

30. Хандожко, Л. А. Показатели влияния погодных условий на экономику: оценка коэффициента непредотвращенных потерь / Л. А. Хандожко, А. А. Коршунов // Метеорология и гидрология. – 2000. – № 12. – С. 14–23.

УДК 551.48(468)

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕДОВЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ОЗЕРЕ ЧЕРВОНОЕ (БЕЛОРУССКОЕ ПОЛЕСЬЕ)

П. И. Кирвель¹, С. И. Парфомук²

¹Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт мелиорации, Минск, Беларусь, ravelkirviel@yandex.by

²УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, parfom@mail.ru

Аннотация

В последнее время к исследованию ледового режима озёр привлечено большое внимание в лимнологии. Изменение климата привели к нарушению и в озёрных экосистемах. Важным условием остается изменение ледовых явлений в зависимости от географического положения озёр (Blenckner, 2001) [3]. Вместе с тем, как пример, на неоднородность ледового режима в Европе можно привести работы (Yoo and D'Odorico 2002, Vuglinsky et all 2002, Skowron 2021) [29, 32, 34]. Исследование изменений ледовых явлений на озере Червоном определено его расположением во втором по величине озерном районе республики, Белорусском Полесье. Выбор озера продиктован наличием полной серии данных о ледовых явлениях (начало и конец ледовых явлений, начало и конец ледового покрова, максимальная толщина льда) в период 1961-2020 гг. Положение озера на юге Беларуси 27°58'с.ш. и 52°24'в.д. определено ледниковым происхождением. Озеро является самым большим по площади среди озер Белорусского Полесья – 4032 га и третьим в республике после озера Нарочь – 7960 га. Полный объём озера составляет 27,3 млн. м, максимальная глубина – 2,9 м, средняя глубина – 0,7 м, что определяет его мелководность.

Ключевые слова: озеро, ледовый покров, толщина льда.

TRENDS OF CHANGING ICE PHENOMENA ON LAKE CHERVONOE (BELARUSIAN POLESIE)

P. I. Kirvel, S. I. Parfomuk

Abstract

Recently, much attention in limnology has been attracted to the study of the ice regime of lakes. Climate change has led to disturbances in lake ecosystems as well. An important condition is the change in ice phenomena depending on the geographic location of lakes (Blenckner, 2001). At the same time, works (Yoo and D'Odorico 2002, Vuglinsky et all 2002, Skowron 2021) can be cited as an example of the heterogeneity of the ice regime in Europe. The study of changes in ice phenomena on Lake Chervonoe is determined by its location in the second largest lake region of the republic, Belarusian Polesie. 1961-2020 Position of the lake in the south of Belarus 27°58'N and

52°24' v.d. determined by glacial origin. The lake is the largest in terms of area among the lakes of the Belarusian Polesie - 4032 hectares and the third in the republic after Lake Naroch - 7960 hectares. The total volume of the lake is 27.3 million m, the maximum depth is 2.9 m, the average depth is 0.7 m, which determines its shallowness.

Keywords: lake, ice cover, ice thickness.

Материалы и методы. Первые исследования ледового режима озера Червоного начались в 1956 году хотя на озёрах Белорусского Поозерья они начались значительно раньше. Так на озере Дривяты с 1928 года, на озере Лукомском с 1932 года и на озере Нарочь с 1944 года. Несмотря на некоторые перерывы в исследованиях в статье принят период с 1961 по 2020 годы. Наблюдения за ледовым режимом проводился в зимнее время в 7-00, где регистрировались даты начала и конца выступления ледовых явлений и ледового покрова, толщина льда измерялась с точностью 1 см.

В настоящей работе использованы данные Гидрометслужбы Республики Беларусь и личные экспедиционные сведения. Проанализированы даты начала и конца ледовых явлений, времени их существования, максимальную толщину льда в исследуемых годах. Вместе с тем дан анализ метеорологической обстановки и температуры воздуха на станции Пинск, которая находится в непосредственной близости от озера.

Расчеты ледовых параметров выполнены в компьютерной программе Excel и Corel Quattro Pro 8, а графики выполнены с использованием программы Corel Draw 9.

Целью работы является расчёт изменений ледовых явлений в 1961-2020 годах на озере Червоном, в связи с изменением климата.

