

Новости науки

Гидробиология

Сказались ли изменения климата на биоте тундровых озер?

Озера Харбейской системы относятся к крупным в прошлом рыбопромысловым водоемам в восточной части Большеземельской тундры — обширного региона, расположенного в пределах Ямало-Ненецкого автономного округа и Республики Коми. Общая площадь их водного зеркала — около 25 км², наибольшая глубина — 12 м.

Первые гидрохимические и гидробиологические исследования Харбейских озер проводились в 1965—1972 гг. Сегодня ученые получили возможность оценить изменения, произошедшие в экосистемах этих тундровых водоемов более чем за 40-летний период*. В работе участвовали сотрудники Института биологии Коми научного центра УрО РАН, Института биофизики СО РАН, Казанского и Сибирского федеральных университетов.

Основной источник загрязнения природных объектов в регионе — Воркутинский угледобывающий комплекс, функционирующий с 1933 г. Продуцируемые промышленными предприятиями загрязняющие вещества распространяются с атмосферными осадками на значительную часть территории, попадая в озера, реки и почвы. Однако ученые признали, что в последние десятилетия их влияние на тундру несколько ослабевает в связи с сокращением промышленной добычи угля и закрытием в 1990-х годах некоторых шахт.

Глобальное потепление климата в регионе проявилось в повышении среднемесячных температур воздуха: за 1937—2009 гг. этот показатель увеличился на 0,5, за 1965—2009 гг. — на 2,0, за 1998—2009 гг. — на 4,5°C. Особенно возросли летние значения.

Фауна беспозвоночных Харбейских озер была и остается богатой и разнообразной. В зоопланктоне выявлено 98 видов, в зообентосе — 23 таксономические группы, из которых до вида идентифицированы ветвистоусые (*Cladocera*) и веслоногие (*Sorceroda*) раки, малощетинковые черви (*Oligochaeta*), частично — личинки комаров-звонцов (*Chironomidae*) и некоторые другие группы гидробионтов. Согласно неполному систематическому списку, современная фауна донных беспозвоночных

звончатых обследованных водоемов насчитывает 126 видов. Сравнивая этот список с данными 1965—1969 гг., можно отметить, что фаунистическое богатство сообществ Харбейских озер существенно не изменилось. И тогда, и сейчас оно представлено преимущественно широко распространенными формами, способными выдерживать значительные колебания температуры окружающей среды, с доминированием по численности холодолюбивых таксонов, что характерно для южной части материковой тундры Европы.

Однако начиная с 1990-х годов биологи стали обнаруживать в летнем зоопланктоне оз. Большой Харбей и придаточных водоемах коловратку *Polyarthra euryptera* и рачка *Daphnia cucullata*, не встречавшихся в 1960-х годах. Поскольку оба вида теплолюбивы, то, возможно, их развитие в северных озерах обусловлено климатическими изменениями в регионе.

В 2009—2012 гг. Большой Харбей и значительное количество придаточных водоемов по соотношению видов планктонных животных гидробиологи отнесли к олиготрофным экосистемам (с низкой биологической продуктивностью), а по характеристикам зообентоса — к мезотрофным (с умеренным количеством питательных веществ для водных организмов). И только одно придаточное озеро по всем расчетам было охарактеризовано как эвтрофное (с высокой биологической продуктивностью). Сравнение этих показателей экологического благополучия со сходными 1960-х и 1990-х годов говорит о реолиготрофикации водоемов и улучшении состояния экосистемы на современном этапе ее развития. Изменение статуса тундровых водоемов может быть связано, например, со снижением влияния атмосферных выбросов угледобывающего комплекса Воркуты.

В 1968—2012 гг. межгодовая динамика численности и биомассы зоопланктона в оз. Большой Харбей была положительной. Следует учитывать, что при увеличении общих количественных показателей отношение численности ракообразных и коловраток в озерной системе сохранялось и составляло 21—22%. На всех этапах гидробиологических работ ученые наблюдали изменения количественных характеристик популяций некоторых видов. Так, доля самого массового вида коловраток *Conochilus unicornis* в зоопланктоне Большого Харбея увеличилась в 2000-х годах относительно ранних периодов исследований с 11 до 52%. Между тем коловратка *Keratella quadrata*, встречавшаяся в 1960-х годах по всей акватории

* Фефилова Е.Б., Батурина М.А., Кононова О.Н. и др. Многолетние изменения в сообществах гидробионтов в Харбейских озерах // Журнал СВУ. Биология. 2014. Т.7. №3. С.240—266.

основного озера, в 2000-х была обнаружена только в придаточных водоемах. За исследованный период снизилась доля коловраток *Asplanchna priodonta*, *Filinia terminalis* и кладоцеры *Bosmina longirostris*, при этом роль планктонных ракообразных рода *Daphnia*, напротив, увеличилась.

В наиболее теплый год, когда температура воды поднималась выше 18°C, зафиксированы нарушения репродуктивной активности доминирующих в донных сообществах Харбейских озер рачков отряда гарпактицид (Harpacticiformes).

