

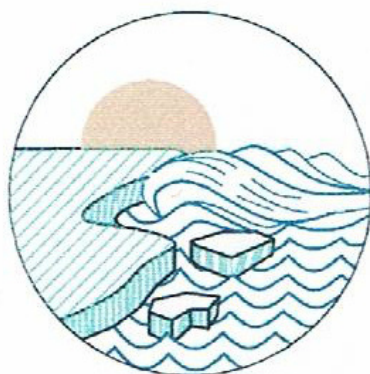


РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ
Федеральное агентство водных ресурсов
Российский фонд фундаментальных исследований
ОАО «РусГидро»

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники имени Б.Е. Веденеева
Администрация городского округа г. Рыбинск
Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва
Московский государственный университет природообустройства

IV Всероссийская Конференция

ЛЕДОВЫЕ И ТЕРМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ РОССИИ



*г. Рыбинск Ярославской области
24-29 июня 2013 года*

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Москва 2013

УДК 556:502.51

ББК 26.22Я5

Организатор Конференции:

ФГБУН «Институт водных проблем Российской академии наук»

При поддержке: Российской академии наук, Федерального агентства водных ресурсов, ОАО «РусГидро», Российского фонда фундаментальных исследований, Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева, администрации городского округа города Рыбинск, Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П.А. Соловьева.

Председатель Конференции: Виктор Иванович Данилов-Данильян - директор ИВП РАН, член-корреспондент РАН.

Ледовые и термические процессы на водных объектах России: научные труды IV Всероссийская конференция (24-29 июня 2013 года) // ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук. – М.: Издательство КЮГ, 2013. – 316 с.

ISBN 978-5-904639-24-2

Организационный комитет

Сопредседатели:

- А.Н. Баринов (руководитель Верхне-Волжского бассейнового водного управления)
Л.А. Крылова (зам. главы Администрации городского округа г. Рыбинск)
В.А. Полетаев (председатель Муниципального Совета городского округа город Рыбинск, ректор ФГБОУ ВПО Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва, докт. техн. наук).
В.К. Дебольский (Институт водных проблем Российской академии наук, докт. техн. наук).
Н.С. Бакановичус (ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», канд. техн. наук).

Члены организационного комитета:

- В.А. Бузин (Государственный гидрологический институт, докт. техн. наук).
А.Н. Гельфан (Институт водных проблем Российской академии наук, докт. физ.-мат. наук).
Е.И. Дебольская (Институт водных проблем Российской академии наук, докт. техн. наук).
Д.В. Козлов (Московский государственный университет природообустройства, докт. техн. наук).
Н.И. Коронкевич (Институт географии Российской академии наук, докт. геогр. наук).
В.Ю. Новиков (Полномочный представитель Администрации городского округа г. Рыбинск, канд. экон. наук).
И.Н. Шаталина (ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», канд. техн. наук).
О.Я. Масликова (Институт водных проблем Российской академии наук, канд. техн. наук).
В.Г. Калинин (Пермский государственный национальный исследовательский университет).

Ответственный секретарь: к.т.н. А.В. Остинова (ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук).

Технический секретарь: Н.А. Судачкова (ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук).

Все материалы печатаются в авторской редакции. Авторы представленных и опубликованных докладов несут ответственность за достоверность приведенных в них сведений.

ISBN 978-5-904639-24-2

© Изд. инт., 2013

© ИВП РАН, 2013

© Издательство КЮГ, 2013



2 секция.

47

Термические и ледовые процессы в реках, озерах, водохранилищах и в устьях рек.