Результаты. Важное значение для формирования появления ледовых явлений имеет изменение температуры воздуха. Эти условия представляют течение термической зимы, т.е. изменение суточной температуры равной или ниже 0°C. Начало термических зим и их течение в 1961-2020 годах подтверждают очень большую изменчивость термических условий в холодную часть года. Изменчивость дат начала и конца термической зимы в анализируемом периоде не определяет значительных изменений, однако существует небольшая тенденция к ее уменьшению. Каждую зиму холодные и морозные периоды прерываются периодами оттепелей разной интенсивности и времени продолжения. Даты определяющие термические зимы в Беларуси за оставшие 60 лет начинались в широком временном диапазоне. Начало климатической зимы чаще всего начиналась в последней декаде ноября, а конец в конце марта. Существовали годы, когда климатической зимы не было совсем (2020). Время термической зимы в южной части республики составляет 60-90 дней. Изменение температуры воздуха в Белорусском Полесье начинается с ее понижения с запада на восток.

Таблица 1 – Средняя температура воздуха в период декабрь-март и тренды во время зимы (декабрь-март) за 1961-2020.

Станция	Средняя температура воздуха		Средний тренд	
	Январь	Декабрь-март	Декабрь-март	год
Пинск	-4,4	-4,4	0,08	0,05

Данные таблицы 1 свидетельствуют о ее незначительном изменении. В зимнее время отмечен положительный тренд средней температуры воздуха на всех станциях. На станции Пинск средний тренд за декабрь –март 0,08, за год 0,05. Общеизвестно, что проявление ледовых явлений на озерах зависит от многих показателей, среди которых следует указать среднюю глубину и объём (0,7м; 27,3 млн. м³)

В исследуемом периоде ледовые явления на озере Червоном появились в конце октября в 1987, 1988 годах (таблица 2).

Таблица 2 – Средние значения ледовых характеристик в озере в 1961-2020 гг.

No	Озеро	Начало		Конец		Продолжительность суток		Максимальная толщина ледяного покрова (см)	Среднепропорциональная доля ледовых явлений в долгосрочном периоде (%)
		ледовые явления	ледяной покров	ледяной покров	ледовые явления	ледовые явления	ледяной покров		
1	Червоное	20-11	30-11	27-03	28-03	132,1	116,6	36,0	85,3

Начало появления ледового покрова, в связи с мелководностью, на озере Червоном приходится на 30 ноября, а на озере Нарочь 17 декабря. Самая ранняя дата приходится на начало ноября в 1973 и 1988 годах.

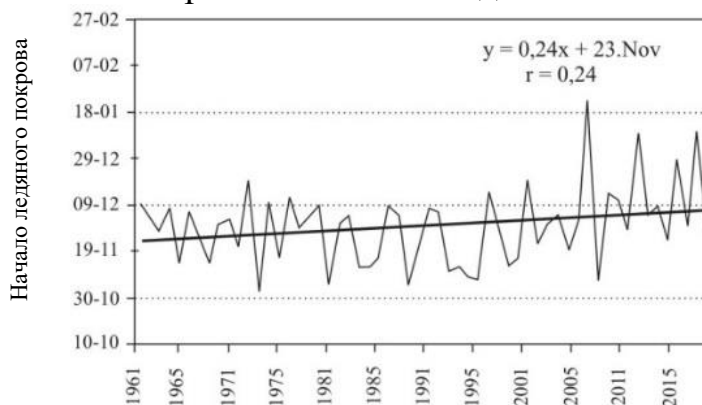


Рисунок 1 – Ход начальных дат ледового покрова на озере Червоном

На рисунке 1 показан ход начала дат ледового покрова, который характеризуется положительным трендом $0,36 \text{ дней. год}^{-1}$.

Таблица 3 – Размеры стандартного отклонения по ледовым характеристикам выбраны в 1961-2020 гг.

No	Озеро	Начало		Конец		Продолжительность суток		Максимальная толщина ледяного покрова (см)
		ледовые явления	ледяной покров	ледяной покров	ледовые явления	ледовые явления	ледяной покров	
1	Червоное	14,64	16,77	15,55	16,61	19,5	21,83	11,11

Конец ледового покрова на озерах Беларуси приходится на конец апреля. Даты исчезновения ледового покрова на всех озёрах Беларуси имеют отрицательный тренд (средний $-0,34 \text{ дня. год}^{-1}$) от $0,09$ (озеро Червоное) до $-0,67 \text{ дня. год}^{-1}$.

