

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ СЕВЕРА КарНЦ РАН
ИНСТИТУТ ОЗЕРОВЕДЕНИЯ РАН
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ АН РТ
МИНИСТЕРСТВО ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
ВОЛЖСКО-КАМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ БИОСФЕРНЫЙ
ЗАПОВЕДНИК
ОТДЕЛЕНИЕ РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА
В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН
РЕСПУБЛИКАНСКОЕ ОБЩЕСТВЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ
«ТАТАРСТАН - НОВЫЙ ВЕК» – «ТАТАРСТАН - ЯҢА ГАСЫР»
КАФЕДРА ЮНЕСКО «РАЗВИТИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ПРИНЦИПОВ ХАРТИИ
ЗЕМЛИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УСТОЙЧИВОГО СООБЩЕСТВА»

ОЗЕРА ЕВРАЗИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

**МАТЕРИАЛЫ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
19 – 24 мая 2019 г.**

Часть 2

**КАЗАНЬ
2019**

УДК 556.55(4/5)(063)

ББК 26.222.6

О-46

Редакционная коллегия

Р.Р. Шагидуллин, Н.Н. Филатов, Ш.Р. Поздняков, Д.В. Иванов

Рецензент

Академик РАН В.А. Румянцев

Озера Евразии: проблемы и пути их решения. Материалы II Международной конференции (19–24 мая 2019 г.). – Казань: Издательство Академии наук РТ, 2019. – Ч. 2. – 378 с.
ISBN 978-5-9690-0527-3

В книге представлены результаты теоретических исследований, практического использования, охраны и управления ресурсами озер Евразии. Рассмотрены Великие озера Евразии: Байкал, Ладожское, Онежское, Телецкое, Чаны, Улянухэй и разнообразные озера Арктики и субарктики, бореальной и аридной зон. Основной акцент при организации конференции и подготовке сборника был сделан на то, чтобы рассмотреть наиболее актуальные вопросы лимнологии и возможные пути решения теоретических и практических проблем озер на обширной территории Евразии с учетом необходимости развития тесного международного сотрудничества. Важной задачей конференции является консолидация ученых разных стран Евразии, БРИКСа для получения новых научных знаний, объединение усилий для решения практических проблем трансграничных озерно-речных систем, обоснования возможного перераспределения водных ресурсов, обоснование рационального использования и охраны озер Евразии.

This volume of collected papers was compiled of the proceedings of the II International Conference «Lakes of Eurasia: Problems and Solutions», Kazan, 19-24.05.2019. The volume presents the results of theoretical studies, practical use, conservation and resource management of various lakes of Eurasia. Great Eurasian lakes (Baikal, Ladoga, Onego, Teletskoye, Chany, Wuliangsuhai) and diverse lakes of the arctic and subarctic regions, the boreal and arid zones are considered. The key idea in organizing the conference and preparing these proceedings was to address the most pressing issues of limnology and offer potential solutions for theoretical and practical problems of lakes in the vast territory of Eurasia, keeping in mind the need for close international cooperation. An important mission for the 1st conference is to consolidate the efforts of scientists from different Eurasian and BRICS countries in obtaining new knowledge and handling the real problems of transboundary lake-river systems, substantiating possible redistributions of water resources, sustainable management and conservation of Eurasian lakes.

Издание материалов осуществлено при финансовой поддержке Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан.

ISBN 978-5-9690-0527-3

© Авторы докладов, 2019

© Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, 2019

© Министерство экологии и природных ресурсов РТ, 2019

- Боруцкий Е.В. О кормовой базе // Тр. ИЭМЭЖ АН СССР. 1960. Вып. 13. С. 5–51.
- Веснина Л.В. Зоопланктон озерных экосистем равнины Алтайского края. Новосибирск: Наука
- Водоемы Алтайского края: биологическая продуктивность и перспективы использования / Л.В.Веснина, В.Б.Журавлев, В.А.Новоселов и др. Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1999. 285 с.
- Жадин В.И., Павловский Е.Н. Жизнь пресных вод СССР. М. Л.: АН СССР, 1956. Т. 4, Ч. 1. 470 с.
- Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
- Лучшева А.А. Практическая гидрометрия. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 423 с.
- Никольский Г.В. Теория динамики стада рыб как биологическая основа рациональной эксплуатации и воспроизводства рыбных ресурсов. М., 1974. 375 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / Под ред. С.Я. Цалолихина. СПб.: Наука, 2001. Т. 5. 837 с.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищевая пром-ть, 1966. 376 с.

