

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 556.114.679:004.6 (470.22)

БАЗА ДАННЫХ «РАДИАЦИОННЫЙ РЕЖИМ ОЗ. ВЕНДЮРСКОГО ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МНОГОЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ» И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

**Г. Э. Здоровеннова, Р. Э. Здоровеннов, Н. И. Пальшин,
А. В. Митрохов, Г. Г. Гавриленко, А. Ю. Тержевик**

Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН

Обширные многолетние ледовые и радиационные наблюдения, проводившиеся на озере Вендюрском в 1995–2013 гг., были обобщены в виде базы данных «Радиационный режим оз. Вендюрского по результатам многолетних наблюдений» (св-во о гос. регистрации № 2014620152 от 20 января 2014 г.). База данных представляет собой набор связанных таблиц, содержащих сведения о радиационном режиме и оптических свойствах снежно-ледяного покрова озера. В базу включены фотографии поверхности озера, образцов озерного льда. Структура базы позволяет строить разнообразные запросы для анализа радиационного режима озера и оптических свойств снежно-ледяного покрова, оценки степени ослабления солнечной радиации в толще снега и льда в зависимости от состояния поверхности озера. База данных может быть использована в научных целях гидрологами, гидрофизиками, а также в учебных целях как наглядный материал для студентов географических и гидрометеорологических специальностей вузов.

Ключевые слова: база данных; мелководное озеро; радиационный режим; снежно-ледяной покров; альbedo; прозрачность.

**G. E. Zdorovennova, R. E. Zdorovennov, N. I. Palshin, A. V. Mitrokhov,
G. G. Gavrilenko, A. Yu. Terzhevik. DATABASE «RADIATION REGIME OF
LAKE VENDYURSKOE: RESULTS OF LONG-TERM OBSERVATIONS» AND
ITS POTENTIAL APPLICATIONS**

Extensive multi-year ice and radiation observations conducted on Lake Vendyurskoe in 1995–2013 were summarized in the database «Radiation regime of Lake Vendyurskoe: Results of long-term observations» (Certificate of state registration No 2014620152, date of registration 20 January 2014). The database is a set of interlinked tables containing information on the radiation regime and the optical properties of the snow and ice cover of Lake Vendyurskoe. The database includes photographs of the lake surface and lake ice samples. The structure of the database allows for a variety of queries to be made

for analyzing the radiation regime of the lake. The main objectives of the database are analysis of the radiation regime of the lake and the optical properties of the snow and ice cover, assessment of solar radiation attenuation in snow and ice depending on the state of the lake surface. The database can be used for research purposes by hydrologists, hydrophysics, as well as for training purposes as visual material in geographical and meteorological universities.

Key words: database; shallow lake; radiation regime; snow and ice cover; albedo; transparency.

Введение

Известно, что толщина и оптические свойства снежно-ледяного покрова определяют подледную освещенность в озерах [Чехин, 1987]. Солнечная радиация становится основным источником энергии в мелководных озерах в конце периода ледостава. По мере таяния снега и льда уменьшается альbedo поверхности, поток солнечной радиации на нижней границе льда растет, развивается конвективное перемешивание, играющее важную роль в формировании термической структуры и перераспределении растворенных (кислород, биогены) и взвешенных (планктон) веществ по водной толще озера [Kelley, 1997; Jonas et al., 2003; Тержевик и др., 2010]. Изменчивость альbedo по площади озера весной может достигать 40 % [Петров и др., 2005], что оказывает существенное влияние на формирование пространственной неоднородности подледного температурного поля и может способствовать развитию адвективного переноса подо льдом [Kirillin, Terzhevik, 2011]. Весной, по мере таяния, одновременно с уменьшением толщины снега и льда происходят изменения их плотности, текстуры и структуры. Это приводит к значительной изменчивости их оптических свойств во времени и пространстве и требует накопления большого количества разнообразных натуральных данных для параметризации радиационных процессов в толще снежно-ледяного покрова.

Измерения потоков солнечной радиации на поверхности снежно-ледяного покрова и нижней границе льда, а также изучение оптических свойств снега и льда проводились ежегодно в течение почти 20 лет в 1995–2013 гг. на мелководном озере Вендюрском, расположенном на юге Карелии. Результаты исследований были опубликованы в виде технических отчетов [Malm et al., 1996, 1997a, b] и статей в ряде ведущих отечественных и зарубежных журналов [Петров и др., 2005; Здоровеннов и др., 2010; Leppäranta et al., 2010; Zdorovenov et al., 2013; Zdorovenova et al., 2013]. За годы исследований накоплен огромный массив

сведений о радиационном и ледовом режимах озера. В связи с этим целью работы было создание и государственная регистрация базы данных по радиационному режиму и оптическим свойствам снежно-ледяного покрова озера Вендюрского на основе результатов многолетних наблюдений. База данных «Радиационный режим оз. Вендюрского по результатам многолетних наблюдений» прошла государственную регистрацию (св-во о гос. регистрации № 2014620152 от 20 января 2014 г.). Тип ЭВМ: персональная, СУБД: MS Access 2013, ОС: Microsoft Windows 7 Professional, объем базы данных: 54.3 Мб.