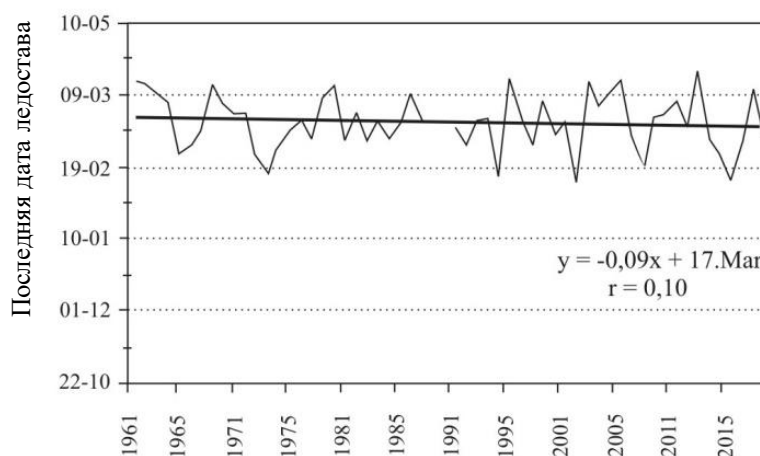


Рисунок 2 – Ход окончания даты ледового покрова на озере Червоное в 1961-2020 годах и линия тренда

Конец ледовых явлений на озёрах Белорусского Полесья приходится на первую декаду апреля и характеризуется также отрицательным трендом $-0,52-0,6 \text{ дней. год}^{-1}$.

Отражением термической зимы является время продолжительности ледового покрова на озёрах (Sobolewski, 2014) [30]. На озере Червоном эта величина составляет 117 дней (на Нарочи – 113).

Таблица 4 – Ход продолжения ледяного покрова (дней) в 10-летних интервалах

No	Озеро	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020
1	Червоное	130,1	125,0	119,3	124,0	111,5	94,5

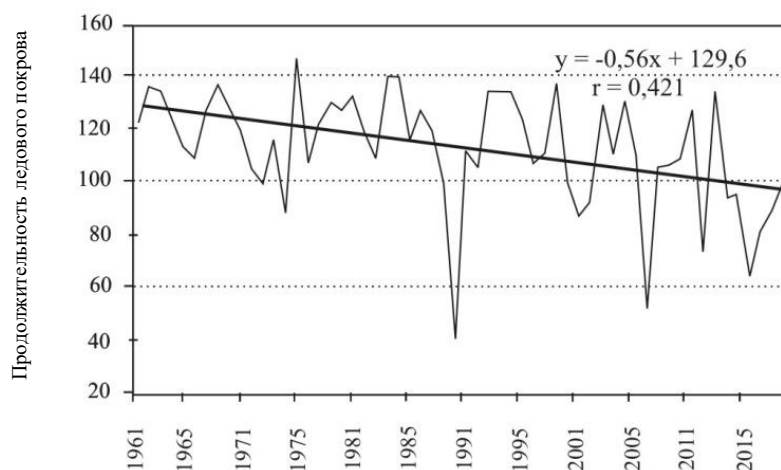


Рисунок 3 – Протяженность ледового покрова на озере Червоное в 1961-2020 гг. и линия тренда

Продолжительность ледового покрова тесно связана с продолжительностью климатической зимы, где коэффициент корреляции составил 0,71. Наибольшая продолжительность ледового периода на озере составила 167 дней. В анализируемом периоде в 2020 году ледовый покров на озере отсутствовал. Следует отметить, что продолжительность ледового покрова по десятилетиям уменьшается с 130,1 дня в период с 1961 по 1970 год до 94,5 дня в период с 2011 по 2020 год, что еще раз подтверждает потепление климата в зимний период года.

Толщина льда является хорошим показателем климатических условий, морфометрии озера и его водосбора между которыми существует хорошая связь, но иногда она может и отсутствовать. В анализируемом периоде толщина льда была очень изменчива и составляла от 30,1 до 40,4 см (Кирвель, 2007) [18].

