уровня озера превысила норму на 37 см (таблица 1). Максимум похолодания климата пришелся на 1945—1952 гг.

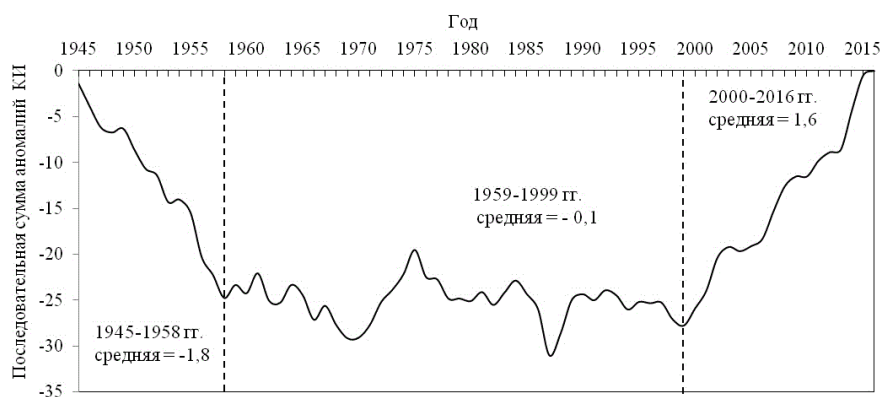


Рис. 1. Изменение последовательной суммы аномалий КИ оз. Ильмень в 1945—2016 гг. и их средние значения для 3-х периодов с различным климатическим фоном

Таблица 1. Средние значения аномалий температуры воды ($^{\circ}\text{C}$), высоты уровня (см), температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и КИ оз. Ильмень в различные климатические фазы

Параметр	Периоды, годы		
	1945—1958	1959—1999	2000—2016
температура воды	$-0,7$	$-0,2$	$1,0$
высота уровня	$37,1$	$8,4$	$-10,3$
температура воздуха	$-1,2$	$-0,2$	$1,4$
климатический индекс	$-1,8$	$-0,1$	$1,6$

В 1959—1999 гг. при частой смене непродолжительных повышенного и пониженного относительно нормы теплового фона воздушных и водных масс оз. Ильмень их средние значения для этого 41-летнего периода оказались несколько ниже среднееголетнего уровня, тогда как его уровень превысил норму. Поэтому климат этого временного диапазона при среднем значении КИ близким к нулю ($-0,1$) и отсутствию в его динамике статистически значимого локального линейного тренда характеризуется как умеренный.

С 2000 г. началось потепление климата оз. Ильмень, которое фиксируется уже в течение 17 лет. Средняя величина КИ для этого периода является положительной и составила 1,6 единиц (см. рис. 1). Наличие же линейного положительного тренда в динамике индекса в течение 1945—2016 гг. является следствием того, что в первые 25 лет наблюдалось похолодание, а в последние 17 лет — потепление гидроклимата.

Степень потепления и похолодания продолжительных климатических фаз оз. Ильмень, которые выделены с помощью КИ, можно оценить по пятибалльной шкале. Ее диапазоны были установлены как доли стандартного отклонения индекса согласно закону гауссова распределения случайной величины. При средних значениях КИ меньше $-1,0$ следует считать, что в эту климатическую фазу происходило значительное похолодание (балл 1), а больше $1,0$ — значительное потепление (балл 5). Если индекс попадает в отрицательный ($-0,5$ — $-0,9$) или положительный ($0,5$ — $0,9$) интервалы, похолодание и потепление было умеренным (баллы 2 и 4 соответственно). В случае, когда КИ имел значения больше $-0,5$, но меньше $0,5$, межгодовая изменчивость рассматриваемых климатических переменных в этот временной диапазон была незначительной относительно их среднееголетних величин (балл 3).

Согласно этой шкале похолодание климата оз. Ильмень 1945—1958 гг. было значительным (балловая оценка 1). В период с 1959 по 1999 г он был в целом устойчивым на среднем уровне (балл 3). Современное потепление гидроклимата, начавшееся на границе 20 и 21 столетий и которое продолжается в настоящее время, является значительным (балл 5), поскольку среднее положительное значение КИ этого периода превышает верхнюю границу четвертой градации на 60%.