MODERN STATUS OF WATER BIOLOGICAL RESOURCES OF THE OB RIVER IN THE ALTAY REGION BORDERS

L.V. Vesnina, D.A. Surkov, N.V. Zelentsov

The species composition of phytoplankton is qualitatively and quantitatively poor in the course of the Ob, in the summer in small floodplain lakes there is a massive development of filamentous (*Spirogyra*) and blue-green (*Anabaena*, *Microcystis*) algae. In the upper reaches, the composition of zoobenthos is characterized by the presence of representatives of the larvae of the *Chironomidae* Linnaeus, 1758 family groups, as well as the class *Coleoptera* Linnaeus, 1758, *Oligochaeta* Linnaeus class, 1758, and *Ceratopogonidae* Newman, 1834. Ob is dominated by the larvae of the family *Chironomidae*, the family *Ceratopogonidae* and the class *Oligochaeta*. The most numerous species of ichthyofauna at the observation site (the Lower Zalomnaya and Malyshevskaya ducts) is bream, the second largest is roach. Pike perch and burbot make up less than 1.0% of the total ichthyomass of the Ob River in this area.

ПИЩЕВОЕ ПОВЕДЕНИЕ И ПИТАНИЕ РЯПУШКИ (*COREGONUS ALBULA*) В ОЗЕРЕ ПЛЕЩЕЕВО В ПЕРИОД ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТРАТИФИКАЦИИ

Ю.В. Герасимов, М.И. Малин, Э.С. Борисенко, С.М. Жданова, А.И. Цветков,
А.К. Смирнов

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

Озеро Плещеево - водоем с устойчивой летней стратификацией (с конца мая и до середины сентября). Ежегодно в период стратификации в озере наблюдается явление летне-осенней придонной гипоксии, которая развивается в гипolimнии. Ряпушка, обитающая в озере, в период летнего прогрева эпилимниона озера, концентрируется в гипolimнии, где летняя температура не превышает 7-8⁰С. При развитии гипоксии ряпушка вынуждена находиться

в металимнионе, между прогретым эпилимнионом и обескислороженными водами гипolimниона. Диапазон вертикального распределения ряпушки в этот период сужается и составляет менее 2 м в высоту, а площадь зоны обитания уменьшается в 2-5 раз. Это приводит к быстрому истощению запасов кормовых организмов и, соответственно, голоданию ряпушки.

Оценку пространственного распределения и поведения переславской ряпушки проводили гидроакустическим методом с помощью научного эхолота Simrad EY-500 с антенной ES120-7C. Плотность распределения переславской ряпушки определена методом эхоинтегрирования, длина интервала интегрирования равна 50 м.

Отлов ряпушки проводили в июле ставными жаберными сетями высотой 5 м с размером ячеи 16, 18, 20, 22 и 25 мм. Использовали два одинаковых орудия лова: одновременно облавливали поверхностный (от поверхности до 5 м) и придонный (от 13 м до дна) горизонты. Проверку сетей осуществляли каждые 2 ч в течение суток.

Данные, полученные в разные сезоны, когда в придонных слоях оз. Плещеево отсутствует гипоксия, показывают, что ряпушка не покидает гипolimнион в период стратификации водных масс озера Плещеево. Что обусловлено более комфортными температурными условиями для этого холодноводного вида и наличием достаточного количества кормовых организмов. Сходное поведение ряпушки описано в другой работе [Mehner et al., 2010], где она не покидает зону обитания ниже термоклина с температурами 6.5-9⁰С, которые, по мнению авторов, соответствуют метаболическому оптимуму, характерному для данного вида. В озере Плещеево она не поднимается выше глубины 12 м и в период весенней и осенней гомотермии (за исключением нерестового периода), что возможно объясняется достаточным обилием кормовых организмов в гипolimнионе и (или) избеганием зоны обитания хищников – щуки, крупного окуня и рыбоядных птиц.