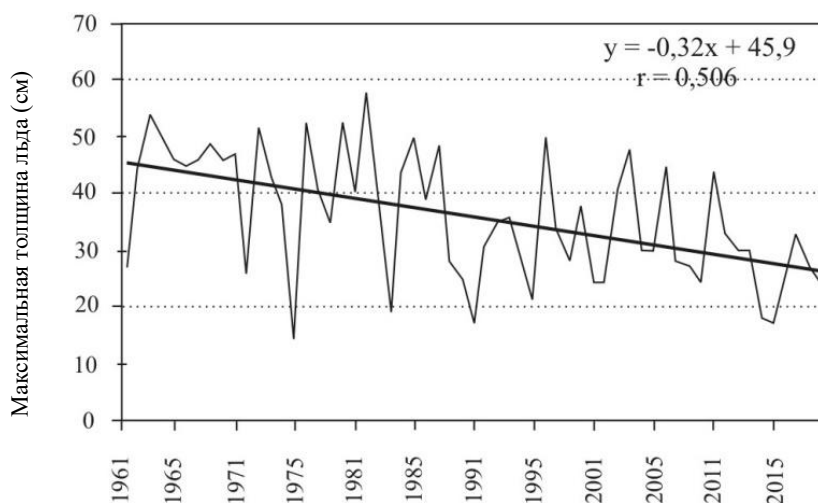


Рисунок 4 – Ход максимальной толщины ледового покрова в озерах Червоное в 1961-2020 годах и линия тренда

Максимальная толщина льда была отмечена в 1963, 1969, 1970 и 1996 годах, когда ее величина достигла около 70 см (Червоное – 56 см, Нарочь – 71 см). Максимальная толщина льда была зарегистрирована от второй декады февраля до третьей декады марта включительно. Озеро характеризуется отрицательным трендом в среднем 0,3-0,4 см. год⁻¹.

Таблица 5 – Трендовые значения озера Червоное в 1961-2020 гг.

No	Озеро	Начало		Конец		Продолжительность суток		Максимальная толщина ледяного покрова (см)
		ледовые явления	ледяной покров	ледяной покров	ледовые явления	ледовые явления	ледяной покров	
1	Червоное	0,04	0,24	-0,09	-0,34	-0,48	-0,56	-0,32

Перерывов в существовании ледового покрова на озере не наблюдалось (исключение 2020 год).

Исследование проведенные польскими учеными 30-31 января 2004 года на 33 озерах Европы на расстоянии 1200км (8,02°E-25.50°E) подтвердили, что мощность льда увеличивается от 3 до 33 см в восточном направлении, что свидетельствует о увеличении значения атмосферной циркуляции (Marszelewski, Skowron 2005) [23].

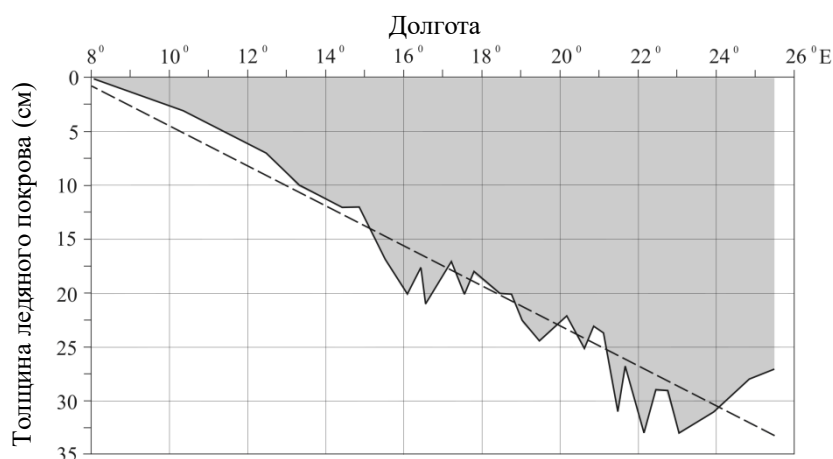


Рисунок 5 – Изменение толщины ледяного покрова, 30 и 31 января 2004 года (Marszelewski, Skowron 2005)

Обсуждение результатов. Многие климатологи придерживаются мнения, что после 1980 года зимние периоды в целом были теплее, чем предыдущие зимы (Fortuniak et al. 2001, Przybylak et al. 2003, Kaszewski 2015) [13, 25, 17]. Они сходятся во мнении, что главной и фундаментальной причиной изменчивости климата является изменчивость атмосферной циркуляции и свойств воздушных масс, формирующих климат Центральной Европы.