База данных может использоваться широким кругом специалистов – гидрологов, гидрофизиков, метеорологов при изучении многолетней изменчивости радиационного и ледового режима озер бореальной зоны. Создание такой базы данных является важной и актуальной задачей, поскольку информационный поиск на сайте ФИПС (<http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS>) показал, что в настоящее время нет зарегистрированных баз данных по радиационному режиму бореальных озер.

Материалы и методы

Объект исследования – мезотрофное озеро Вендюрское, расположенное в южной части Карелии (62°10'–62°20'N, 33°10'–33°20'E) (рис. 1). Площадь зеркала озера 10,4 км², объем вод ~5,5·10⁷ м³, средняя глубина 5,3 м, максимальная 13,4 м, площадь водосборного бассейна 82,8 км². Коэффициент водообмена озера равен 0,4 год⁻¹. Прозрачность воды по диску Секки 3–4 м.

Ледовый режим озера Вендюрского. Как показывают многолетние наблюдения, замерзает водоем в первой половине ноября – начале декабря, разрушение льда происходит в первой половине мая, продолжительность ледостава 5–6,5 месяца [Петров и др., 2006; Ефремова и др., 2010; Zdorovenov et al., 2013]. Максимальной толщины (0,4–0,8 м) снежно-ледяной покров достигает к концу марта [Петров

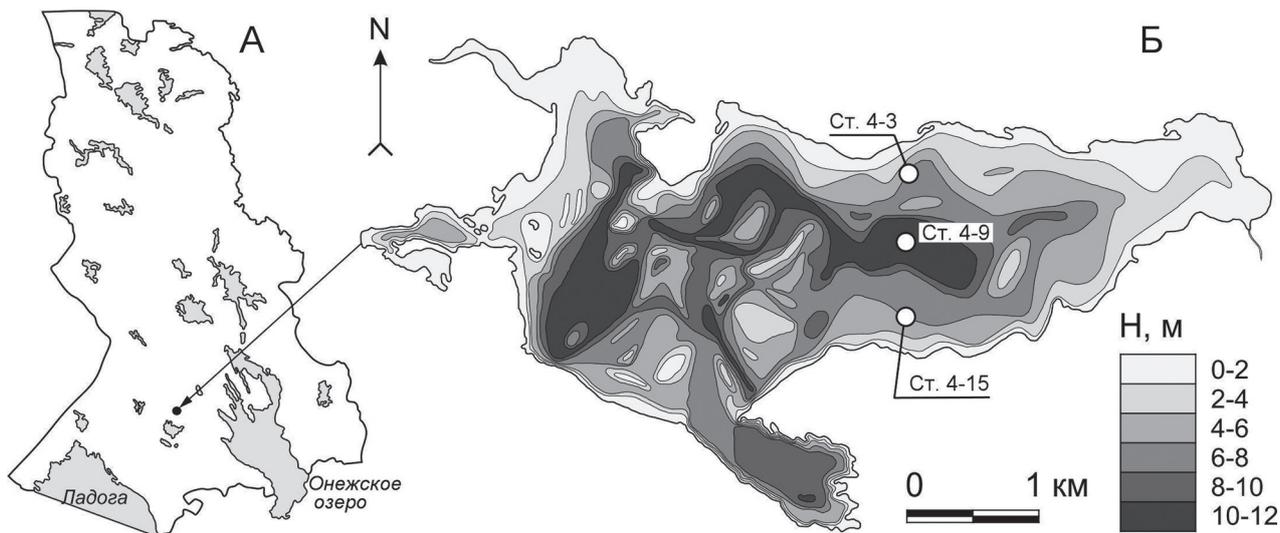


Рис. 1. Положение озера Вендюрского на карте Карелии (А), батиметрия озера и положение станций измерения радиации (Б)

и др., 2005; Здоровеннов и др., 2010; Zdrovenpova et al., 2013] и имеет обычно многослойную структуру, включающую слои снега, белого и кристаллического льда, между которыми зачастую наблюдается прослойка влажного снега. Многослойная структура льда является типичной для малых бореальных озер [Lerpäranta, Kosloff, 2000; Ashton, 2011].