В период возникновения летне-осенней придонной гипоксии, которая развивается в гипolimнионе, происходит существенное уменьшение зоны обитания ряпушки, которую сверху ограничивают прогретые воды эпилимниона, а снизу бедные кислородом воды гипolimниона. В это время слой обитания ряпушки сужается до 1-2 м по нашим и полученным ранее данным [Малинин, Линник, 1983; Экосистема озера..., 1989]. Кроме того, зона обитания ряпушки уменьшается и в горизонтальном плане. В период гипоксии площадь занимаемая ее скоплением сокращается в 2 – 5 раз.

Сужение зоны обитания ряпушки, в свою очередь, приводит к быстрому истощению запасов кормовых организмов в слое её максимальной концентрации. В этот период биомасса планктона в зоне обитания ряпушки (металимнион и верхняя граница гипolimниона) не превышает 0,1 г/м³, а из всех отловленных особей ряпушки более 70% было с пустыми пищеварительными трактами. Таким образом, ряпушка в период развития бескислородной зоны находится в условиях постоянного дефицита кормового ресурса.

Голод вынуждает ее совершать подъёмы в мета- и эпилимнион, где плотность планктонных организмов выше, чем в гипolimнионе (рис. 1). По данным гидроакустических наблюдений выходы в эпи- и металимнион крайне скоротечны, при этом скорость вертикального перемещения ряпушки при подъеме в теплые слои и возвращении в зону обитания достигает 1,5 м/с, что, очевидно, обусловлено минимизацией времени нахождения в воде, температура которой значительно превышает температурный оптимум ряпушки.

Лабораторные эксперименты, проведённые в горизонтальной термоградиентной установке (Смирнов, Голованов, 2011), показали, что рыбы, при отсутствии альтернативы,

способны добывать корм в отсеках с сублетальными и летальными значениями температуры. Молодь окуня добывала корм в отсеках градиента с температурой 36°C, заходя в них на очень непродолжительное время. Только в первый день после внесения корма в отсек с самой высокой температурой была отмечена гибель отдельных особей. Причина летального исхода - потеря локомоторной способности, что стало препятствием к возвращению в более холодные отсеки установки.

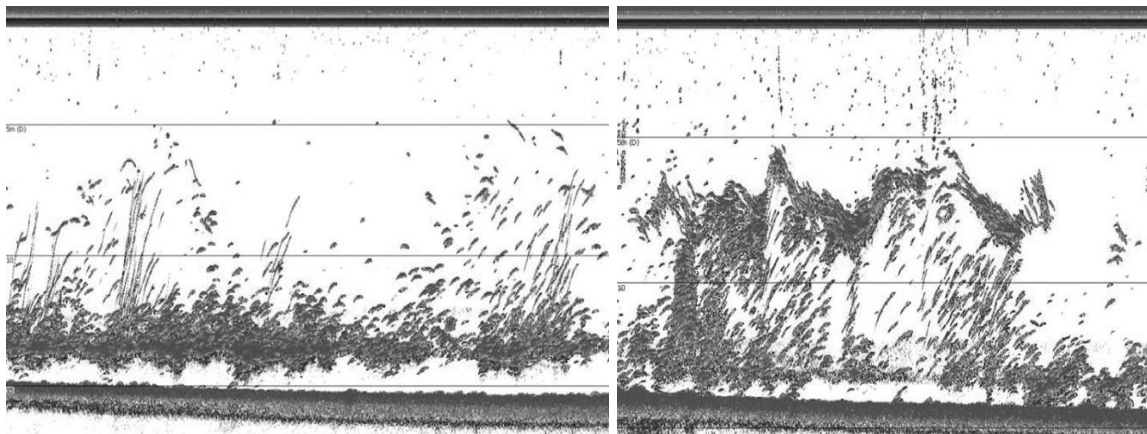


Рис. 1. Вертикальные перемещения ряпушки в верхние слои эпилимниона: слева - дневные выходы одиночных особей в слой воды между 5 и 10 м, справа - ночные выходы особей в составе плотных стай в слой воды между 5 и 10 м.