Анализ частотной структуры колебаний средней за май-октябрь температуры воды и уровня оз. Ильмень в мае—октябре, а также температуры воздуха в январе—апреле с исключенными из исходных данных значений линейных трендов, где они присутствовали, показал наличие лишь небольших различий со спектральным составом КИ. В его многолетней изменчивости присутствует 50–60-летний цикл, который также был выявлен в динамике гидрометеорологических параметров (таблица 2). Расчеты параметров вейвлет—спектра КИ показали устойчивость этой квазипериодичности в течение 1945—2016 гг. Ритмические же составляющие меньшей длительности были нестабильны во времени.

Таблица 2. Частотная структура колебаний средней за май-октябрь температуры воды и уровня, температуры воздуха в январе-апреле и КИ оз. Ильмень по данным за 1945—2016 гг.

Показатель	Периоды энергонесущих частот, годы				
	50—60	20—22	9—10	5—6	2—3
температура воды	50—60	20—22	9—10	5—6	2—3
уровень	55	23	11	7	3—4
температура воздуха	60	13—14	8—9	5	2—3
климатический индекс	50—60	16—18	9—10	5—6	2—4

Спектральная структура колебаний КИ оз. Ильмень в целом очень близка с таковой в динамике климатических индексов, рассчитанных ранее для Баренцева, Белого и Балтийского морей по данным за более чем 100—летний период [2,4]. Это указывает на то, что климат этих морей как и исследуемого озера вероятно оказывают воздействие такие крупномасштабные процессы как западный перенос воздушных масс из Северной Атлантики, а также адвекция теплых вод системы Гольфстрима в Северо—Европейский бассейн.

Возможную динамику климата на среднесрочную перспективу целесообразнее всего оценивать с помощью анализа его долгопериодных составляющих, которые являются наиболее устойчивыми во времени и вносят значительный вклад в колебания исходных данных. В спектральном составе КИ оз. Ильмень таковыми являются линейный тренд и 50—60—летний ритм. Циклические же компоненты меньшей длительности не определяют его долговременную изменчивость. Для оценки возможного состояния гидрологического климата оз. Ильмень до 2020 гг. была выполнена экстраполяция линейного тренда и 50—60—летней квазипериодичности. Их общая изменчивость в 1945—2016 гг. и экспертная оценка значений для 2017—2020 гг. представлена на рисунке 2.

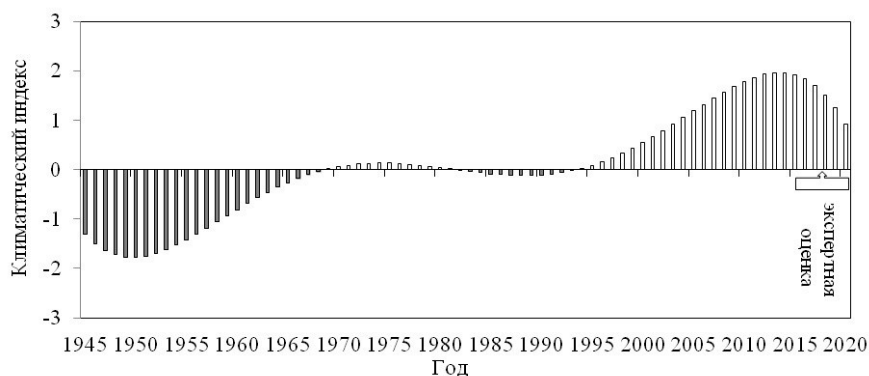


Рис. 2. Изменения значений суммы тренда и 50—60—летнего цикла КИ оз. Ильмень в 1945—2016 гг. и экспертная оценка его значений для 2017—2020 гг.

После максимума КИ в 2013—2014 гг., может произойти уменьшение его значений до конца текущей декады, однако они будут превышать норму. Для того, чтобы уменьшить вероятность получения ошибок прогнозирования при получении новых данных наблюдений за температурой воздуха и воды, а также уровня оз. Ильмень, следует провести расчеты индекса и вновь выполнить его экстраполяцию на несколько шагов вперед.