Описание измерений. Измерения солнечной радиации на поверхности снежно-ледяного покрова озера и на нижней границе льда проводились в зимние месяцы 1995–2013 гг. На льду озера размещалась радиационная станция. Измерение потоков падающей и отраженной солнечной радиации на поверхности снежно-ледяного покрова проводилось с использованием пиранометров «Star-shaped pyranometer» немецкой фирмы «Theodor Friderich & Co, Meteorologische Geräte und Systeme». Пиранометры были укреплены на специальной конструкции на высоте около одного метра над поверхностью льда. Поток солнечной радиации на нижней границе льда измерялся с помощью универсального пиранометра М80-м, произведенного в России. Подледный пиранометр был закреплен на обладающей положительной плавучестью платформе и помещен на расстояние около 1,5 м от лунки непосредственно под нижнюю границу льда. Дискретность измерений радиации пиранометрами составляла 1–5 минут. В указанный период на станции ежедневно осуществлялся замер толщины снежно-ледяного покрова с помощью гидрологической рейки. Начиная с апреля 2005 г. в период измерений проводилась фотосъемка поверхности льда, образцов озерного льда, выпиленных из ледяного покрова, радиационной станции.

Обычно станция радиационных измерений размещалась на льду вблизи северного берега озера на расстоянии около 300 м от береговой черты (ст. 4–3), однако в апреле 2007 г. станция была установлена в центральной части озера (ст. 4–9) (рис. 1). В апреле–мае 1998 г. проводились синхронные измерения радиации на двух станциях, расположенных вблизи южного и северного берега (ст. 4–3 и ст. 4–15).

Измерения радиации ежегодно проводились весной в период с середины апреля до начала мая в течение 2–13 суток (табл.). Кроме того, были проведены измерения в начале зимнего сезона (в ноябре и декабре 1995 г.), в середине и конце зимы (в марте 1996 г., январе, феврале и марте 2002 г.). Таким образом, измерениями были охвачены начало, середина и конец ледостава.

Структура базы данных

База данных включает в себя четыре связанные между собой таблицы, содержащие информацию о станциях (таблица «STATIONS»), периодах и дискретности измерений (таблица «MEASUREMENTS»), данные измерений потоков солнечной радиации (таблица «DATA_RAD»), а также фотографии поверхности озера, станций измерений и образцов озерного льда (таблица «ФОТО») (рис. 2).

Таблица «DATA_RAD», помимо данных измерений потоков падающей, отраженной и проникающей под лед солнечной радиации, включает значения альбедо поверхности озера (α) и прозрачности льда (τ), рассчитанные по формулам:

Периоды измерений потоков солнечной радиации на радиационной станции в 1995–2013 гг. с указанием дискретности измерений

№	Станция	Начало измерений	Конец измерений	Интервал измерений
1	4-3	13.04.1995	23.04.1995	5 мин
2	4-3	27.11.1995	29.11.1995	2 мин
3	4-3	27.12.1995	27.12.1995	2 мин
4	4-3	25.03.1996	27.03.1996	4-5 мин
5	4-3	18.04.1996	25.04.1996	4-5 мин
6	4-3	14.04.1997	27.04.1997	2 мин
7	4-3	28.04.1998	04.05.1998	2 мин
8	4-15	01.05.1998	04.05.1998	2 мин
9	4-3	14.04.1999	24.04.1999	2 мин
10	4-3	13.04.2000	24.04.2000	2 мин
11	4-3	28.01.2002	30.01.2002	2 мин
12	4-3	10.02.2002	11.02.2002	2 мин
13	4-3	23.03.2002	25.03.2002	2 мин
14	4-3	17.04.2002	24.04.2002	2 мин
15	4-3	19.04.2003	26.04.2003	2 мин
16	4-3	18.04.2004	28.04.2004	2 мин
17	4-3	16.04.2005	25.04.2005	2 мин
18	4-3	16.04.2006	27.04.2006	1 мин
19	4-9	13.04.2007	19.04.2007	1 мин
20	4-3	12.04.2008	20.04.2008	1 мин
21	4-3	21.04.2009	28.04.2009	1 мин
22	4-3	17.04.2010	19.04.2010	1 мин
23	4-3	17.04.2011	21.04.2011	1 мин
24	4-3	11.04.2012	24.04.2012	1 мин
25	4-3	20.04.2013	24.04.2013	1 мин