В последующие дни эксперимента гибели окуней больше не наблюдалось, несмотря на то, что они продолжали выедать корм из отсека с высокими значениями температуры, т.е. оставшиеся в экспериментальной установке особи смогли в течение суток адаптироваться к питанию в таких условиях. Рыбы заплывали в отсек с высокой температурой воды только в те моменты, когда в нем находилась пища, и сразу покидали его после схватывания кормовых объектов. Время нахождения окуней в этих условиях, как правило, не превышало десяти секунд, период, за который внутренняя температура тела не успевала достичь критических значений, вызывающих гибель.

В более ранней работе [Munson et al., 1980], молодь радужной форели, находясь в стартовом отсеке при температуре акклимации, должна была для попадания в отсек с кормом преодолеть термоклин, в котором конечная температура воды значительно превышала температуру акклимации. Когда значение температурного порога превысило ранее определенный авторами критический термический максимум, были отмечены первые погибшие особи. Однако, даже это не вызвало полного игнорирования корма в зоне с высокой температурой воды, но уже через 2–2.5 минуты нахождения в этой зоне у всех рыб наблюдалось ускорение движения жаберных крышек и потеря равновесия.

Лабораторные эксперименты в градиентных условиях среды показали, что рыбы могут питаться в зоне сублетальной и даже летальной температуры. Но при этом большое значение для их выживания имеет фактор времени, чем выше температура, тем меньше продолжительность нахождения рыбы в зоне кормодобывания, что и определяет вероятность успешного возвращения в благоприятные температурные условия. Этим обусловлены и высокие вертикальные скорости перемещения ряпушки при всплытии в эпилимнион и возвращении обратно. Рыбы минимизируют время, затрачиваемое на

вертикальные перемещения, выигрывая во времени, в течение которого они добывают корм в неблагоприятных температурных условиях.

При столь кратковременных всплываниях в слои с высокой температурой плотность кормовых организмов должна быть достаточно высокой для достижения за короткий промежуток времени максимально возможного уровня насыщения. В оз. Плещеево в августе в период существования стратификации и развитой придонной гипоксии популяция основного объекта питания ряпушки – *Bythotrepes brevimanus*, располагается в верхнем пятиметровом слое воды [Ривьер, 2012]. На глубинах 10 и 15 м обнаруживаются лишь единичные особи. По площади озера основная часть популяции распределена над глубинами 6—7 м (до 146 экз./м³), по направлению к центру озера численность снижается (до 76 тыс. экз./м³) и достигает минимума в поверхностных слоях наиболее глубокой части озера (26 экз./м³). Одновременно с *B. brevimanus* по направлению к центру озера уменьшалась численность и других крупных зоопланктеров (*Leptodora kindtii*, *Eudiaptomus graciloides*, *Diaphanosoma*, *Daphnia galeata*) [Ривьер, 2012].

По мнению ряда авторов [Кияшко, Половкова, 1983; Ривьер, 2012], подобное распределение связано с выеданием планктона многочисленными в пелагиали мелкими окунем, плотвой и уклейкой. При 20-минутном тралении пелагическим тралом улов составляет 8—37 кг, из них 3 - 17 кг приходится на мелкого окуня ($l = 132,9 \pm 1,3$ мм), который представлен младшими возрастными группами (1+—3+). Вторым по численности видом в уловах является уклейка ($l = 145,8 \pm 2,1$ мм). Кроме этих видов в уловах встречаются мелкие плотва и густера ($l = 123,4 \pm 4,1$ и $122,1 \pm 3,1$ мм, соответственно). При этом, спектры питания ряпушки, мелкого окуня и уклейки при питании в эпилимнионе имеют значительное сходство. У всех указанных видов в пищевом комке доминирует *B. brevimanus* и другие крупные планктонные организмы (табл. 3).