7. **ОСОБЕННОСТИ ЗАТОРО- И ЗАЖОРООБРАЗОВАНИЯ НА РЕКАХ БАССЕЙНА Р. КУБАНЬ** 48
 Банщикова Л.С.
«Государственный гидрологический институт», г. Санкт-Петербург, Россия
8. **ВЛИЯНИЕ ВЕТРА НА РАЗВИТИЕ ТЕЧЕНИЙ В ВОДОЕМЕ В ПЕРИОД ФОРМИРОВАНИЯ ВЕСЕННЕГО ТЕРМОБАРА** 54
 Н.С. Блохина, Н.А. Горшкова
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
9. **ИЗМЕНЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА Р. РОПЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА КЛИМКОВКА (ПОЛЬСКИЕ КАРПАТЫ)** 61
 Л. Веячка*, И.Л. Григорьева**
 * *Институт Географии и Пространственной Организации ПАН, г. Краков, Польша*
 ** *ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук, г. Москва, Россия*
10. **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ТЕЧЕНИЙ В ОТКРЫТЫХ РУСЛАХ И ВОДОЕМАХ С УЧЕТОМ ЛЕДООБРАЗОВАНИЯ** 65
 А.Ф. Воеводин*, В.С. Никифоровская*, Т.Б. Гранкина**
 * *Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, г. Новосибирск, Россия*
 ** *Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия*
11. **ТЕРМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПРИЛИВНЫХ ЭСТУАРИЯХ МЕЗЕНИ И КУЛОЯ** 70
 Н.А. Демиденко
ФГБУ «Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова (ГОИН)», г. Москва, Россия
12. **ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ НА ТЕМПЕРАТУРУ ВОДЫ РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕР КАРЕЛИИ (1953-2011)** 75
 Т.В. Ефремова*, Н.Н. Пальшин*, Б.З. Белашев**
 * *Институт водных проблем Севера Кар.НЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия*
 ** *Институт геологии Кар.НЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия*
13. **ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИПАЯ В ФИОРДАХ АРХ. ШПИЦБЕРГЕН** 82
 Б.В. Иванов*,**
 * *ГНЦ РФ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт», г. Санкт-Петербург, Россия;*
 ** *Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра океанологии, Россия*



ИЗМЕНЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА Р. РОПЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА КЛИМКОВКА (ПОЛЬСКИЕ КАРПАТЫ)

Л. Веячка*, И.Л.Григорьева**

* Институт Географии и Пространственной Организации ПАН, г. Краков, Польша
e-mail: wieja@zg.pan.krakow.pl

** ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук, г. Москва, Россия
e-mail: Irina_Grigorieva@list.ru

Особую роль в изменении естественного термического режима рек играют искусственные водоемы, которые оказывают значительное влияние на температуру воды в реке ниже их местоположения. В Польше насчитывается более ста крупных водохранилищ, из которых более десятка расположено в районе польских Карпат. Одним из них является водохранилище Климковка на р. Ропе притоке р. Вислоки в верхнем бассейне р. Вислы (рис. 1). Водоохранилище Климковка создано в 1994 г. Бетонно-земляная плотина высотой 33 м и длиной 210 м расположена на расстоянии в 54.4 км от истока реки Ропы, примерно в 19 км к югу от города Горлице. Объем водохранилища составляет 43.5 млн. м³, площадь водного зеркала – 3 км², максимальная глубина – 30 м, а длина около 6 км. Средний расход воды, сбрасываемый в нижний бьеф водохранилища равен 2.0 м³/с. На плотине работает малая гидроэлектростанция мощностью 1.1 МВт. По сравнению с другими карпатскими водохранилищами, Климковка является средним гидротехническим объектом. Основное назначение созданного водохранилища – это защита от наводнений и покрытие дефицита воды в маловодные периоды.