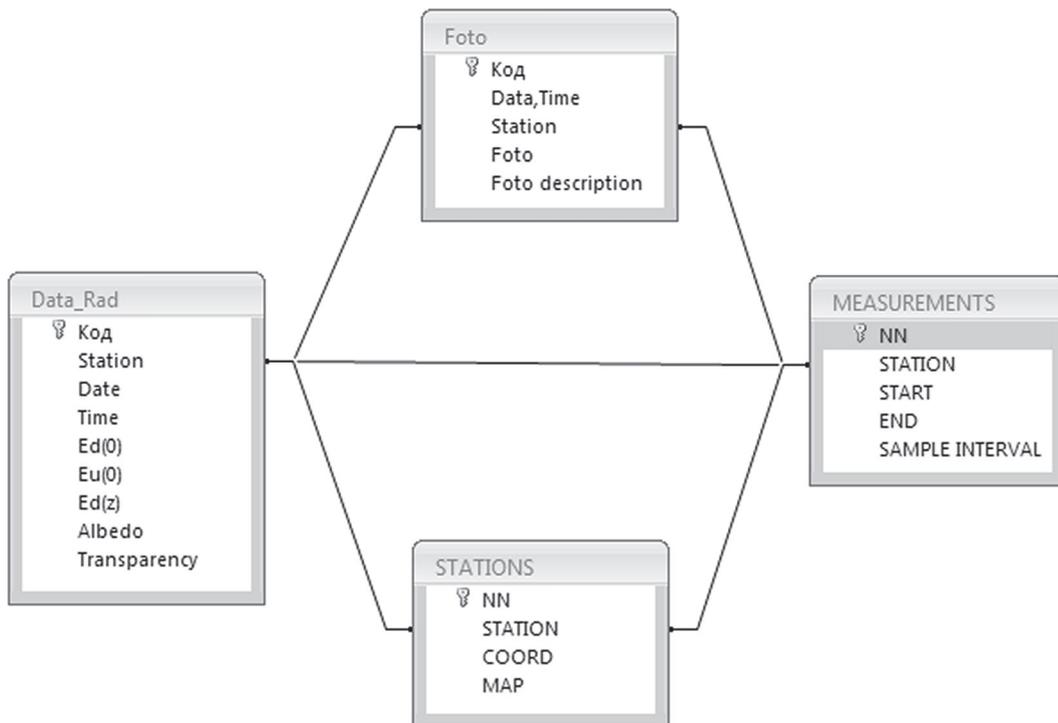


Рис. 2. Схема связи таблиц в базе данных

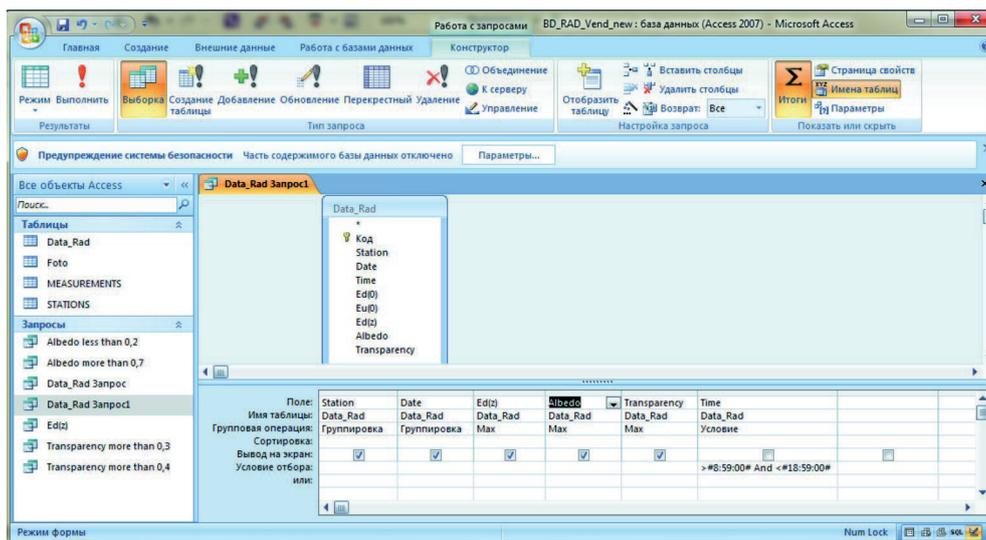


Рис. 3. Запрос на выборку максимальных значений альbedo, прозрачности льда и подледной радиации в период с 9 ч утра до 19 ч вечера, открытый в режиме конструктора

$$\alpha = \frac{E_u(0)}{E_d(0)}, \quad (1)$$

и

$$\tau = \frac{E_d(z)}{(1-\alpha)E_d(0)}, \quad (2)$$

где E – поток солнечной радиации ($\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$); индексы d и u обозначают падающую (downwelling) и отраженную (upwelling) радиацию; 0 – поверхность снежно-ледяного покрова, z – нижняя граница льда.

Работа с базой данных. Структура базы позволяет строить разнообразные запросы для анализа радиационного режима озера и оптических свойств снежно-ледяного покрова, оценки степени ослабления солнечной радиации в толще снега и льда в зависимости от состояния поверхности.

