

КАК МЕНЯЮТСЯ ОЗЕРА В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

Н. Соловьева^{1,2}, В. Джонс¹, С. Тернер¹

¹Департамент географии

Центр изменений окружающей среды

Университетский колледж Лондона, Великобритания

²Высшая школа технологий, Дубай, ОАЭ

E-mail: n.solovieva@ucl.ac.uk

В течение почти 20 лет ученые из Университетского колледжа Лондона (УКЛ) проводят совместные работы по изучению арктических и субарктических озер в Республике Коми (в районах Большеземельской тундры, бассейнах рек Усы и Печоры и в Уральских горах). Группа ученых из УКЛ и Музея естественной истории под руководством профессора Вивьен Джонс совместно с учеными из Института биологии Коми НЦ УрО РАН (В. Пономарев, Б. Кондратенко, О. Лоскутова, Л. Хохлова, Е. Патова) проводила комплексные исследования изменений современного состояния озерных экосистем под влиянием антропогенного загрязнения и глобального потепления, используя лимнологические и палеолимнологические методы. Исследования финансировались Европейским Союзом (VII Рамочная программа, проекты «Тундра», «Спайс» и «Карбонорс») и Арктической программой Министерства окружающей среды Великобритании.

Стратиграфический анализ датированных озерных донных отложений (используются датировки по радиоактивному свинцу ²¹⁰Pb) позволяет реконструировать состояние озерных экосистем в преиндустриальный период и оценить антропогенное влияние на озерные экосистемы в течение длительного времени. Для экологических реконструкций использовали различные методы, включая биогеохимические методы, диатомовый анализ (диатомовые водоросли – это микроскопические организмы, имеющие кремниевые створки и

ENVIRONMENTAL CHANGES IN THE ARCTIC LAKES OF THE KOMI

N. Solovieva^{1,2}, V. Jones¹, S. Turner¹

¹Department of Geography, UCL, GB

²Higher Colleges of Technology, UAE

For nearly twenty years Environmental Scientists from University College London (UCL) have been collaborating with the Institute of Biology, Komi Science Centre to study lakes from arctic and sub-arctic Komi regions (e.g. Bol'shezemel'skaya and Malozemel'skaya Tundra, basins of rivers Usa and Pechora and the Ural mountains). A team of researchers from UCL and the Natural History Museum, led by Professor Vivienne Jones together with biologists and chemists from the Institute of Biology (Dr Vasili Ponomarev, Dr Boris Kondratenok, Dr Luydmila Khohlova, Dr Olga Loskutova, Dr. Elena Patova) have used a combination of limnological and palaeolimnological techniques to investigate the present-day status of the lakes and whether they have been affected by pollution and climate change. The UCL research work was carried out both within large EU-funded multidisciplinary international projects (TUNDRA, SPICE, Carbo-North) and studies supported by the UK's Natural Environment Research Council (NERC), including the NERC Arctic Research Programme (ARP).

The researchers used the analysis of lake sediments (palaeolimnology) which are laid down sequentially and can be dated using a radiometric technique (²¹⁰Pb), to infer past environmental conditions in pre-industrial times and to assess environmental responses to human impacts over considerable length of time. Techniques used include sediment chemistry, and the analysis of fossilised remains of diatoms (microscopic siliceous algae which are well-preserved in lake sediments), chironomid head capsules (larvae of non-biting midges) and spheroidal carbonaceous particles (microscopic