Потепление климата вызвало изменения термического и ледового режима озер северного полушария (Magnuson et al. 2000, Venson et al. 2012) [21, 1]. Исследователи тщательно проанализировали ход льда на многих озёрах и реках по всему миру (Choiński et al. 2020, 2021) [6-7]. Наблюдения за обледенением озёр

и рек в северном полушарии в 1846-1995 гг. в течение 150 лет показали более позднее замерзание и более раннее разрушение ледяного покрова (Гронская и др., 2002) [15].

Это подтверждается ходом ледовой фенологии 8 озёр Карелии (северо-запад России) за 1950-2009 гг., в которых выявлены статистические связи между фенологией озёрного льда, температурой воздуха и индексом североатлантического колебания (САК), найдено (Ефремова и др., 2013) [12]. Исследования показали, что замерзание всех озёр происходит все позже и позже, а их исчезновение происходит все раньше и раньше по отношению к среднемуголетнему показателю. На Ладожском и Онежском озерах наблюдалось более раннее исчезновение ледового покрова (Карентиков, Науменко, 2008) [16], а в последние десятилетия XX века на крупнейших пресноводных озерах России, расположенных в высоких широтах, наблюдалось уменьшение ледяного покрова. толщина ледяного покрова (Лемешко, Гронская, 2004, Вуглинский, 2000, Вейхенмейер и др. 2011) [20, 31, 33]. Примеры уменьшения максимальной толщины ледяного покрова в это же время наблюдались и на озерах России (Ладожское, Онежское и Таймыр) (Гронская, 2000) [14]. Также во всех проанализированных озёрах наблюдается отрицательная тенденция, подтверждающая уменьшение максимальной толщины ледяного покрова, особенно после 1980 г.

Аналогичным образом А. Рейнарт и О. Пярн (2006) [26] показали, что ледяной покров на Чудском озере в Эстонии держится 115 дней (с 9 декабря по 4 апреля) и характеризуется более ранним вскрытием, как и многие другие озера северного полушария. Также на Ладожском озере его исчезновение происходит раньше (14 дней из 100 лет) (Каретников, Науменко, 2008) [16]. С другой стороны, на Онежском озере явление сокращения продолжительности ледового покрова вызывает увеличение безледного периода с 217 до 225 дней (Сало, Назарова, 2011) [27].

Как показала И. Данилович (2005) [10], в результате повышения температуры воздуха на 1,1°C в 1988–2002 гг. произошло значительное сокращение периода с температурой воды в диапазоне 0 и 2°C и продолжительность ледовых явлений на 5 сут, а льда на 6 сут (Данилович и др., 2017) [11]. Эти наблюдения подтверждаются наблюдениями за значительным уменьшением толщины льда в среднем на 4-9 см•год-1 (Кирвель, 2007, 2012) [18-19]. Для восьми озёр Карелии в 1950-2009 гг. проанализированы статистические связи между фенологией озёрного льда (датами замерзания и распада льда, продолжительностью ледостава), температурой воздуха и индексом североатлантического колебания НАО. Показано, что в последние 20 лет тенденции в хронологии ледовых явлений более четкие, чем за весь 60-летний период (Вуглинский и др., 2002, Ефремова и др., 2013) [32, 12].

При изучении ледовых явлений на польских озерах за 1951–2010 годы было установлено, что в этот период средняя продолжительность ледового покрова сократилась на 0,55 сут•год-1, а максимальная толщина ледового покрова – на 0,21 см•год-1 (Choiński et al., 2014) [8-9]. Эти результаты согласуются с более ранними польскими исследованиями течения ледовых явлений на озёрах в более

короткие промежутки времени (Paślawski 1982, Skowron 2009) [24, 28]. Пространственный анализ течения ледовых явлений показал, что максимальная толщина ледяного покрова, степень прочности ледяного покрова и количество разрывов ледяного покрова имеют четкое распределение.

Выводы. Период последних 200 лет на территории Центральной Европы и Балтийского и Черного морей характеризовался большими изменениями температуры воздуха и возникновением положительных трендов среднегодовых температур (март 1999 г.). Для Варшавы это $0,65^{\circ}\text{C}$ за 100 лет, а для Вильнюса и Таллинна – $0,56^{\circ}\text{C}$ за 100 лет, а для Минска $0,61^{\circ}\text{C}$ за 100 лет (March, Styczyńska 2001, Boryczka 2004, Bukantis et al 2001, Bijak 2005) [22, 4, 5, 2]. Разнообразие влияния НАО на ход обледенения озера обусловлено не только влиянием степени континентальности, но и его индивидуальными особенностями.

