

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. А.И. ГЕРЦЕНА
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ
НОЦ «ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»
РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
ИНСТИТУТ ОЗЕРОВЕДЕНИЯ РАН
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ СЕВЕРА КАРНЦ РАН

География: традиции и инновации в науке и образовании

*Коллективная монография
по материалам Международной научно-практической
конференции LXVII Герценовские чтения
17–20 апреля 2014 года,
посвященной 110-летию со дня рождения
Александра Михайловича Архангельского*

Санкт-Петербург
Издательство РГПУ им. А. И. Герцена
2014

ББК 26.8,021
УДК 911.5
Г 35

Печатается по решению
Совета факультета географии
РГПУ им. А. И. Герцена

Рецензенты:

Д.В. Севастьянов, Д.П. Финаров

Ответственные редакторы:

В.П. Соломин, В.В. Румянцев, Д.А. Субетто, Н.В. Ловелиус

Редакционная коллегия:

*Д.А. Гдалин, Ю.Н. Гладкий, Ал.А. Григорьев, С.И. Махов, Л.Г. Мачавариани,
В.Г. Мосин, Е.М. Нестеров, А.Н. Паранина, Л.А. Пестрякова, В.Д. Сухоруков*

Техническое редактирование:

А.Н. Паранина, В.В. Брылкин

География: традиции и инновации в науке и образовании. Коллективная монография по материалам ежегодной Международной научно-практической конференции LXVII Герценовские чтения, посвященной 110-летию со дня рождения Александра Михайловича Архангельского, Санкт-Петербург, РГПУ им. А. И. Герцена, 17–20 апреля 2014 года / Отв. ред. В.П. Соломин, В.А. Румянцев, Д.А. Субетто, Н.В. Ловелиус. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2014 – 432 с.
ISBN 978-5-8064-1965-2

Коллективная монография «География: традиции и инновации в науке и образовании» представляет новые результаты развития географии и географического образования. В ней так же нашли отражение материалы, показывающие живую связь современных достижений с фундаментальными основами, заложенными трудами наших предшественников, и подчеркивается преемственность в передаче традиции системного пространственного мышления, уходящей в далекое прошлое. В разделах монографии обобщены основные направления работы ежегодной Международной научно-практической конференции LXVII Герценовские чтения, посвященной 110-летию со дня рождения Александра Михайловича Архангельского, автора научных трудов и классических учебников по физической географии, который вложил свои творческие силы и организаторский талант в развитие географической науки и образования в России и на факультете географии РГПУ им. А.И. Герцена.

Настоящее издание адресуется как представителям географической науки и образования, так и широкому кругу специалистов в области смежных естественных и гуманитарных наук.

Geography: traditions and innovations in science and education. Collective monograph on the materials of annual International Scientific-Practical Conference LXVII Herzen readings, devoted to the 110 anniversary of Alexander Mikhailovich Arkhangelsky, St. Petersburg, Herzen State Pedagogical University, 17-20 April 2014 / Resp. editor V.P. Solomin, V.A. Rumyantsev, D.A. Subetto, N.V. Lovelius. – St. Petersburg: Herzen State Pedagogical University, Publishing, 2014 – p. 432

Collective monograph «Geography: traditions and innovations in science and education» represents a new development results of geography and geographical education. It also reflected the materials showing the connection of modern achievements with the fundamental bases laid down by the works of our predecessors, and emphasizes the continuity of spatial system thinking traditions, which goes back into the distant past. In monograph sections summarizes the main directions of annual International Scientific-Practical Conference LXVII Herzen readings, devoted to the 110 anniversary of Alexander Mikhailovich Arkhangelsky, the author of scientific works and classic textbooks on physical geography, who invested their creative power and managerial talent in development of geographical science and education in Russia and at Geography Faculty of Herzen State Pedagogical University.

This edition is addressed to the representatives of geographical science and education, as well to wide range of experts in the field of related sciences and humanities.