Например, для проведения совместного анализа временной динамики альbedo поверхности и прозрачности льда создается запрос на поиск максимальных значений названных параметров в период с 9 ч утра до 18 ч вечера каждого дня измерений. Выборка формируется из таблицы «DATA_RAD». На рис. 3 показан запрос на выборку, открытый в режиме конструктора.

Переход из режима конструктора в режим сводной диаграммы позволяет визуализировать полученные в результате выборки данные. На рис. 4 в качестве примера приведена изменчивость максимальных значений альbedo и прозрачности льда в апреле 1995 и 1996 гг. на станции 4–3.

Изменяя условия запроса, можно находить средние, максимальные, минимальные значения параметров за выбранные промежутки времени, изучать их внутрисуточную, синоптическую и межгодовую динамику, а также анализировать пространственную изменчивость оптических характеристик поверхности и снежно-ледяного покрова озера.

Экспорт выборки, например, в пакет Excel позволяет проводить расширенный анализ данных. В качестве примера на рис. 5 приведены результаты регрессионного анализа зависимости прозрачности льда от альbedo поверхности (см. рис. 5, А) и потока подледной радиации от прозрачности льда (см. рис. 5, Б), выполненные в пакете Excel.

Анализ базы данных позволил установить, что при высоких значениях альbedo (0,9 и более) прозрачность льда не превышает 0,1, при значениях альbedo менее 0,2 прозрачность льда составляет 0,35–0,55, то есть 35–55 % потока солнечной радиации, проходящей через поверхность льда, достигает его нижней границы. При значениях альbedo от 0,2 до 0,9 прозрачность льда изменяется в широком диапазоне от 0,1 до 0,5, поскольку зависит не только от состояния поверхности, но и от структуры, текстуры и толщины слоев снежно-ледяного покрова.

При величине прозрачности менее 0,2 поток солнечной радиации на нижней границе льда не превышает $50 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ и может достигать $200 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ при увеличении прозрачности до 0,6.

Запросы, содержащие выборки максимальных значений потоков падающей и отраженной солнечной радиации на верхней границе

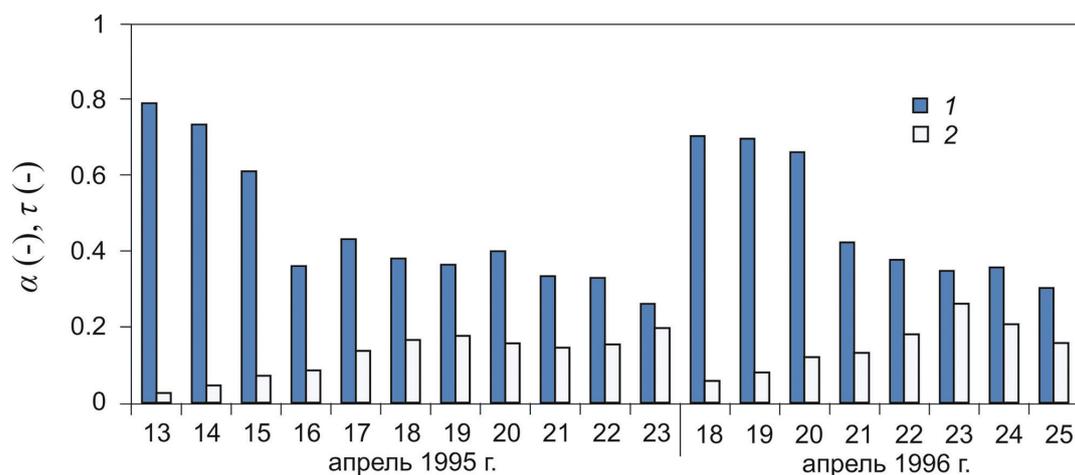


Рис. 4. Изменчивость дневных максимумов альbedo поверхности и прозрачности льда озера Вендюрского в период с 13 по 23 апреля 1995 г. и с 18 по 25 апреля 1996 г. 1 – альbedo, 2 – прозрачность льда