Следует отметить, что на озере Червоное, средние сроки начала ледовых явлений появляются на 10,6 сут раньше начала ледостава, а их окончание наступает на 6,5 сут позже. Следует, однако, помнить, что в исследовании использовались в основном средние значения ледовых индексов за многолетний период 1961–2020 гг., тогда как все стадии оледенения озёр и их особенности в отдельные зимние сезоны создают весьма разнообразную мозаику, о чем свидетельствует стандартное отклонение.

Список использованных источников

1. Benson, B. J. Extreme events, trends, and variability in Northern Hemisphere lake-ice phenology (1855–2005) / B. J. Benson, J. J. Magnuson, O. P. Jensen, V. M. Card, G. Hodgkins, J. Korhonen, D. M. Livingstone, K. M. Stewart, G. A. Weyhenmeyer, N. A. Granin // *Climatic Change*, 2012. – № 112. – P. 299–323. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0212-8>.
2. Bijak, S. Wahania temperatury powietrza w Warszawie i Tallinie w latach 1779–2000 / S. Bijak // *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*, Polskie Towarzystwo Geofizyczne 2005, IMiGW, Warszawa. – S. 81–88.
3. Blenckner, T. Climate related impacts on a lake - from physics to biology / T. Blenckner // *Acta Universitatis Upsaliensis*, 2001, Uppsala. – Vol. 37. – P. 32–37.
4. Boryczka, J., The greenhouse effect myth / J. Boryczka // *Przegląd Geofizyczny*, 2004 – T. 4. – Z. 1-2. – S. 43–56.
5. Bukantis, A. Klimato svyraminu poveikis fiziniams geografiniams procesams Lietuvoje: [monografija] / A. Bukantis [ir kt.]; Bukantis A., Kilkus K., Rimkus E. (ed.) // *Geografijos Institutas, Vilnius Universitetas*, 2001, Vilnius. – 280 p.
6. Choiński, Adam. Analysis of Lake Water Levels Fluctuations in Poland and Belarus/ Adam Choiński, Aleksander Volchak, Ivan Kirvel, Sergey Parfomuk, Svetlana Sidak, Pavel Kirvel // 6th IAHR Europe Congress «Hydro-environment Research and Engineering - No Frames, No Borders», Warsaw, June 30th – July 2nd 2020, [Electronic resource] : IAHR 2020 – ABSTRACT BOOK. – Warsaw, Poland: PAN, 2020. – P. 591–592. (Published 12.02.2021. ISBN 978-83-66847-01-9, DOI: 10.24425/136660).
7. Choinski, Adam. Effect of Air Temperature Increase on Changes in Thermal Regime of the Oder and Neman Rivers Flowing into the Baltic Sea/Adam Choinski, Mariusz Ptak, Alexander Volchak, Ivan Kirvel, Gintaras Valiuškevicus, Sergey