Таким образом, состояние озерной системы Большеземельской тундры соответствует естественному и сохраняется почти в неизменном виде последние 40 лет. Выявленные отличия в фаунистическом составе гидробионтов, связанные с глобальным потеплением климата, не изменили динамического равновесия в экосистеме. Это свидетельствует о ее устойчивости к резким сезонным колебаниям континентального климата, которая, несмотря на тенденцию к повышению температуры, сохраняет свое значение на юге Большеземельской тундры.

© **Фефилова Е.Б., Батурина М.А.**,
кандидаты биологических наук

Институт биологии Коми научного центра УрО РАН
Сыктывкар

Охрана природы

Байкал под антропогенным воздействием

22—27 февраля 2015 г. в Гранаде (Испания) прошла конференция Международной ассоциации лимнологических и океанографических наук (Association for the Sciences of Limnology and Oceanography) «Водные науки: глобальные и региональные перспективы — встреча Севера и Юга». В форуме участвовали свыше 5 тыс. специалистов, в том числе из НИИ биологии Иркутского государственного университета (ИГУ), где уже 70 лет регулярно проводят экологический мониторинг оз. Байкала.

Д.С.Бедулина (старший научный сотрудник лаборатории проблем адаптации биосистем) представила последние результаты международного проекта НИИ биологии ИГУ и Центра экологических исследований им. Гельмгольца (The Helmholtz Centre for Environmental Research, Лейпциг, Германия). Ученые двух стран оценили способность основных байкальских донных обитателей — разноногих раков, или бокоплавов (*Amphipoda*), — адаптироваться к меняющимся условиям среды и противостоять вселению чужеродных видов. Исследователи, сравнив два эндемичных вида бокоплавов — бородавчатого (*Eulimnogammarus verrucosus*) и голубого (*E. cyaneus*) — с потенциальным вселенцем бокоплавом озерным (*Gammarus lacustris*), обнаружили значительные отличия в их устойчивости к абиотическим факторам среды. Ока-

залось, что бокоплав *E. verrucosus* очень чувствителен к температурным колебаниям, а его сородич *E. cyaneus* и палеарктический вид *G. lacustris* высокоустойчивы. Такое различие можно объяснить тем, что последние отличаются развитой системой биохимического, физиологического и клеточного ответов на стресс. Это дает основание предполагать, что если вселение *G. lacustris* в Байкал произойдет, то виду придется вначале преодолеть конкуренцию с термоустойчивым *E. cyaneus*. Собранные к настоящему времени данные показывают: наличие в экосистеме устойчивых видов может предотвратить нежелательное вселение, однако повышение температуры существенно скажется на прибрежных сообществах амфипод, особенно на тех, которые живут у самой кромки воды, на пороге границы термотолерантности.

Свой доклад на конференции я посвятил современному состоянию антропогенного воздействия на экосистему оз. Байкал*. В сообщении ознакомил участников с данными по фито- и зоопланктону, полученными в ходе многолетнего мониторинга**, начатого еще в 1945 г. М.М.Кожовым (он возглавлял те годы НИИ биологии ИГУ). Помимо этого, рассказал об этапах влияния деятельности человека на озеро от второй половины XIX в. до сего дня, о видах воздействия, путях и объемах поступления химических загрязнителей. Их приносят в озеро притоки, атмосферные осадки, стоки Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (и других, расположенных вблизи, предприятий и населенных пунктов), смывы с берегов, туризм и судоходство. По объему среди загрязнителей преобладают минеральные соли, затем следуют (в порядке убывания) взвешенные, растворенные органические соединения, сульфаты, трудно- и легкоразложимые органические вещества. Оставшиеся 0,36% составляют минеральные формы азота и фосфора, нефтепродукты, серосодержащие органические соединения, тяжелые металлы и синтетические поверхностно-активные вещества.

В последние годы в Байкале нарастает доля мелкоклеточного неэндемичного летнего фитопланктона и снижается количество крупноклеточных подледных эндемичных диатомовых водорослей. В зоопланктоне все чаще и сильнее доминирует *Cyclops kolensis* (неэндемичный вид), увеличивается число кладоцер — мелких ракообразных, также неэндемиков. Эти изменения были предсказаны еще в 1990-х годах в результате экспериментов с мезокосмами и математическими моделями по эвтрофированию и поступлению токсикантов

* *Silow E.A.* Lake Baikal: current environmental problems // Encyclopedia of Environmental Management. N.Y., 2014. P.1—9. Doi:10.1081/E-EEM-120050578

** Современная база данных включает более 5 млн записей, и в марте 2015 г. она внесена в «Книгу рекордов России» как «самый длительный проект регулярного экологического мониторинга в истории науки».

в Байкал. Аналогичны тенденции и в других озерах Восточной Сибири. Может ли это быть следствием глобальных и региональных (связанных со строительством каскада ГЭС на Ангаре) изменений климата или же так проявляются долговременные естественные автоколебательные процессы? Сегодня невозможно однозначно отдать предпочтение ни одному из вариантов.