ISBN 978-5-8064-1965-2

ББК 26.8,021
УДК 911.5

© Коллектив авторов, 2014

© Издательство РГПУ им. А.И. Герцена, 2014

СУБФОССИЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА CLADOCERA ОЗЕРА БОЛЬШОЙ ХАРБЕЙ (БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКАЯ ТУНДРА) КАК ИНДИКАТОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Л.А. Фролова, Л.И. Гафиатуллина, А.А. Фролова
КФУ, г. Казань, larissa.frolova@kpfu.ru

CLADOCERAN ASSEMBLAGES AS INDICATOR OF PAST ENVIRONMENTAL AND CLIMATICAL CHANGES OF BIG KHARBEY, A LAKE IN BOLSHEZEMELSKAYA TUNDRA

L.A. Frolova, L.I. Gafiatullina, A.A. Frolova
Kazan Federal University, Kazan

Повышенный интерес к исследованиям арктических и субарктических экосистем обусловлен целым рядом объективных причин. Северные экосистемы являются наиболее уязвимыми в условиях возрастающего антропогенного воздействия в силу их специфических характеристик. Водные экосистемы в условиях российского Заполярья характеризуются особенностями формирования химического состава поверхностных вод. Поведение и миграционная способность элементов и соединений в высоких широтах специфичны в силу климатических и ландшафтно-географических особенностей, их токсичные свойства проявляются более активно в низкоминерализованных и низкотемпературных водах вследствие низкой скорости энергообмена и более бедного видового разнообразия водных экосистем Субарктики [9, 10]. Известно, что изменение климата наиболее ярко выражено в арктических широтах и что северные экосистемы наиболее нестабильны и особенно чувствительны к внешним экологическим воздействиям [15, 6].

Европейский Северо-Восток России в силу особенностей своего климата и геологической истории богат различного рода водными объектами [1, 3]. Обилие озер – характерная ландшафтная особенность тундры как природно-климатической зоны, и, в частности, равнинной территории Большеземельской тундры [6]. Особое внимание специалистов гидрологов и гидробиологов привлекают озёра, являющиеся реликтами древних водоёмов, образовавшихся после отступления среднеплесточенового ледника [8, 14].

Озера Харбейской системы расположены в восточной части Большеземельской тундры на крайнем северо-востоке Европы, около 67°31-36' с.ш., 62°51-56' в.д. и 129.8 м над уровнем моря. Большое количество озер является одной из характерных особенностей Большеземельской тундры, в отдельных районах ее восточной части коэффициент озерности достигает 70 % [4].

Климат этого региона субарктический, резко континентальный. Снежный покров устанавливается в конце октября, таяние снега начинается в середине июня. Средняя годовая температура воздуха составляет -7°C (для сравнения – на западе Большеземельской тундры -4°C) [5]. За последние десятилетия в обследованном регионе усилилась континентальность климата: разница между самым теплым (июль) и самым холодным (январь) месяцами года увеличилась на 1.4°C . За 1961-1990 гг. январь стал холоднее в среднем на 0.4°C , а июль потеплел на 1.0°C по сравнению с наблюдениями за 110 лет [4].

Крупные системы озер, имеющие ледниковое происхождение, изучались в 60-е гг., когда антропогенное влияние на них практически не сказывалось. Поэтому их гидрохимический режим определялся только природными факторами: климатическими и почвенными условиями, морфологическими параметрами, особенностями питания озер и развитием в них биологических процессов. Соответственно, такие озера характеризуются благоприятным кислородным режимом, незначительной минерализацией, увеличение которой наблюдалось лишь в придонных слоях глубоких озер, и преимущественно гидрокарбонатно-кальциевым составом воды при невысокой цветности и незначительном содержании соединений биогенных элементов [13].

На формирование качества вод исследуемых озер в современных условиях оказывают влияние происхождение озер, низкие среднегодовые температуры воды, большой объем водного стока, невысокие скорости течения, естественное поступление микроэлементов в составе твердого и жидкого стоков с водосборных площадей, следствием чего являются разные уровни концентрации элементов в воде водоемов, расположенных в разных зонах. Помимо природных факторов, большую роль в формировании химического состава воды и донных отложений приобретает антропогенный фактор, выражающийся в трансформации природного геохимического круговорота элементов в результате человеческой деятельности [6].