- Parfomuk, Pavel Kirvel, Svetlana Sidak//Atmosphere. – MDPI, 2021. – Volume 12, Issue 4 (April 2021). – P. 498–512. <https://doi.org/10.3390/atmos12040498>.
8. Choinski, Adam. Tendencje zmian zjawisk lodowych jezior Polski w latach 1951–2010 / Adam Choinski, Mariusz Ptak, Rajmund Skowron// Przegląd Geofizyczny, 2014 – T. 4. – Z. 1. – S. 23–40. <https://doi.org/10.7163/PrzG.2014.1.2>
 9. Choński, A. Zjawiska lodowe na Morskim Oku / A. Choinski, J. Pociask-Karteczka, M. Ptak, A. Strzelczak // [w:] Morskie Oko – przyroda i człowiek; A. Choński, J. Pociask-Karteczka (red.); Tatrzański Park Narodowy. – Zakopane: TPN, 2014. – 518s. – S. 67–79.
 10. Danilovich, I. Influence of climate warming on hydrological regime of lakes and reservoirs of Belarus in the years from 1988–2002 / I. Danilovich // The materials of the 15th Stockholm Water Symposium, Stockholm, Sweden, 15–21 August 2005 / Stockholm International Water Institute. – Stockholm, Sweden, 2005. – P. 69.
 11. Данилович, И. С. Особенности формирования водности рек Беларуси в последние десятилетия / И. С. Данилович, Л. Н. Журавович, М. Е. Нагибина, Е. Г. Квач // Природные ресурсы. – Минск, 2017. – № 2. – С. 5–12.
 12. Efremova, Tatiana. Long-term characteristics of ice phenology in Karelian lakes / Tatiana Efremova, Nikolay Palshin, Roman Zdrovennov // Estonian Journal of Earth Sciences. – Tallinn, Estonia, 2013. – Vol. 62, Issue 1. – P. 33–41. <https://doi.org/10.3176/earth.2013.04>.
 13. Fortuniak, K. Trendy i okresowość temperatury powietrza w Polsce w drugiej połowie XX wieku / K. Fortuniak, K. Kożuchowski, E. Żmudzka // Przegląd Geofizyczny, 2001. – Z. 4. – S. 283–303.
 14. Gronskaaya, T. P. Ice thickness in relation to climate forcing in Russia / T. P. Gronskaaya // Verh. Internat. Verein. Limnol. – Stuttgart, 2000 – P. 2800–2802. <https://doi.org/10.1080/03680770.1998.11898176>.
 15. Gronskaaya, T. P. Lakes of European Russia and Finland as Indicators of Climate Change / T. P. Gronskaaya, N. A. Lemeshko, L. Arvola, M. Jarvinen // World Resource Review. – Woodridge, USA, 2002. – Vol. 14 – № 2. – P. 189–203.
 16. Karetnikov, Sergey G. Recent trends in Lake Ladoga ice cover /Sergey G. Karetnikov, Mikhail A. Naumenko //Hydrobiologia, 2008. – Vol. 599, Issue 1. – P. 41–48. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8379-2_5.
 17. Kaszewski, B. M., Zmiany klimatu Polski w pracach polskich klimatologów / B. M. Kaszewski Żmudzka // Przegląd Geofizyczny, 2015. – Z. 3-4. – S. 217–235.
 18. Кирвель, П. И. Особенности ледового режима озёр Беларуси / П. И. Кирвель // Вес. Беларус. дзярж. пед. ун-та. Сер. 3, Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія. – 2007. – № 3. – С. 59–65.
 19. Кирвель, П. И. Оценка толщины льда озёр Беларуси в условиях изменяющегося климата/ П. И. Кирвель //Науки о Земле и цивилизация: Материалы Международной молодежной конференции, 18-22 октября 2012 г., Санкт-Петербург. Том 1. Науки о Земле / Под общ. ред. Е. М. Нестерова. – СПб. : Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2012. – С. 149–153.

20. Lemeshko, N., Gronskaya T., Changes in ice events and ice thickness on lakes of Russia in latitudes / N. Lemeshko, T. Gronskaya // Fresh Water Resources Management: materials of XXIII Nordic Hydrological Conference, 8-12 August 2004, Tallinn, Estonia vol. II.– Tartu: NHP Report, 2004. – No 48.– P. 680–684.
21. Magnuson, J. J. Historical trends in lake and river ice cover in the Northern Hemisphere / J. J. Magnuson, D. M. Robertson, B. J. Benson, R. H. Wynne [and others] // Science, 2000. – Vol. 289, Issue 5482. – P. 1743–1746.
22. Marsz, A. Oscylacja Północnego Atlantyku a temperatura powietrza nad Polską. / A. Marsz, A. Styszyńska // Wyższa Szkoła Morska w Gdyni, 2001, Gdynia. – 107 s.
23. Marszelewski, W. Spatial Diversity of the ice cover on the lakes of the European Lowland in the winter season 2003/2004/ W. Marszelewski, R. Skowron // Limnological Review. – Cieszyn, 2005. – Vol. 5(5). – P. 155–165.
24. Paślawski, Z. Złodzenie jezior w Polsce / Z. Paślawski // Przegląd Geofizyczny, 1982. – Z. 27(1–2). – S. 79–92.
25. Przybylak, R. Wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej i Arktycznej na warunki termiczne chłodnej pory roku w Polsce w XVI-XX wiekach / R. Przybylak, G. Wójcik, K. Marciniak // Przegląd Geofizyczny, 2003. – Z. 68(1–2). – S. 61–74.
26. Reinart, A. Ice conditions of a large shallow lake (Lake Peipsi) determined by observations, an ice model, and satellite images / A. Reinart. O. Pärn // Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Biology and Ecology. – Tallinn, Estonia, 2006. – Vol. 55 – № 23. – P. 243–261.
27. Сало, Ю. А. Многолетняя изменчивость ледового режима Онежского озера под влиянием изменений климата / Ю. А. Сало, Л. Е. Назарова // Известия Русского географического общества, 2011. – Т. 143. – №. 3. – С. 50–54.
28. Skowron, R. Changeability of the ice cover on the lakes of northern Poland in the light of climatic changes / R. Skowron // Bulletin of Geography, Physical Geography Series. – Toruń, 2009. – No 1 – P. 103–124. <https://doi.org/10.2478/2312>.
29. Skowron, R. Ice phenomena in investigations of Polish lakes / R. Skowron // Bulletin of Geography, Physical Geography Series. – Toruń, 2021. – No 20 – P. 15–29. <https://doi.org/10.2478/34938>.
30. Sobolewski, W. Baza danych jezior Polski i jej wykorzystanie w badaniach limnologicznych / W. Sobolewski, D. Borowiak, M. Borowiak, R. Skowron (ed.) // Uniwersytet Marii Curie Skłodowskiej, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej. – Lublin: Picador, 2014. – 198 s.
31. Vuglinsky, V. S. Extremely early and late dates of lake freezing and ice break-up in Russia / V. S. Vuglinsky // Verh. Internat. Verein. Limnol, 2000. – Vol. 27. – P. 2793–2795.
32. Vuglinsky V. S. Long-term characteristics of ice events and ice thickness on the largest lakes and reservoirs of Russia / V. S. Vuglinsky, T. P. Gronskaya, N. A. Lemeshko // «Ice in the Environment»: Proc. of 16th Inter. Symp. on Ice, 2002. – Vol 3. – P. 80–86.
33. Weyhenmeyer, Gesa A. Large geographical differences in the sensitivity of ice-covered lakes and rivers in the Northern Hemisphere to temperature changes / Gesa A. Weyhenmeyer, David M. Livingstone, Markus Meili, Olaf Jensen // Global

