

**ИНДИКАЦИЯ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
И УРОВНЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ
НА ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ
ПО ДОННЫМ ОТЛОЖЕНИЯМ ОЗЕР:
НОВЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД**

Сапелко Т.В., Игнатъева Н.В., Кузнецов Д.Д.,
Лудикова А.В., Гусева М.А.

Институт озероведения РАН, г. Санкт-Петербург
tsapelko@mail.ru

Озерные ресурсы – один из главнейших стратегических запасов пресной воды на Земле. Разработка и совершенствование методик оценки состояния озерных экосистем является актуальной проблемой использования и прогноза их развития в будущем. Реконструкция эволюции озерных экосистем в прошлом позволит получить аналоги для прогноза. Донные отложения являются хорошим источником информации о состоянии экосистем и качестве воды на различных этапах развития озер. Комплексное изучение донных отложений позволяет не только дать оценку антропогенной составляющей, но и определить влияние природных факторов на озерные экосистемы. Отражение современного состояния озерных экосистем фиксируется в поверхностных пробах донных отложений (верхние ~ 2 см в зоне контакта «вода-дно»). Динамику состояния озерных экосистем в историческом аспекте фиксируют колонки донных отложений. Полученные результаты позволяют проводить адекватные реконструкции состояния озерных экосистем в зависимости от климатических изменений, динамики гидрологических процессов и степени антропогенного воздействия.

В ходе междисциплинарных исследований озерных экосистем, проводившихся в последние годы в рамках тем НИР ИНОЗ РАН, получены результаты, позволившие разработать методику разделения влияния природных и антропогенных факторов на экосистемы озер с помощью палеоолимологических данных [1-3]. Получены данные по изменениям климатических, гидрологических и антропогенных характеристик в течение длительного периода времени (несколько тысяч лет). По данным литологического, палинологического, диатомового, геохимического анализов получены качественные характеристики влияния природных и антропогенных факторов на экосистему озера. По анализу динамики содержания в донных от-

ложениях металлов (Fe, Mn, Cu, Ni, Pb, Cr, Co, V и др.), органического вещества и фосфора (общего, неорганического и органического) получены количественные характеристики каждого из перечисленных компонентов (рис. 1).



Рис. 1– Пример графика значений соотношения антропогенного и естественного накопления органического фосфора (по колонке донных отложений озера Светлояр)

По палинологическому и радиоуглеродному анализам установлена хронология процессов, происходящих в озере, а по скорости осадконакопления выбрана условная граница периода без антропогенного воздействия на экосистему озера и периода с антропогенным воздействием. До этой границы на экосистему озера влияли только природные факторы. Вероятность влияния антропогенных и природных факторов на экосистему озера в индустриальный период в процентном соотношении рассчитана с помощью математической обработки полученных данных. Расчет проводился на основании определений изучаемых компонентов в колонках донных отложений изучаемых озер (рис. 2).