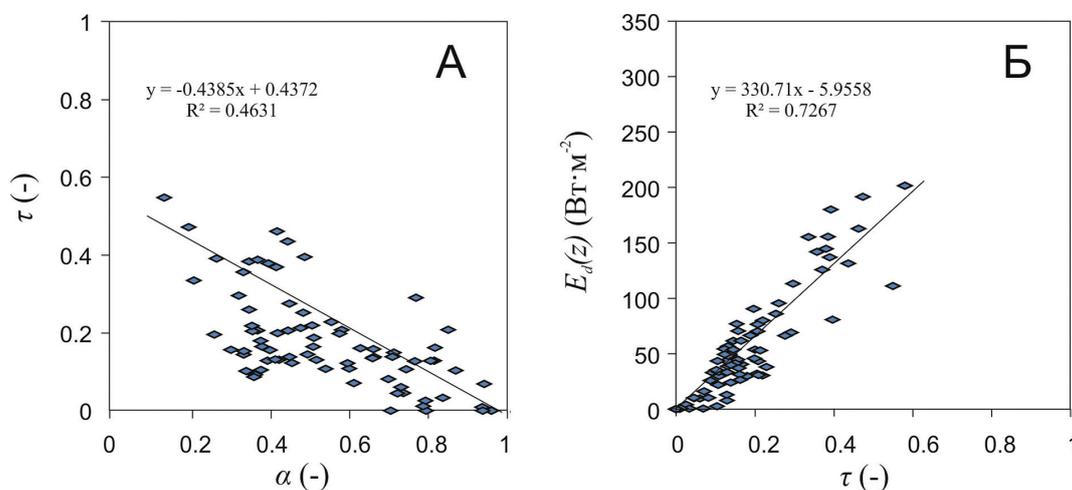


Рис. 5. Зависимость прозрачности льда от альbedo поверхности (А) и потока подледной радиации от прозрачности льда (Б) в середине–конце апреля 1995–1997, 1999–2000, 2002–2003 гг. и начале мая 1998 г.

снежно-ледяного покрова и подледной радиации, показывают, что в середине апреля названные параметры изменяются в пределах 500–800 и 200–500 Вт·м⁻² соответственно.

Полученные в ходе многолетних исследований радиационного режима озера Вендюрского диапазоны изменчивости альbedo, прозрачности льда, потоков солнечной радиации в подледном слое неплохо согласуются с данными отечественных и зарубежных исследователей по измерениям на бореальных озерах [Bolsenga, 1969; Arst et al., 2006, 2008; Lei et al., 2011].

Таким образом, созданная база данных, содержащая обширный массив сведений о радиационном режиме малого озера, может быть использована в научных целях гидрологами, гидрофизиками, в моделях ледяного покрова, а также в учебных целях как наглядный материал для студентов географических и гидрометеорологических специальностей вузов.

Авторы глубоко признательны рецензентам за ценные советы и конструктивную критику, позволившие существенно улучшить структуру статьи.

Литература

Ефремова Т. В., Здоровеннова Г. Э., Пальшин Н. И. Ледовый режим озер Карелии // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2010. С. 31–40.

Здоровеннов Р. Э., Здоровеннова Г. Э., Тержевик А. Ю. Межгодовая изменчивость снежно-ледового покрова озера Вендюрского // Актуальные проблемы экологии: тезисы докл. IV Межд. науч.-практ. конф. (Гродно, Беларусь, 27–29 октября 2010 г.) Гродно: ГрГУ, 2010. С. 229–231.

Петров М. П., Тержевик А. Ю., Пальшин Н. И. и др. Поглощение солнечной радиации снежно-ледовым покровом озер // Водные ресурсы. 2005. Т. 32, № 5. С. 546–554.

Петров М. П., Терзевик А. Ю., Здоровеннов Р. Э., Здоровеннова Г. Э. Особенности термической структуры мелководного озера в начале зимы // Водные ресурсы. 2006. Т. 33, № 2. С. 154–162.

Терзевик А. Ю., Пальшин Н. И., Голосов С. Д. и др. Гидрофизические аспекты формирования кислородного режима мелководного озера, покрытого льдом // Водные ресурсы. 2010. Т. 37, № 5. С. 568–579.

Чехин Л. П. Световой режим водоемов. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1987. 130 с.

Arst H., Erm A., Leppäranta M., Reinart A. Radiative characteristics of ice-covered fresh- and brackish-water bodies // Proc. of the Estonian Academy of Sciences, Geology. 2006. Vol. 55 (1). P. 3–23.

Arst H., Erm A., Herlevi A. et al. Optical properties of boreal lake water in Finland and Estonia // Boreal Env. Research. 2008. Iss. 13. P. 133–158.

Ashton G. D. River and lake ice thickening, thinning and snow ice formation // Cold Reg. Sci. Technol. 2011. Iss. 68. P. 3–19.

Bolsenga S. J. Total albedo of Great Lakes ice // Water Resour. Res. 1969. 5 (5). P. 1132–1133, doi:10.1029/WR005i005p01132.

Jonas T., Terzhevik A. Y., Mironov D. V., Wüest A. Radiatively driven convection in an ice-covered lake investigated by using temperature microstructure technique // J. Geophys. Res. 2003. 108:18. doi: 200310.1029/2002JC001316.

Kelley D. E. Convection in ice-covered lakes: effects on algal suspension // J. Plankton. Res. 1997. Iss. 19. P. 1859–1880.

Kirillin G., Terzhevik A. Thermal instability in fresh-water lakes under ice: Effect of salt gradients or solar radiation // Cold Reg. Sci. and Technol. 2011.