Change Biology. – Vol. 17 – № 1. – P. 268–275. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02249.x>.

34. Yoo, J. Trends and fluctuations in the dates of ice break-up of lakes and rivers in Northern Europe: the effect of the North Atlantic Oscillation / J. Yoo, P. D'Odorico // Journal of Hydrology. – Vol. 268, Issue 1. – P. 100–112. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00161-0](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00161-0).

УДК 631.432.1

ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛЬНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ УРОВНЕЙ ГРУНТОВЫХ ВОД В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА НА ПРИМЕРЕ ПРИОКСКО-ТЕРРАСНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Л. М. Китаев¹, В. А. Аблеева²

¹Институт географии РАН, Москва, Россия, lkitaev@mail.ru

²Приокско-Террасный государственный природный биосферный заповедник, пос. Данки, Россия, sfm@mail.ru

Аннотация

На примере Приокско-Террасного заповедника выявлена локальная структура сезонной и многолетней изменчивости уровней грунтовых вод на фоне изменчивости метеорологического режима. Оценена амплитуда различий уровней в связи с прежде всего неоднородностью рельефа и растительного покрова, при тесной коореляционной связи сезонного хода уровней различных скважин. Основная особенность как сезонного так и многолетнего хода уровней грунтовых вод состоит в их незначительной вариабельности во времени – ввиду отсутствия притока влаги с поверхности и, соответственно, отсутствия корреляционной связи с ходом приземной температуры воздуха, осадков и снегозапасов. Вместе с тем, наблюдается значимая тенденция многолетнего повышения уровней грунтовых вод на фоне роста приземной температуры воздуха, увеличения осадков и снегозапасов. Полученные в заповедных условиях результаты актуальны для уточнения региональных оценок состояния грунтовых вод, а также для верификации численных моделей – в условиях антропогенного воздействия на водные ресурсы.

Ключевые слова: уровни грунтовых вод, метеорологические характеристики, холодный сезон года, корреляционные связи, сезонные и многолетние изменения.

FEATURES OF LOCAL VARIABILITY OF GROUNDWATER LEVELS IN THE COLD PERIOD OF THE YEAR ON THE EXAMPLE OF THE PRIOKSKO-TERRACE RESERVE

L. M. Kitaev, V. A. Ableeva

Abstract

The local structure of seasonal and long-term variability of groundwater levels against the background of the variability of the meteorological regime was revealed on the example of the Prioksko-Terrasny Reserve. The amplitude of differences in levels is estimated in connection with, first of all, the heterogeneity of the relief and