Исследованное озеро Большой Харбей (67°33' с.ш., 62°53' в.д.) расположено восточной части Большеземельской тундры. Почвы в районе озера поверхностно-глеевые и тундровые, торфянисто-перегнойно-глеевые, болотно-тундровые. В гумусе почв преобладают фульвокислоты. Годовая суммарная радиация 63,5-72 ккал/см². Холодный период – 8 месяцев. Озеро свободно ото льда 3 месяца. Короткий период вегетационного сезона характеризуется термической стратификацией, в основном для озера характерна гомотермия [7]. Площадь водосбора оз. Большой Харбей 57.30 км², площадь его зеркала 21.31 км², средняя глубина 4.6 м, максимальная глубина 18.5 м. Для тундр северо-востока Европы такие озера, как Харбейские, являются довольно крупными, так как преобладают на этой территории водоемы площадью км² [11].

Ситуацию в водной экосистеме отражают в значительной мере сообщества зоопланктона и бентоса. Ветвистоусые ракообразные, или кладоцеры (*Cladocera* Latrelle, 1829, *Branchiopoda*, *Crustacea*) являются одной из самых многочисленных групп зоопланктона, населяющих современные пресноводные водоемы. Высокая скорость развития и смены поколений позволяет им очень быстро реагировать на изменение условий среды, вследствие чего кладоцеры широко используются в экологических исследованиях в качестве индикаторных организмов [12].

Часто анализ кладоцерных сообществ с использованием палеолиминологических методик дает более полное представление о видовом составе ветвистоусых ракообразных в водоеме, чем регулярные многочисленные отборы проб в течение вегетационного сезона с использованием стандартных гидробиологических методик, т.к. в составе донных отложений представлены виды, обитающие в различные периоды вегетационного сезона.

На кладоцерный анализ было отобрано 25 образцов из колонки S (K1) донных отложений оз. Б. Харбей. В лабораторных условиях навеску влажных осадков растворяли в 10 % КОН, нагревали до 75°C в течение 30 минут, затем суспензию фильтровали последовательно через сита. Отфильтрованную суспензию перемещали в 30 мл контейнеры, окрашивали спиртовым раствором сафранина, добавляли несколько капель 96% этанола в качестве антикоагулянта и фиксатора. Микроскопирование и определение субфоссильных остатков Cladocera проводилось с использованием светового микроскопа Axiostar Plus Carl Zeiss при 100-400-кратном увеличении. Из каждой пробы было определено от 100 до 186 экземпляров Cladocera.

В составе субфоссильных кладоцерных сообществ отмечено 22 таксона. Один из видов (*Camptocercus rectirostris* Schoedler, 1862) отмечен в составе кладоцерных танатоценозов, хотя по опубликованным данным о современном состоянии зоопланктона Харбейских озер (оз. Б. Харбей и оз. Головка) он в составе зоопланктоценозов не указывается [11]. Вид является относительно теплолюбивым, является индикатором прогрева воды выше 8°C [17] 2010), относительно редко и единично встречается в северных регионах. По экологической характеристике вид является обитателем, прежде всего, крупных стоячих водоемов с низкой продуктивностью, встречается среди растений, но чаще обнаруживается у поверхности грунта, на илистых грунтах, в детрите песчаных грунтов.

Кластерный анализ CONISS (программа Tilia) позволил выделить четыре зоны в колонке донных отложений оз. Б. Харбей по составу субфоссильных кладоцерных сообществ. В целом, за весь временной интервал кладоцерное сообщество характеризуется доминированием таксонов, характерных для крупных водоемов. Как по частоте встречаемости, так и по относительной численности доминировали представители семейства Bosminidae, характерные обитатели открытых, пелагических биотопов. Максимальная частота встречаемости отмечена для *Chydorus*. cf. *sphaericus*, *Eubosmina* cf. *longispina*, мелких форм рода *Alona*. Указанные таксоны были представлены на всех горизонтах.