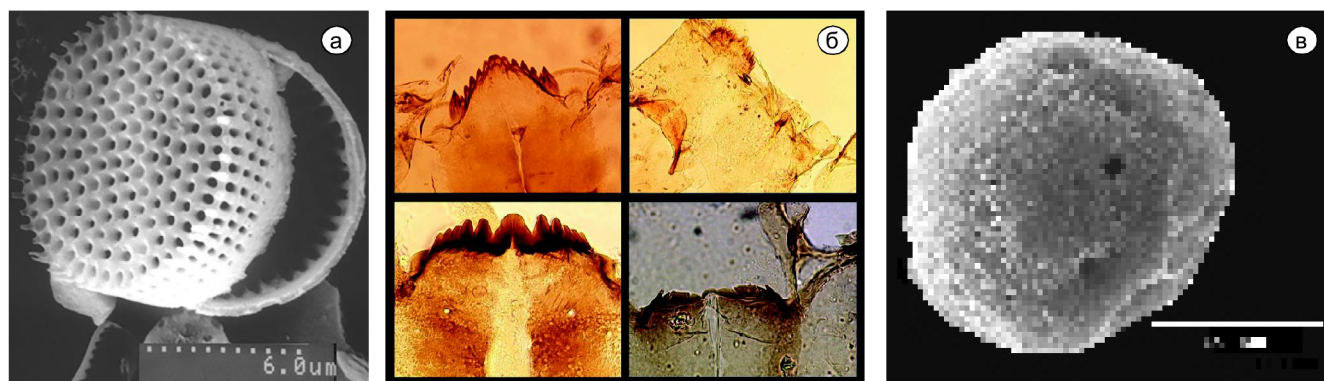


Рис. 1. Маркеры экологических реконструкций: а – створки диатомовых водорослей хорошо сохраняются в озерных отложениях (их используют для реконструкции длительности ледового покрытия); б – головные капсулы хирономид из озерных отложений используют в климатических реконструкциях; в – сферические углеродные частицы (СУЦ) в озерных отложениях являются индикаторами атмосферного загрязнения.

Diatom algae remains are used to reconstruct past ice cover on lakes (a). Chironomid head capsules are used to reconstruct past temperature (b). Spheroidal carbonaceous particles (SCPs) are used as indicators of atmospheric pollution (b).

вследствие этого хорошо сохраняющиеся в озерных отложениях), анализ головных капсул хирономид (личинок комаров-звонцов) и сферических углеродных частиц (СУЧ) – микроскопических частиц углерода, которые образуются в результате высокотемпературного сгорания полезных ископаемых (рис. 1, 2). При выполнении некоторых проектов, которые финансировались Европейским Союзом (например, «ТУНДРА» и «СПАЙС»), исследовали влияние загрязнений воздуха и воды и глобального потепления на окружающую среду. Поскольку арктическая природа особенно уязвима к загрязнениям и требует долгого восстановления по сравнению с более южными регионами, особенно важно оценить влияние нефтегазового промышленного комплекса и глобального потепления в арктическом регионе Коми.

Результаты исследований показали, что в настоящее время концентрация серы в осадках недостаточно высока для того, чтобы вызвать закисление озер. Анализ донных отложений также показал, что атмосферное загрязнение в районах Воркуты и Инты было значительно выше 20-40 лет назад, когда добыча угля была более интенсивной. Возможно, что атмосферное загрязнение привело к некоторому защелачиванию озер в Воркутинском районе, поскольку изменения видового состава диатомовых водорослей и увеличение рН совпало с пиком индустриальной активности. Результаты исследований были использованы для разработки природоохранных мер в Республике Коми.

В проекте, который спонсировало Министерство окружающей среды Великобритании, исследовали изменения состояния озерных экосистем (в частности, диатомовых водорослей) в ответ на глобальное потепление в течение последних 100 лет. Видовой состав диатомовых сообществ ме-

carbon particles generated by high-temperature fossil fuel combustion).

Some of the EU-funded projects focussed on regional air and water pollution and global climate change and its impact on the arctic environment (e.g. TUNDRA and SPICE). Since the arctic environment is particularly vulnerable to pollution and takes longer time to recover compared to warmer parts of the planet, it is especially important to understand the environmental impacts of oil and gas exploration and warming climate.