В структуре изменчивости ежегодного вылова рыбы в оз. Ильмень с 1946 по 2016 г., как и в динамике КИ водоема присутствует линейный тренд и циклическая составляющая 50—60 лет. Сопоставление значений суммы тенденции и долгопериодной квазипериодичности этих двух параметров показало, что между ними существует высокая сопряженность только в пределах 1946—1989 гг. (рис. 3). Наибольший коэффициент корреляции наблюдается при сдвиге на 4 года ($r = 0,93$), когда вылов запаздывает относительно индекса. Вероятно, изменения абиотических условий в этот период могли влиять на урожайность поколений популяций рыб озера, тем самым и на динамику их численности после вступления пополнения в промысловый запас. Как отмечается в некоторых работах (Никольский, 2013 и др.), данные вылова в долгопериодном плане могут служить косвенным индикатором колебаний запасов стад рыб.

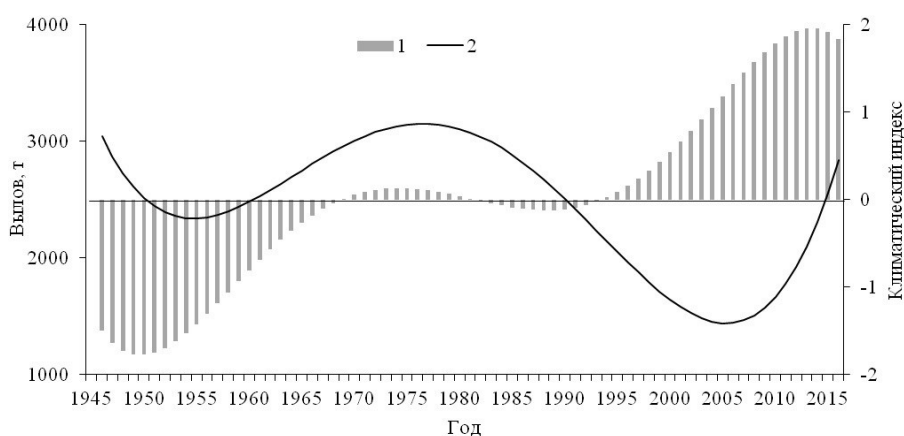


Рис. 3. Динамика значений суммы тренда и 50 – 60-летнего цикла КИ (1) и общего вылова рыбы (2) в оз. Ильмень в 1946 – 2016 гг.

После 1989 г. связь между долгопериодными изменениями абиотических условий и вылова рыбы в оз. Ильмень нарушилась, при этом факторы среды для функционирования экосистемы в целом были благоприятными. Снижение уловов в 90—е годы прошлого и в начале текущего столетий вероятно связано с ослаблением государственной поддержки рыболовства в стране [3], раздроблением и приватизацией добывающих рыбу предприятий Новгородской области [1] и с некоторыми другими факторами. После почти 20-летнего периода низких уловов рыбы в оз. Ильмень, с 2009 г. на фоне продолжающегося уже несколько лет потепления климата в регионе ее вылов стал постепенно увеличиваться и за 8 лет (до 2016 г.) в среднем составил 2343 т. Однако это более чем на 1000 т меньше, чем в такой же по продолжительности период 1982—1989 гг.

Литература

1. Асанов А.Ю. 50 лет Новгородской лаборатории ГосНИОРХ/Новгородская лаборатория ГосНИОРХ (к 50-летию со дня основания). – Санкт-Петербург, 1999. – С. 10-17.
2. Бойцов В.Д. Изменчивость температуры воды Баренцева моря и ее прогнозирование. - Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2006. - 292 с.
3. Макоедов А.Н., Кожемяко О.Н. Основы рыбохозяйственной политики России. М.: ФГУП «Национальные рыбные ресурсы» - 2007. - 480 с.
4. Хаймина О.В., Бойцов В.Д., Карпова И.П. Вековые колебания климата морей Северо-Запада России/Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета/Научно-теорет. журн. – СПб.: изд. РГГМУ, 2012. - №. 24 – С. 62-74.