Кратковременное нахождение ряпушки в теплой воде мета- и эпилимниона не позволяет ей эффективно питаться в таких разреженных скоплениях. Возможно, что это является одной из основных причин смещения ряпушки на периферию пелагиали озера, где численность основных кормовых организмов значительно выше.

Смещения ряпушки на периферию пелагиали озера приводит к значительному усложнению трофических связей ряпушки. Единственный хищник озера Плещеево, в питании которого отмечена ряпушка – щука [Экосистема озера..., 1989]. В питании более массового, чем щука, крупного окуня-хищника, обитающего в литоральной и сублиторальной зонах озера ряпушка не обнаружена [Экосистема озера..., 1989]. Обусловлено это тем, что ряпушка размером > 14 см недоступна для окуня размером до 30 см [Dorner, Wagner 2003], а в уловах ряпушки выше термоклина средний размер (l) особей составил - $180,3 \pm 3,1$ мм (при диапазоне от 150 до 200 мм), что значительно больше, чем в уловах из гипolimниона ($l = 160,3 \pm 25,6$ мм).

Кроме щуки, выход ряпушки на мелководные участки увеличивает ее доступность для рыбоядных птиц (рис. 2), которые не могут ее добывать в отсутствии гипоксии, когда скопления ряпушки находятся в гипolimнионе глубже 13 м.

Следовательно, посещение ряпушкой слоя воды с повышенными температурами возможно только на относительно короткие промежутки времени, продолжительность которых зависит от температуры воды в эпилимнионе. Для выживания в таких условиях ряпушке необходим слой воды с благоприятными температурными условиями, поскольку «отдых» в таком температурном «рефугиуме» необходим ей для восстановления нормального функционирования организма после негативного воздействия повышенных температур. В нашем случае, как и у вышеупомянутых авторов [Mehner et al., 2010],

ряпушка в ночное время предпочитала находиться в слое воды с физиологически оптимальными температурами, а днем совершала краткосрочные выходы в эпилимнион.

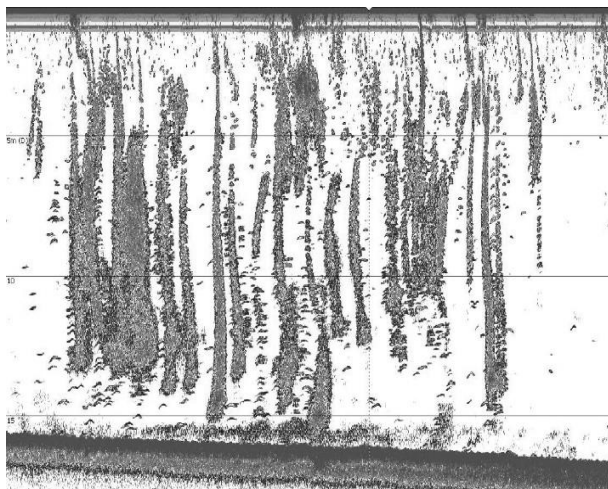


Рис. 2. Вертикальные треки ныряющих особей чомги (*Podiceps cristatus*) в скопление ряпушки, находящееся на глубине от 12 до 15 м.

Некоторые авторы [Wildhaber, Crowder 1990; Krause et al., 1998] на этом основании утверждают, что температура является первичным фактором, а питание – вторичным. К рассматриваемому случаю, очевидно, более применимо использование такой важной функции, как степень голода, которая и определяет баланс между потребностью питания в неблагоприятных условиях и необходимостью постоянного пребывания в условиях с физиологически оптимальными температурами. При обострении голода питание становится первичным фактором, вынуждающим ряпушку добывать корм в условиях сублетальных и даже летальных температур и при повышенном прессе хищников.

Литература

Голованов В.К., Смирнов А.К. Термоустойчивость речного окуня *Perca fluviatilis* (L.) при различных скоростях нагрева воды // Мат. Междунар. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы аквакультуры и рационального использования водных биоресурсов». Киев, 2005. С. 161-162.

Кияшко В.И., Половкова С.Н. Питание и пищевые взаимоотношения рыб оз. Плещеево // Функционирование озерных экосистем. Рыбинск: Ин-т биологии внутр. вод АН СССР, 1983. С. 112-125.