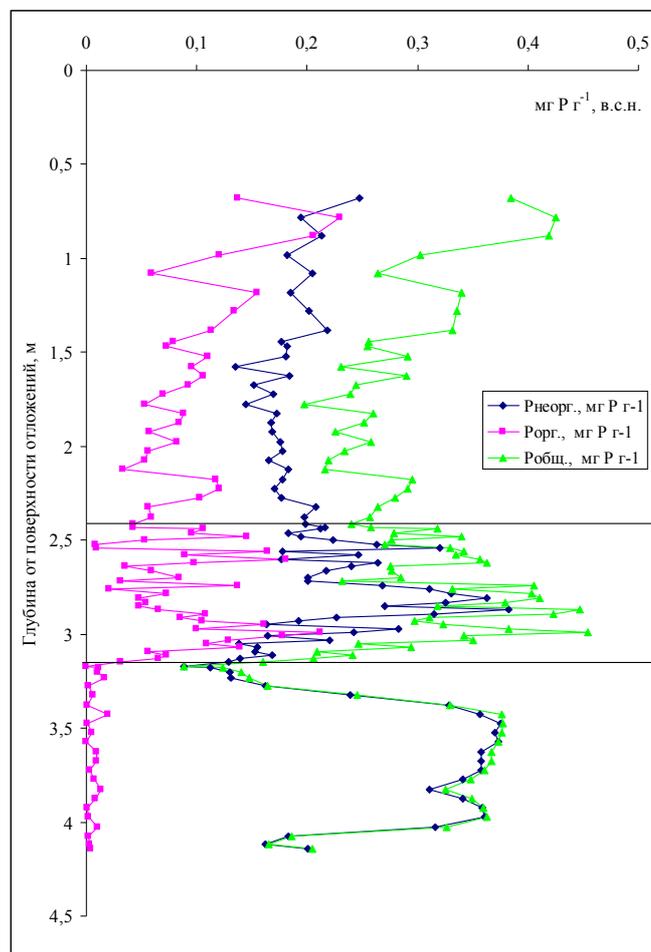


Рис. 2 – Вертикальное распределение фосфора в донных отложениях оз. Светлояр

Апробация методики проводится на разнотипных озерах Восточно-Европейской равнины. Работы выполнены на больших озерах (Ладожское озеро) и на малых (озера Нижнее Суздальское в г. Санкт-Петербурге, Берестовое в Ленинградской обл., Глубокое в Московской обл., Светлояр в Нижегородской обл. и др.), расположенных в регионах с разной степенью антропогенного воздействия.

На Ладожском озере изучена колонка донных отложений с глубины 72 м в центральной части, которая отражает общее состоя-

ние в целом всего озера. Согласно полученным данным [1], на изменение экосистемы Ладожского озера на современном этапе влияют в основном природные факторы. Антропогенное влияние сказалось лишь на содержании свинца. На резкое повышение концентрации свинца в верхней части разреза с вероятностью до 44% повлияли антропогенные факторы (т.е. значения свинца на 44% выше среднего природного уровня). В то же время, на колебания концентраций некоторых других металлов, динамика которых была изучена, влияние оказали в равной степени, как природные факторы, так и антропогенные. По результатам расчетов определено, например, что содержание никеля в донных отложениях Ладожского озера в настоящее время не превышает максимального природного уровня. В то же время, рассчитанный антропогенный уровень выше рассчитанного природного, т.е. на данный момент на динамику содержания никеля в донных отложениях Ладожского озера влияют как природные, так и антропогенные факторы. При этом количество никеля в индустриальный период превышает его же значение в доиндустриальный период на 6,7%. Оценка вероятности антропогенного воздействия на содержание никеля составляет 22%.

Озеро Нижнее Суздальское выбрано в качестве объекта исследования, находящегося в черте крупного города. Колонка донных отложений отобрана с глубины 3,5 м [4]. По данным изучения колонки, в индустриальный период происходит увеличение концентрации органического фосфора. В результате проведенных расчетов определено, что практически 60% увеличения накопления фосфора в донных отложениях озера обусловлено антропогенными факторами. На содержание вещества в донных отложениях озера потери при прокаливании (ППП) в индустриальный период не влияют. Из проанализированных металлов (железо, хром, никель, медь, марганец, свинец, стронций) только увеличение содержания стронция имеет большую вероятность антропогенного воздействия, которая превышает 50%. Вероятность влияния антропогенных факторов на содержание в донных отложениях озера других металлов не превышает 20%. По полученным расчетам увеличение концентрации органического фосфора в озере на современном этапе развития практически на 60% происходит в результате антропогенного воздействия. На содержание органических веществ в донных отложениях антропогенные факторы на данный момент не влияют.

На озере Глубоком в Московской области проанализирована колонка донных отложений с глубины 3,3 м [5]. Более 120 лет ведется мониторинг современного состояния экосистемы озера, что позволяет получить полную картину развития озера не только в прошлые эпохи по палеолимнологическим реконструкциям, но и за последние 120 лет по данным натурных наблюдений. Анализ донных отложений показал, что концентрация большинства металлов снижается в индустриальном периоде, кроме свинца, содержание которого в донных отложениях озера Глубокого в индустриальный период превышает его же концентрацию в доиндустриальный период на 96%. По нашим оценкам, вероятность антропогенного происхождения концентрации свинца стремится к 100%.

Озеро Светлояр в Нижегородской области и его окрестности являются на сегодняшний день охраняемым памятником природы. Озеро находится вдали от возможных источников промышленного загрязнения. Однако огромный поток туристов, сельскохозяйственные угодья, застройка водосбора может нанести серьезный вред экосистеме озера. Колонка донных отложений отобрана с глубины 2,2 м. По результатам исследований можно сделать вывод о том, что в целом на современное состояние озера оказывают влияние в большинстве своем природные факторы, антропогенное влияние существует, но в целом оно минимально. Антропогенное влияние проявилось лишь в содержании в донных отложениях озера ванадия и железа с вероятностью 100%, Антропогенное влияние на увеличение содержания меди и марганца также довольно высокое (вероятность 80-85%). Вероятность влияния антропогенного фактора на накопление фосфора ничтожна. Повышение содержания органического вещества в донных отложениях озера Светлояр на 100% связано с природными факторами.