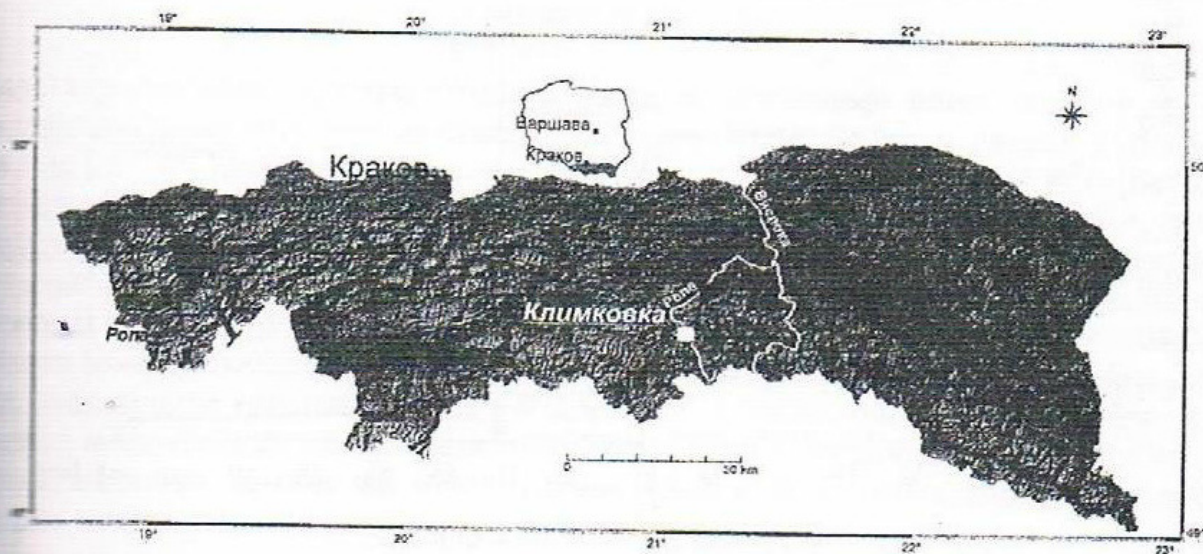


Рис. 1. Местоположение водохранилища Климковка.

Изменение термического режима р. Ропы связано с формированием термического режима водохранилища Климковка, для которого характерна летняя стратификация и увеличение максимальной температуры зимой (рис. 2) [4]. Измерения температуры воды по продольному профилю реки показали, что в летний период водохранилище Климковка снижает, а в зимний период повышает температуру воды ниже плотины по отношению к температуре воды до создания водохранилища и температуре воды выше его местоположения (рис. 3). Масштаб изменений в летние месяцы при высоких температурах воздуха может достигать около 20 °С, а зимой – несколько градусов Цельсия. Расстояние, на которое распространяется воздействие водохранилища Климковка на температуру воды в реке ниже плотины, до сих пор не установлено. Известно, что температура воды ниже водохранилища на расстоянии в 16 км отличается от температуры воды, которая



поступает в него. Исходя из результатов исследований других карпатских водохранилищ [1], можно предположить, что изменение температуры воды, вызванное влиянием водохранилища Климковка, может проследиваться до устья реки. Весной и осенью наблюдаются два коротких периода в течение которых значения температура воды в реке и в водохранилище одинаковы.

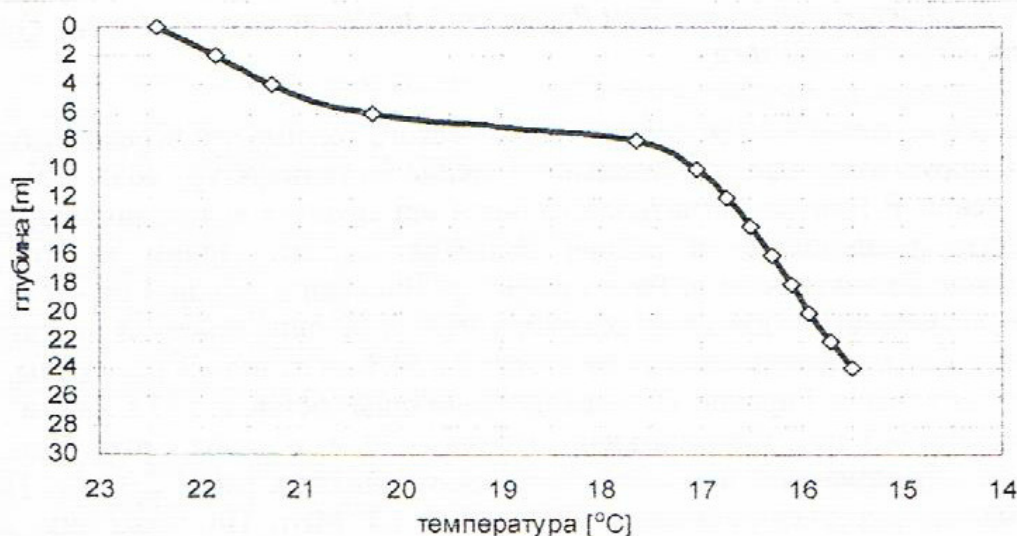


Рис. 2. Термическая стратификация в водохранилище Климковка летом.



Рис. 3. Изменение температуры воды по продольному профилю р. Ропы.

При исследованиях термического режима рек важными являются результаты долгосрочных, стационарных измерений. Такие измерения проводятся на научной станции Института Географии и Пространственной Организации РАН в деревне Шимбарк около Горлиц. Результаты ежедневных измерений температуры воды, проведенные на расстоянии в 16 км ниже плотины водохранилища Климковка, позволили провести сравнение температуры воды в реке Ропе в период до создания водохранилища (1982–1993 гг.) и после его создания (1994–2006 гг.).