Зона I (17-24 см) характеризуется значительным преобладанием планктонных таксонов над литорально-бентосными, косвенно отражая соотношение мелководных и глубоководных, незаросших участков водоема [16] и, соответственно, высокий уровень воды в водоеме. Присутствие в составе кладоцерного сообщества холодноводных таксонов и таксонов умеренного бореального комплекса, начинающих свое развитие при прогреве воды до 6,3-6,5°C (*Alonopsis elongatus* Sars, 1862, *Acroperus harpae* (Baird, 1835), соответственно) (Nevalainen, 2010) позволяет говорить об умеренном или прохладном климате.

Зона II (10-18 см). Доминанты – босмины, *Chydorus*. cf. *sphaericus*, *Alona affinis* (Leydig, 1860). Несколько меняется соотношение планктонных и литорально-бентосных таксонов в сторону уменьшения доли планктонных, свидетельствуя о понижении уровня озера. В составе сообществ отмечен таксон с наиболее северным ареалом распространения (*Eurycercus glacialis* Lilljeborg, 1887), отсутствующий в других зонах отложений. Кроме того, по-прежнему

присутствуют толерантные к низким значениям температуры воды *Alonopsis elongatus*, *Acroperus harpae*.

Зона III (10-3 см). Доля планктонных таксонов несколько возрастает, свидетельствуя об увеличении площадей открытых водных пространств водоема по отношению к заросшему побережью. Увеличение относительной численности планктонного таксона *Bosmina longirostris* (O.F. Müller, 1785), чувствительного к температурным условиям вида и более многочисленного в южных субарктических и гемибореальных озерах (60-70°C северной широты) [17] может свидетельствовать о потеплении. В этой зоне встречен не присутствующий в других слоях теплолюбивый таксон *Camptocercus rectirostris*.

Зона IV (0-2 см) Продолжают сохраняться тенденции изменений в составе кладоцерных сообществ, наметившиеся в зоне три. Доля планктонных таксонов в верхних 1-2 см продолжает возрастать за счет увеличения доли как босмин, так и дафний. Возрастание обилия босмин, в частности вида *Bosmina longirostris*, отмечается и на основании изучения современного состояния зоопланктона в последние годы [11]. Значительная представленность таких таксонов, как *Bosmina longirostris*, *Alona affinis*, *Chydorus* cf. *sphaericus* также может свидетельствовать о повышении трофического статуса водоема [2].

Ряд изменений в составе субфоссильных кладоцерных сообществ в III-IV стратиграфических зонах (0-10 см), а именно, появление новых теплолюбивых планктонных видов, изменение соотношения планктонные/литорально-бентосные виды, увеличение представленности видов, индикаторов возрастающего трофического статуса, косвенно свидетельствует о происходящих изменениях в составе зоопланктонных сообществ, что свидетельствуя о повышении уровня озера, видимо, вследствие увеличения глубины сезонного протаивания грунта.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013) и Российско-германской Лаборатории полярных и морских исследований им. О. Ю. Шмидта (проект OSL-13-10).

Литература

- [1] Алисов Б. П. Климат СССР. М.: Изд-во МГУ, 1969, 128 с.
- [2] Андронникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб.: Наука, 1996, 190 с.
- [3] Атлас по климату и гидрологии Республики Коми. М.: Дрофа; ДиК, 1997, 116 с.
- [4] Власова Т.А. Гидрологические и гидрохимические условия биологического продуцирования в озерах Харбейской системы // Продуктивность озер восточной части Большеземельской тундры. Л., 1976, С.6-32.
- [5] Горбацкий Г.В. Физико-географическое районирование Арктики. Ч. I. Полоса материковых тундр, Л., 1967, 136 с.
- [6] Даувальтер В.А., Хлопцева Е.В. Гидрологические и гидрохимические особенности озер Большеземельской тундры // Вестн. МГТУ. 2008, Т.1, №3, С. 407-414.
- [7] Кузнецова М.А. Изменение структурно-функциональных характеристик зоопланктона в ходе эвтрофикации разнотипных озер в аспекте концепции сукцессии (на примере озер Восточно-Европейской равнины): Автореф. дис. . . докт. биол. наук. Нижний Новгород, 2002, 36 с.