Озеро Берестовое расположено на северном склоне Центральной возвышенности Карельского перешейка. В качестве источников антропогенного влияния можно назвать поселок на северном побережье озера с молочной фермой и базой отдыха на берегу. Колонка донных отложений отобрана с глубины 6,5 м. Наши данные показали, что для этого озера характерно резкое увеличение содержания фосфора и органического вещества. Рассчитанная концентрация неорганического фосфора увеличилась более, чем на 80%, а содержание органического фосфора на 100%, относительно полученного в результате расчетов природных фоновых значений. Однако по

данным комплексного палеолимнологического анализа установлено, что рост среднего уровня концентрации общего фосфора произошел еще до начала индустриального периода. Рассчитанное повышение концентрации органического вещества составляет 200%. По ППП рассчитана самая большая среди изучаемых компонентов вероятность антропогенного воздействия – 97%, но и она не превышает фонового порога. Рассчитанные значения низкой вероятности антропогенного воздействия подтверждают результаты палинологического и диатомового анализов, свидетельствующие об олиготрофном статусе озера Берестового. Незначительные следы антропогенного воздействия, начиная со среднего голоцена, отразились в основном в изменении озерных ландшафтов, связанных с вытаптыванием и выжиганием растительности, вырубками и распашкой.

Результаты выполненных исследований позволяют говорить о наиболее сильном антропогенном воздействии на экосистему Нижнего Суздальского озера. Что касается озер Ладожского, Глубокого и Светлояр, то влияние природных процессов на экосистемы озер здесь более значительно, чем антропогенных. В связи с полученными результатами исследований оз. Берестового установлено, что влияние антропогенных факторов не превышает природного фона.

Апробация методики на разнотипных озерах, расположенных в разных природных зонах, с разными морфометрическими характеристиками и различным трофическим статусом, показала степень антропогенного влияния на экосистему каждого из изученных озер. Проведенные исследования показывают, что адекватная оценка соотношения природной и антропогенной составляющих в развитии и трансформации озерных экосистем невозможна без представления о «фоновом» состоянии экосистемы, а пониманию особенностей современного состояния водоемов во многом способствует знание палеогеографических обстановок.

Литература

1. Сапелко Т.В., Игнатьева Н.В., Кузнецов Д.Д. Антропогенные и природные факторы развития Ладожского озера в позднем голоцене по данным комплексного анализа донных отложений // Сохраним природное и культурное наследие Ладожского озера. Сборник научных трудов. СПб. 2011. С. 170-181.

2. Sapelko T. V., Shemanaev K.V., Kuznetsov D.D. and Ignatieva N.V. Relation of human and natural factors in the development of lakes according to a complex analysis of lake sediments // Geophysical Research Abstracts, EGU General Assembly 2012, Vol. 14, EGU2012-11926, Vienna, Austria, 22–27 April 2012.

3. Sapelko T., Shemanaev K., Kuznetsov D., Ignatieva N., Ludikova A. Paleolimnological approach to the separation of the effects of anthropogenic and natural factors on the lake ecosystems // Geophysical Research Abstracts, Vol. 15, EGU2013-PREVIEW, 2013, EGU European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, 07–12 April 2013.

4. Верзилин Н.Н., Мороз Т.А., Севастьянов Д.В., Сапелко Т.В., Субетто Д.А. Эволюционно-географический подход при изучении геохимических особенностей голоценовых донных осадков озера Нижнее Суздальское (С.-Петербург) // Геология и эволюционная география, №5. СПб., 2005. С. 170-178.

5. Сапелко Т.В., Смирнов Н.Н., Щерочиньска К., Хасанов Б.Ф., Баянов Н.Г., Кузнецов Д.Д., Антипушина Ж.А. История озера Глубокого (Московская область) по результатам анализа донных отложений // Доклады Академии наук, 2013, том 450, №3. С. 344–347.

ОНЕЖСКОЕ ОЗЕРО И ЕГО ВОДОСБОР: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ, ОСВОЕНИЕ ЧЕЛОВЕКОМ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ¹⁹

Субетто Д.А., Калинкина Н.М., Лукина Ю.Н., Филатов Н.Н.
Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск
subetto@mail.ru

Онежскому озеру, наряду с Ладожским озером, было уделено особое внимание на Совете Безопасности Российской Федерации, как крупнейшему пресноводному резервуару, ухудшение качества воды в котором может привести к проблемам с обеспечением питьевой водой всего Северо-Западного региона Российской Федерации. Особенно было отмечено, что вопросами охраны данных водоемов следует заняться более предметно как на федеральном, так и на региональном уровнях. Онежское озеро является вторым по величине

¹⁹Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №14-17-00766).