Iss. 65. P. 184–190. doi: 10.1016/j. coldregions. 2010.08.010

Lei R., Leppäranta M., Erm A. et al. Field investigations of apparent optical properties of ice cover in Finnish and Estonian lakes in winter 2009 // Estonian J. of Earth Sciences. 2011. 60 (1). P. 50–64.

Leppäranta M., Kosloff P. The thickness and structure of Lake Pääjärvi ice // Geophysica. 2000. Iss. 36. P. 233–248.

Leppäranta M., Terzhevik A., Shirasawa K. Solar radiation and ice melting in Lake Vendyurskoe, Russian Karelia // Hydrology Research. 2010. Vol. 41, No 1. P. 50–62.

Malm J., Terzhevik A., Bengtsson L. et al. A field study of Thermo- and Hydrodynamics in three Small Karelian Lakes during winter 1994/1995 / Department of Water Resources Engineering. Institute of Technology. University of Lund, 1996. No. 3197. 220 p.

Malm J., Terzhevik A., Bengtsson L. et al. Temperature and Hydrodynamics in Lake Vendyurskoe during Winter 1995/1996 / Department of Water Resources Engineering, Institute of Technology. University of Lund, 1997a. No. 3213. 203 p.

Malm J., Terzhevik A., Bengtsson L. et al. Temperature and salt content regime in three shallow ice-covered lakes. Heat and mass fluxes // Nordic Hydrology. 1997b. Vol. 28. P. 129–152.

Zdorovenov R., Palshin N., Zdorovenнова G. et al. Interannual variability of ice and snow cover of a small shallow lake // Est. J. of Earth Sci. 2013. 61(1). P. 26–32.

Zdorovenнова G., Zdorovenov R., Palshin N., Terzhevik A. Optical properties of the ice cover on Vendyurskoe lake, Russian Karelia (1995–2012) // Annals of Glaciology. 2013. 54 (62). P. 121–129.

Поступила в редакцию 02.02.2015

References

Chekhin L. P. Svetovoi rezhim vodoemov [Light regime in water bodies]. Petrozavodsk: Karel'skii filial AN SSSR, 1987. 130 p.

Efremova T. V., Zdorovenнова G. E., Pal'shin N. I. Ledovyi rezhim ozer Karelii [Karelian lakes ice regime]. Vodnaya sreda: obuchenie dlya ustoichivogo razvitiya [Aquatic environment. Education for sustainable development]. Petrozavodsk: KarRC of RAS. 2010. P. 31–40.

Petrov M. P., Terzhevik A. Yu., Pal'shin N. I., Zdorovenov R. E., Zdorovenнова G. E. Pogloshchenie solnechnoi radiatsii snezhno-ledovym pokrovom ozer [Absorption of solar radiation by snow-and-ice cover of lakes]. Vodnye resursy [Water resour.]. 2005. Vol. 32, No 5. P. 546–554.

Petrov M. P., Terzhevik A. Yu., Zdorovenov R. E., Zdorovenнова G. E. Osobennosti termicheskoi struktury melkovodnogo ozera v nachale zimy [The thermal structure of a shallow lake in early winter]. Vodnye Resursy [Water resour.]. 2006. Vol. 33, No 2. P. 154–162.

Terzhevik A. Yu., Pal'shin N. I., Golosov S. D., Zdorovenov R. E., Zdorovenнова G. E., Mitrokhov A. V., Potakhin M. S., Shipunova E. A., Zverev I. S. Gidro-

fizicheskie aspekty formirovaniya kislородnogo rezhima melkovodnogo ozera, pokrytogo l'dom [Hydrophysical aspects of oxygen regime formation in a shallow lake covered with ice]. Vodnye resursy [Water resour.]. 2010. Vol. 37, No 5. P. 568–579.

Zdorovenov R. E., Zdorovenнова G. E., Terzhevik A. Yu. Mezhdodovaya izmenchivost' snezhno-ledovogo pokrova ozera Vendyurskogo [Interannual variability of snow and ice cover of Lake Vendyurskoe]. Aktual'nye problemy ekologii: tezisy dokl. IV Mezhd. nauch.-prakt. konf. (Grodno, Belarus', 27–29 oktyabrya 2010 g.) [Actual ecological problems. Abstr. rept. The 4th intern. sci. and pract. conf. (Grodno, Belorussia 27–29 October, 2010)]. Grodno: GrGU, 2010. P. 229–231.

Arst H., Erm A., Leppäranta M., Reinart A. Radiative characteristics of ice-covered fresh- and brackish-water bodies. Proc. of the Estonian Academy of Sciences, Geology. 2006. 55 (1). P. 3–23.