Сравнительный анализ средних месячных значений температуры воды в реке Ропе с ноября по апрель в период после создания водохранилища (1994–2006 гг.) с аналогичным



периодом до его создания (1982–1993 гг.) показал, что наблюдается увеличение средних температур от 0.5°C в феврале до 1.3°C в ноябре и декабре (рисунок 4) [2]. В период с мая по октябрь температура воды снижалась на 0.2°C в сентябре до 2.4°C в мае. Пересечение кривых годового хода средних месячных температур воды в рассматриваемые периоды наблюдалось в течение года дважды; в марте при средней температуре 5.5°C и в сентябре при температуре 14.5°C (рис. 4).

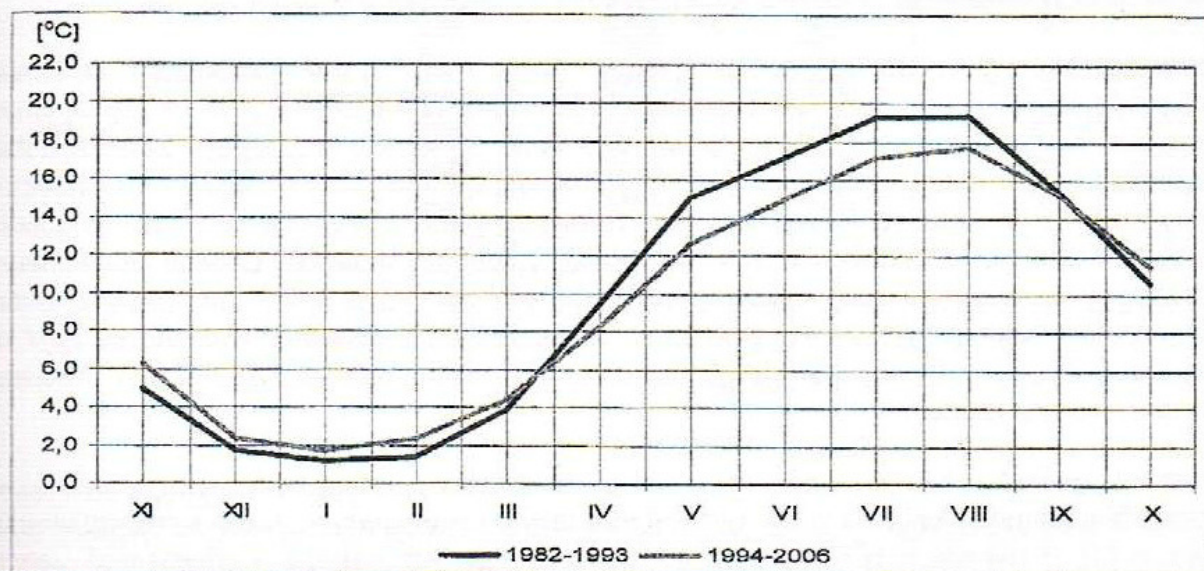


Рис. 4. Кривые годового хода средних месячных температур воды в р. Ропе у д. Шимбарк в различные периоды.

После строительства водохранилища Климовка отмечались более высокие значения средних максимальных ежемесячных температур воды только в период с ноября по февраль [2]. Эти различия находятся в диапазоне от 0.7°C (декабрь) до 1.8°C (ноябрь). В остальные месяцы средние максимальные месячные температуры воды после создания водохранилища были ниже, чем аналогичные температуры, зарегистрированные до его создания на 0.6°C в марте и на 5.6°C в июле. В октябре средние значения максимальных месячных температур воды для двух сравниваемых периодов были равны. Выравнивание средних максимальных ежемесячных температур между изучаемыми периодами в течение года происходило при температуре 6.8°C в марте, а также при 15.6°C в октябре. В ходе средних минимальных ежемесячных температур воды в рассматриваемый период, после строительства плотины во все месяцы, кроме июня и июля, наблюдались более высокие средние минимальные месячные значения температуры воды.

В зимнее гидрологическое полугодие (с ноября по апрель) средняя температура воды в Ропе в период до создания водохранилища равнялась 3.9°C , а после его создания произошло незначительное увеличение температуры на 0.3°C [2]. Средняя минимальная температура воды в зимний период после создания водохранилища увеличилась на 0.2°C (с 0.1°C до 0.3°C), а средняя максимальная температура воды уменьшилась на 2.8°C . Так зимой в период с 1982 г. по 1993 г. она составила 16.1°C , а в период с 1994 по 2006 г. она равнялась 13.3°C . Самая высокая температура воды в первое полугодие гидрологического года до создания водохранилища составила 20.5°C , а после создания – 15.9°C . Минимальная зимняя суточная температура воды, измеренная в период с 1982 по 1993 г., равнялась 0.2°C , а в период с 1994 по 2006 г. – -0.3°C . Средняя температура воды в Ропе для летнего гидрологического полугодия в период с 1994 по 2006 г. сократилась на 1.0°C (с 16.2°C до 14.9°C) по сравнению с периодом с 1982 по 1993 г., а среднее значение максимальной температуры уменьшилось на 3.9°C (с 25.4°C до 21.5°C) [2]. Средняя