The results of these projects suggest that at present day sulphur deposition levels there is no danger of lake acidification at any of the sites due to their high buffering capacity. The sediment records show that sites from the Inta and Vorkuta transects experienced higher pollution loads 10-30 years ago, when coal production and mining were more intensive. There is also evidence that in the Vorkuta area atmospheric deposition might have led to the alkalinisation of the lakes since diatom floristic changes and an increase in inferred pH coincide with the period of peak industrial activity. These findings were used by stake-holders to formulate environmental protection policy in the Komi Region.

The UK-NERC funded project (NERC small grant entitled «Palaeolimnological evidence for circumarctic climate warming in Northern Russia») looked more specifically at the ecological response of lake biota (e.g. microscopic algae-diatoms) to the warming climate within the last 100 years. The diatom communities responded to the changes in the duration of the ice-free periods and timing of the lake water turn-over indicating potential vulnerability of Arctic lakes to changes in climate.

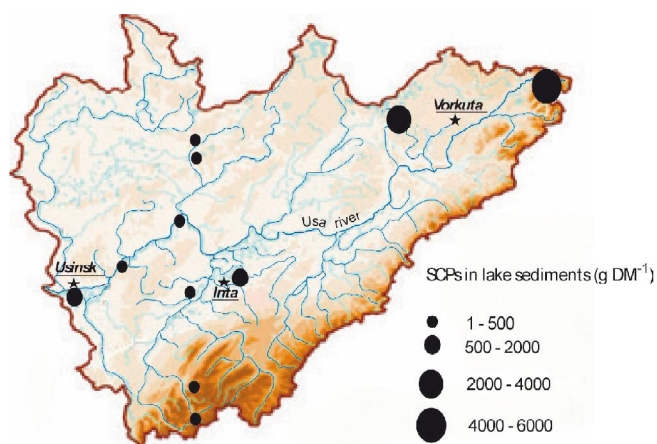


Рис. 2. Концентрация СУЧ в донных отложениях озер Большеземельской тундры отражает уровень атмосферного загрязнения.

The level of atmospheric pollution in lakes from Bolshezemel'skaya Tundra as indicated by concentration of SCPs in lake sediments.

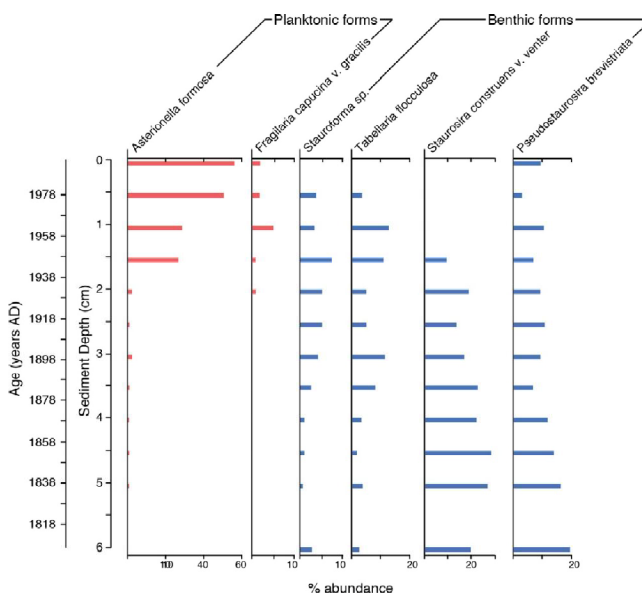


Рис. 3. Изменения в видовом составе диатомовых водорослей в XX в. в ответ на климатические изменения.

Diatom changes during the 20th century show lake response to changing climate.