Малинин Л.К., Линник В.Д. Плотность и пространственное распределение массовых видов рыб в оз. Плещеево // Функционирование озерных экосистем / Труды ИБВВ АН СССР. Рыбинск, 1983. Вып. 51(54). С. 125-159.

Ривьер И.К. Особенности популяции *Bythotrephes brevimanus* Lilljeborg, 1901 в оз. Плещеево. (бассейн Верхней Волги) // Биология внутренних вод. 2012. № 3. С. 52-58.

Смирнов А.К., Голованов В.К. Поведение молоди речного окуня *Perca fluviatilis* в температурном градиенте в зависимости от местоположения корма // Вопросы рыболовства. 2011. Т. 12, №4(48). С.730-740

Экосистема озера Плещеево. Л: Наука, 1989. 260 с.

Dorner H., Wagner A. Size-dependent predator-prey relationships between perch and their fish prey // Journal of Fish Biology. 2003. № 62. P. 1021–1032.

Krause J., Staaks, G., Mehner T. Habitat choice in shoals of roach as a function of water temperature and feeding rate // *Journal of Fish Biology*. 1998. № 53. P. 377–386.

Mehner T., Busch S., Helland I.P., Emmrich M., Freyhof J. Temperature-related nocturnal vertical segregation of coexisting coregonids // *Ecol. Freshw. Fish*. 2010. V. 19, №3. P. 408–419.

Munson B. H., McCormick J.H., Collins H.L. Influence of thermal challenge on conditioned feeding forays of juvenile rainbow trout // *Transactions of the American Fisheries Society*. 1980. № 109. P. 116-121.

Wildhaber, M.L., Crowder L.B. Testing a bioenergetics-based habitat choice model: bluegill (*Lepomis macrochirus*) responses to food availability and temperature // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1990. № 47. P. 1664–1671.

FEEDING BEHAVIOR AND FOOD SPECTRUM OF VENDACE (COREGONUS ALBULA) IN LAKE PLESCHEEVO DURING THE PERIOD OF TEMPERATURE STRATIFICATION

**Yu.V. Gerasimov, M.I. Malin, E.S. Borisenko, S.M. Zhdanova,
A.I. Tsvetkov, A.K. Smirnov**

Lake Plescheevo is a waterbody with stable summer stratification. A phenomenon of summer-autumn near-bottom hypoxia developing in the hypolimnion is observed annually during the period of water stratification. Vendace inhabiting the lake concentrates in the hypolimnion where summer temperature does not exceed 7-8°C, during the summer heating of lake's epilimnion. In conditions of developing hypoxia vendace has to move into the metalimnion, positioning itself between heated epilimnion and hypoxic waters of hypolimnion. The range of vendace's vertical distribution during this period narrows to less than two meters in height, while the habitable area decreases by 2-5 times. This leads to rapid exhaustion of food organisms' stock and, consequently, to starvation of vendace.

HYDROGEN AND OXYGEN ISOTOPE AND WATER CHEMISTRY CHARACTERISTICS OF WATER BODY DURING FREEZING AND THAWING PROCESS IN WUERXUN RIVER, INNER MONGOLIA

**Guo Ziyang, Li Changyou, Shi Xiaohong, Sun Biao, Zhao Shengnan, Hou Bo,
Yang Zhaoxia**

*Institute of Water Resources and Civil Engineering, Inner Mongolia Agricultural University,
Hohhot, Inner Mongolia, China*

Due to the poor precipitation in the cold and arid regions, strong evaporation. The study of rivers and lakes in the cold and arid regions has always been the focus of research in the water environment science. The remarkable regional characteristics and water cycle composition of rivers and lakes in the cold and arid regions of the north can be used as an important indicator of historical climate change and an entry point for environmental change research. This paper selects the Wuerxun River in the Hulun Lake Basin of Inner Mongolia, China as the research object. Systematic study on hydrogen and oxygen isotopes and water chemistry in different water bodies of the Wuerxun River during freezing and thawing. Provide scientific guidance and basis for the