минимальная температура, рассчитанная для летних полугодий гидрологического года (с мая по октябрь) после строительства плотины увеличилась по отношению к средней минимальной температуре для тех же половин перед созданием водохранилища на 2.7°C (с 5.0°C до 7.7°C). Наиболее высокая температура воды в реке Ропе в летний период до создания водохранилища составила 28.8°C , а после его создания – 22.0°C . Самая низкая температура в летнюю половину гидрологического года в период с 1982 по 1993 г. составила 3.4°C , а в период с 1994 по 2006 г. – 5.6°C .

Изменения температурного режима Ропы также видны при сравнении значений температур, характерных для всех периодов 1982 – 1993 гг. и 1994 – 2006 гг. [2]. Средняя и средняя максимальная температура воды в Ропе в период с 1994 по 2006 г. ниже аналогичных значений температуры для периода, предшествующего наполнению водохранилища. Разница значений средних температур между сравниваемыми периодами не очень большая и составляет 0.6°C . Между средними максимальными значениями температур, эта разница становится существенной и достигает 4.8°C . Значения средних минимальных температур воды в реке двух сравниваемых периодов отличаются друг от друга на 0.2°C . И в период после образования водохранилища минимальные значения температур воды выше.

О трансформации температурного режима реки после создания водохранилища можно заключить исходя из анализа хода годовой амплитуды температуры воды в сравниваемые периоды [2]. В период с 1982 по 1993 г. значения годовых амплитуд колебались между 24.2°C (1983 г.) и 28.5°C (1993 г.), в то время как в период с 1996 по 2006 г., эти значения были ниже и изменялись в диапазоне от 19.3°C (2004 г.) до 22.3°C (1999 г.) (рис. 5). Годовая амплитуда температуры воды после создания водохранилища за период с 1994 по 2006 г. снизилась в среднем на 5°C по сравнению с аналогичным периодом до его создания.

Увеличение температуры воды зимой в реке ниже водохранилища Климовка по сравнению с периодом до его создания привело к значительному изменению ледового режима реки. После создания водохранилища Климовка среднее число дней с ледовыми явлениями на реке Ропе во все месяцы зимы уменьшилось (рис. 6). Сократилась длительность периодов образования большинства ледовых форм (снежная каша, внутриводный лед, ледоход, заторы) в частности, постоянного ледяного покрова на реке. Но произошло увеличение количества дней с донным льдом и частичным ледовым покрытием.

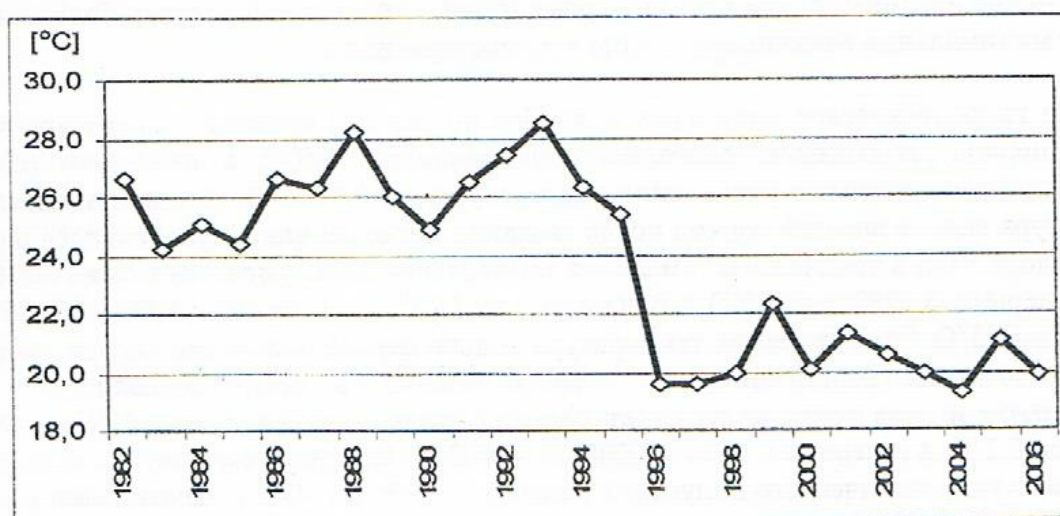


Рис. 5. Изменение годовых амплитуд температуры воды в период с 1982 по 2006 гг.