© Зилов Е.А.,
доктор биологических наук
НИИ биологии Иркутского
государственного университета

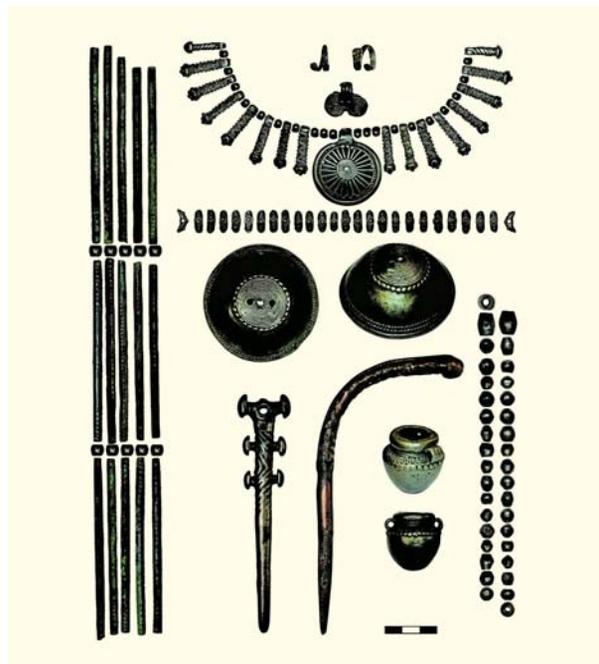
Археология

Кёнделенские курганы раскрывают тайны

Уникальное по богатству захоронение, возраст которого составляет более 4,5 тыс. лет, открыли ученые Института археологии РАН при раскопках группы курганов «Кёнделенская I» в Кабардино-Балкарии. В могиле молодой женщины археологи обнаружили свыше 500 украшений и культовых предметов. Это беспрецедентный случай для погребальных комплексов эпохи средней бронзы: обычно они сопровождаются гораздо меньшим числом и разнообразием находок.

Кёнделенский могильник бронзового века, расположенный на водоразделе рек Кёнделен и Баксан, как археологический памятник стал известен ученым в 1930-х годах во время подготовки строительства Баксанской ГЭС, однако до сих пор практически не исследовался. В 2014 г. сотрудники Института археологии РАН с коллегами из Института археологии Кавказа провели раскопки пяти курганов, где обнаружили 73 погребения, относящиеся к раннему и среднему бронзовому веку (середина 4-го—первая половина 3-го тысячелетия до н.э.). В ту эпоху в Междуречье формировалась шумерская цивилизация, в Египте начиналось строительство первых пирамид, а на Северном Кавказе возникли и стремительно развивались металлургия и металлообработка. Причем если на ранней стадии бронзового века эти процессы были тесно связаны с ближневосточным влиянием, то с начала 3-го тысячелетия до н.э. северокавказские племена развивались вполне самостоятельно. Об этом можно судить в первую очередь по сохранившемуся в захоронениях инвентарю.

К редчайшим можно отнести погребение №9 кургана 423. По данным антропологов, здесь покоились останки молодой женщины в возрасте от 18 до 30 лет. Ее наряд состоял из 550 предметов. У головы, в частности, находилось восемь бронзовых и серебряных височных подвесок, на груди — ожерелье из семи разновидностей бронзовых и фаянсовых украшений. Правое запястье обвивал браслет из оригинальных бронзовых подвесок, не имеющих аналогов.



Украшения из погребения №9.

Исключительными по значимости деталями костюма стали два так называемых поясных набора из нескольких сотен предметов. Наряду с декоративными они выполняли прежде всего культовое назначение. На это указывали самые выразительные предметы комплекса: две бронзовых булавы — своего рода амулеты, религиозные фетиши эпохи средней бронзы, две полусферические бляхи с солярным орнаментом, а также две миниатюрные бронзовые модели сосудов.

Несмотря на богатство костюма, ученые не торопятся делать выводы о социальном статусе погребенной. Молодую женщину захоронили не в материковой яме, как абсолютное большинство соплеменников, а в насыпи кургана. Судя по имеющимся в распоряжении археологов фактам, вождей, знатных людей чаще хоронили в центре кургана: чем выше социальный статус, тем выше курган. В насыпи же обычно предавали земле детей. Поэтому рассматриваемое погребение было совершено вопреки обрядовым традициям.

Раскопки группы курганов «Кёнделенская I» позволили получить полную и непрерывную хронологическую колонку комплексов середины 4-го—первой половины 3-го тысячелетия до н.э. При этом в руках ученых оказались не только находки, но и материал для междисциплинарных естественнонаучных исследований, который может ответить на вопросы, связанные с климатическими, хозяйственными и социальными условиями жизни населения того времени.

© Клещенко А.А.,
кандидат исторических наук
Институт археологии РАН