Arst H., Erm A., Herlevi A., Kutser T., Leppäranta M., Reinart A., Virta J. Optical properties of boreal lake water in Finland and Estonia. Boreal Env. Research. 2008. Iss. 13. P. 133–158.

Ashton G. D. River and lake ice thickening, thinning and snow ice formation. *Cold Reg. Sci. Technol.* 2011. Iss. 68. P. 3–19.

Bolsenga S. J. Total albedo of Great Lakes ice. *Water Resour. Res.* 1969. 5 (5). P. 1132–1133, doi:10.1029/WR005i005p01132.

Jonas T., Terzhevik A. Y., Mironov D. V., Wüest A. Radiatively driven convection in an ice-covered lake investigated by using temperature microstructure technique. *J. Geophys. Res.* 2003. 108:18. doi: 200310.1029/2002JC001316.

Kelley D. E. Convection in ice-covered lakes: effects on algal suspension. *J. Plankton. Res.* 1997. Iss. 19. P. 1859–1880.

Kirillin G., Terzhevik A. Thermal instability in freshwater lakes under ice: Effect of salt gradients or solar radiation. *Cold Reg. Sci. and Technol.* 2011. Iss. 65. P. 184–190. doi: 10.1016/j.coldregions.2010.08.010

Lei R., Leppäranta M., Erm A., Jaatinen E., Pärn O. Field investigations of apparent optical properties of ice cover in Finnish and Estonian lakes in winter 2009. *Estonian J. of Earth Sciences.* 2011. 60 (1). P. 50–64.

Leppäranta M., Kosloff P. The thickness and structure of Lake Pääjärvi ice. *Geophysica.* 2000. Iss. 36. P. 233–248.

Leppäranta M., Terzhevik A., Shirasawa K. Solar radiation and ice melting in Lake Vendurskoe, Rus-

sian Karelia. *Hydrology Research.* 2010. Vol. 41, No 1. P. 50–62.

Malm J., Terzhevik A., Bengtsson L., Boyarinov P., Glinsky A., Palshin N., Petrov M. A field study of Thermo- and Hydrodynamics in three Small Karelian Lakes during winter 1994/1995. Department of Water Resources Engineering, Institute of Technology, University of Lund, 1996. No. 3197. 220 p.

Malm J., Terzhevik A., Bengtsson L., Boyarinov P., Glinsky A., Palshin N., Petrov M. Temperature and Hydrodynamics in Lake Vendurskoe during Winter 1995/1996. Department of Water Resources Engineering, Institute of Technology, University of Lund, 1997a. No. 3213. 203 p.

Malm J., Terzhevik A., Bengtsson L., Boyarinov P., Glinsky A., Palshin N., Petrov M. Temperature and salt content regime in three shallow ice-covered lakes. Heat and mass fluxes. *Nordic Hydrology.* 1997b. Vol. 28. P. 129–152.

Zdorovennov R., Palshin N., Zdorovennova G., Efremova T., Terzhevik A. Interannual variability of ice and snow cover of a small shallow lake. *Est. J. of Earth Sci.* 2013. 61 (1). P. 26–32.

Zdorovennova G., Zdorovennov R., Palshin N., Terzhevik A. Optical properties of the ice cover on Vendurskoe lake, Russian Karelia (1995–2012). *Annals of Glaciology.* 2013. 54 (62). P. 121–129.

Received February 02, 2015

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Здорovenнова Галина Эдуардовна

старший научный сотрудник лаборатории гидрофизики, к. г. н.
Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: zdorovennova@gmail.com
тел.: 89116660369

Здорovenнов Роман Эдуардович

старший научный сотрудник лаборатории гидрофизики, к. г. н.
Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: romga74@gmail.com
тел.: 89212209438

Пальшин Николай Иннокентьевич

старший научный сотрудник лаборатории гидрофизики, к. г. н.
Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: npalshin@mail.ru

CONTRIBUTORS:

Zdorovennova, Galina

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: zdorovennova@gmail.com
tel.: 89116660369

Zdorovennov, Roman

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: romga74@gmail.com
tel.: 89212209438

Palshin, Nikolay

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: npalshin@mail.ru

Гавриленко Галина Геннадиевна

и. о. младшего научного сотрудника лаборатории гидрофизики
Институт водных проблем Севера
Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: south.sun.cr@gmail.com
тел.: 89602115561

Митрохов Андрей Васильевич

главный гидробиолог лаборатории гидрофизики
Институт водных проблем Севера
Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: romga74@gmail.com

Тержевик Аркадий Юрьевич

зав. лабораторией гидрофизики, к. т. н.
Институт водных проблем Севера
Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: ark1948@list.ru

Gavrilenko, Galina

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: south.sun.cr@gmail.com
tel.: 89602115561

Mitrokhov, Andrey

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: romga74@gmail.com

Terzhevik, Arkady

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ark1948@list.ru