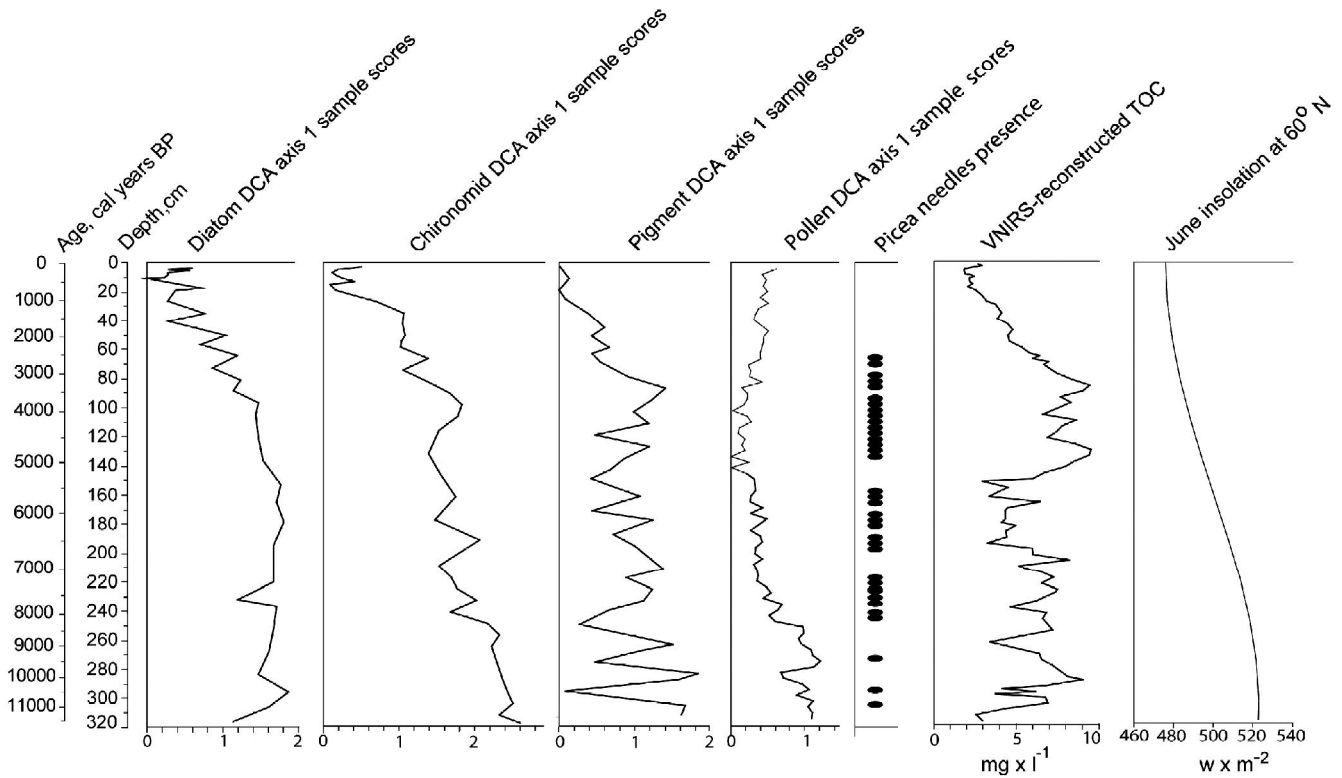


Рис. 4. Изменения в диатомовых сообществах донных отложений озера Хариней коррелируют с изменениями позиции границы леса за последние 11 тыс. лет.

Lake response to the changes in tree line in the catchment of Lake Kharinei from Bolshezemel'skaya Tundra during the last 11000 years.

нялся в зависимости от продолжительности ледового покрытия и времени весенне-осеннего перемешивания (рис. 3, 4).

В проекте «Карбонорс», который финансировался Европейским Советом, оценивали изменения в углеродном цикле в Арктике под влиянием разных сценариев изменений климата.

Роль специалистов УКЛ состояла в оценке того, как климат и границы лесов повлияли на продуктивность, структуру сообщества, цикл углерода и световой режим в озерах в течение последнего межледникового периода (голоцена). Было также показано, что прозрачность и химический состав воды и, следовательно, видовой состав и структура диатомовых и хирономидных сообществ реагируют как на климатические изменения, так и на присутствие или отсутствие лесов в водосборе.