- [8] Лавров А.С., Потапенко Л.М. Неоплейстоцен северо-востока Русской равнины. М.: Аэрогеология, 2005, 222 с.
- [9] Моисеенко Т.И., Даувальтер В.А., Родюшкин И.В. Геохимическая миграция элементов в субарктическом водоеме (на примере озера Имандра). Апатиты, КНЦ РАН, 1997, 127 с.
- [10] Тетерюк Б. Ю. Флора древних озёр Европейского Северо-Востока России // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012, Т.14, № 1, С.82-90
- [11] Фефилова Е.Б., Кононова О.Н., Дубовская О.П., Хохлова Л.Г. Современное состояние зоопланктона системы озер Большеземельской тундры // Биология внутренних вод. 2012, Т4, С.44-52
- [12] Фролова Л.А. Ветвистоусые ракообразные (Cladocera) // Биологические индикаторы в палеобиологических исследованиях: атлас / науч. ред Л.Б. Назарова. Казань: Казан. ун-т, 2013, С. 44-64.
- [13] Хохлова Л.Г. Гидрохимическая изученность поверхностных вод Большеземельской тундры. Возобновляемые ресурсы водоемов Большеземельской тундры. Сыктывкар, КНЦ УрО РАН, 2002, С.5-14.
- [14] Henriksen, M., Mangerud, J., Matiouchkov, A., Murray, A.S., Paus, A. & Svendsen, J. I. Intriguing climatic shifts in a 90 kyr old lake record from northern Russia // Boreas. 2008, Vol. 37, P.20–37.
- [15] Kienast F., S.Wetterich, S.Kuzmina, L.Schirrmeister, A.Andreev, P.Tarasov, L. Nazarova, A.Kossler, L. Frolova, V.Kunitsky Kienast F. Paleontological records prove boreal woodland under dry inland climate at today's Arctic coast in Beringia during the last interglacial Quaternary Science Reviews. 2011 30.17/18, P. 2134-2159.
- [16] Korhola A., Olander H., Blom T. Cladoceran and chironomid assemblages as quantitative indicators of water depth in subarctic Fennoscandian lakes // Journal of Paleolimnology. 2000, 24, P.43–53.
- [17] Nevalainen L., Luoto T.P. Temperature sensitivity of gamogenesis in littoral cladocerans and its ecological implications // Journal of Limnology. 2010, 69, P.120-125.
- [18] Svendsen, J. I., Alexanderson, H., Astakhov, V. I., Demidov, I., Dowdeswell, J. A., Funder, S., Gataullin, V., Henriksen, M., Hjort, C., Houmark-Nielsen, M., Hubberten, H. W., Ingor Ifsson, O., Jakobsson, M., Kjær, K.H., Larsen, E., Lokrantz, H., Lunkka, J. P., Lyså, A., Mangerud, J., Matiouchkov, A., Murray, A., Möller, P., Niessen, F., Nikolskaya, O., Polyak, L., Saarnisto, M., Siegert, C., Siegert, M. J., Spielhagen, R. F., Stein, R. // Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia. Quaternary Science Reviews. 2004, 23, P.1229–1271.

S u m m a r y

Investigation of sediment core from the lake Big Kharbey (Bolshezemelskaya tundra) was performed using Cladocera palaeobiological analysis. Taxa, characteristic for big water bodies, mainly from the family Bosminidae, dominate Cladoceran communities. The most frequent zooplanktonic taxa in the whole core were *Chydorus* cf. *sphaericus*, *Eubosmina* cf. *longispina*, small forms of the genera *Alona*. It was shown that changes took place in the state of sediments and communities of subfossil Cladocera: grows the number of the planktonic taxa and of taxa, characteristic for eutrophication.