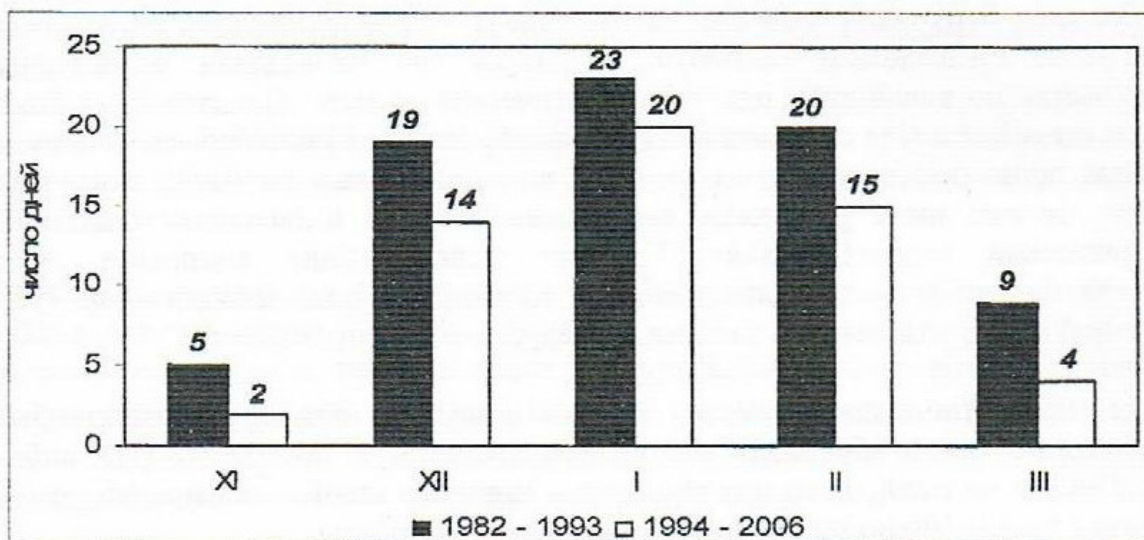


Рис. 6. Среднее число дней с ледовыми явлениями в р. Ропе у д. Шимбарк.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цыберска Б. Влияние водохранилищ на трансформацию естественного термического режима реки// Труды Института метеорологии и водного хозяйства. Т. 4, Польша, 1975. - С. 45-108.
2. Wiejaczka Ł. Wpływ zbiornika wodnego „Klimkówka” na reżim termiczny rzeki Ropy, [w:] Kostrzewski A., Andrzejewska A. (red.), Program Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego a zadania ochrony obszarów Natura 2000”, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Izabelin, 2007. - s. 367 – 378.
3. Wiejaczka Ł. The impact of the Klimkówka water reservoir on the freezing over of the Ropa river, [in:] Bochenek W., Kijowska M. (ed.), The operation of the natural environment during economic transformations in Poland, Library of Environmental Monitoring, 2009. - s. 172 – 187.
4. Wiejaczka Ł., *The influence of the Klimkówka water reservoir on the abiotic elements of natural environment in the Ropa River valley* Geographical Studies, 229, 2011. - 144 pp.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ТЕЧЕНИЙ В ОТКРЫТЫХ РУСЛАХ И ВОДОЕМАХ С УЧЕТОМ ЛЕДООБРАЗОВАНИЯ

А.Ф. Воеводин*, В.С. Никифоровская*, Т.Б. Гранкина**

*Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, г. Новосибирск, Россия

**Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия

e-mail: voevodin@hydro.nsc.ru, grankina@gmail.com

Введение

Предложен комплекс математических моделей для исследования круглогодичного цикла гидротермических процессов в водных объектах в естественных и зарегулированных условиях с учетом ледообразования. Под водным объектом будем понимать водохозяйственную систему, которая может включать в себя в общем случае сильно различающиеся друг от друга по морфометрическим и гидравлическим характеристикам объекты (отдельные водотоки, водоемы, озера, их взаимосвязанные системы (например,