Команда проекта «Озера и цикл углерода в Арктике», который финансировался в рамках Арктической программы Министерства окружающей среды (<http://arp.arctic.ac.uk/projects/>), исследовала роль озер в цикле углерода в Арктике под влиянием климатических изменений. Цель проекта состояла в том, чтобы выявить, накапливают ли озера углерод (при этом первичная продукция превышает гетеротрофное дыхание) или продуцируют углерод (при этом гетеротрофное дыхание превышает первичную продукцию) и как эти процессы меняются с изменением климата.

The EU-funded Carbo-North project aimed to assess changes in the Arctic carbon cycle under various climate warming scenarios. The UCL role was to estimate how climate and tree-line dynamics affected the productivity, community structure, carbon cycling and light regime in the lake during the last interglacial period (The Holocene). It was shown that lake ecosystem clearly responds to both changes in climate and advance/retreat of trees from its catchment which affected water transparency, lake water chemistry and, consequently, composition of diatom algae and chironomids.

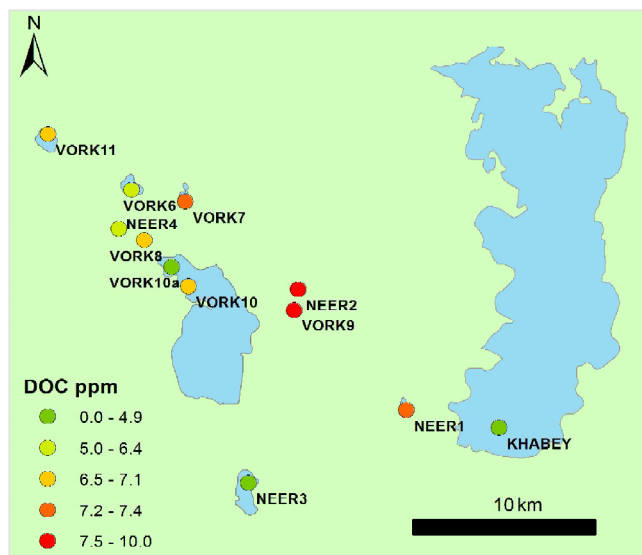
The Lakes and Arctic Carbon (LAC) project, which was funded under the NERC Arctic Research Programme (<http://arp.arctic.ac.uk/projects/>), focussed more closely on the role of lakes in the changing carbon cycle in the arctic. Research aimed to investigate whether lakes store carbon (with autotrophic production exceeding heterotrophic respiration) or release carbon (heterotrophic respiration exceeds autotrophic production) and how these might change under changing climate.

In conclusion, it must be emphasized that there are significant differences between lakes in the rates of disposal of organic matter. One of the lakes noted the existence of a phase of rapid accumulation of organic matter in sediments. It is possible that the high content of organic matter in the sediments became a consequence of the burial of the aquatic vegetation of the lake, which could occur due to a sharp decrease in the depth of the lake. In another

Рис. 5. Концентрации растворенного органического углерода (РОУ) в озерах Большеземельской тундры. РОУ используется для оценки скорости обмена углерода между донными отложениями, водой и почвой.

Lake water dissolved organic carbon (DOC) concentrations in lakes from Bolshezemel'skaya Tundra. DOC is used to assess the rate of carbon circulation between sediments, water and soils.

В заключение необходимо подчеркнуть, что существуют значительные различия между озерами в скоростях захоронения органического вещества. В одном из озер отмечено существование фазы быстрого накопления органического вещества в отложениях. Возможно, что высокое содержание органического вещества в отложениях стало следствием захоронения водной растительности озера, что могло произойти из-за резкого снижения его глубины. В другом озере органический углерод не сохранился в донных отложениях. Низкое содержание углерода в отложениях свидетельствует о низкой продуктивности озера, малой скорости накопления донных отложений и высоких скоростях бактериальной деградации и углеродного обмена между водой и отложениями.



lake organic carbon is not preserved in the bottom sediments. The low carbon content in the sediments indicates low lake productivity, low rate of sediment accumulation and high rates of bacterial destruction and carbon exchange between water and sediments.