

Реакция экосистемы Онежского озера на многофакторное воздействие: потепление климата, техногенное загрязнение, биоинвазии



Онежское озеро, одно из величайших озер Европы и северо-западного региона России, испытывает влияние климатических изменений, антропогенной нагрузки и биоинвазий (Рис. 1). В последние два десятилетия уменьшился сброс загрязняющих веществ с коммунально-бытовыми и производственными сточными водами. Влияние климатических изменений возросло и стало соизмеримым с действием антропогенного фактора. В условиях потепления климата в прибрежной зоне температура поверхности воды увеличилась на 2-3 °С (Рис. 2).

Наталья Михайловна Калинкина
 ведущий научный сотрудник
 лаборатории гидробиологии
 ИВПС КарНЦ РАН
 д.б.н.
 Соавторы: Е.В. Теканова,
 Н.А. Белкина, Н.Е. Галахина,
 Т.В. Ефремова, Г.Э. Здоровеннова,
 Р.Э. Здоровеннов, М.Б. Зобков,
 М.В. Зобкова, К.В. Исакова,
 Д.С. Коновалов, А.В. Коросов,
 Е.М. Макарова, А.И. Сидорова,
 В.С. Смирнова, М.Т. Сарки



Рис. 1. Экологические риски Онежского озера
 Рис. 2. Динамика антропогенной нагрузки и температурные тренды

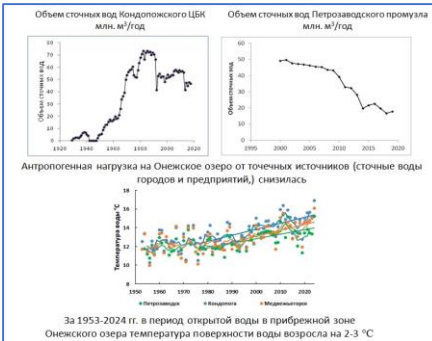
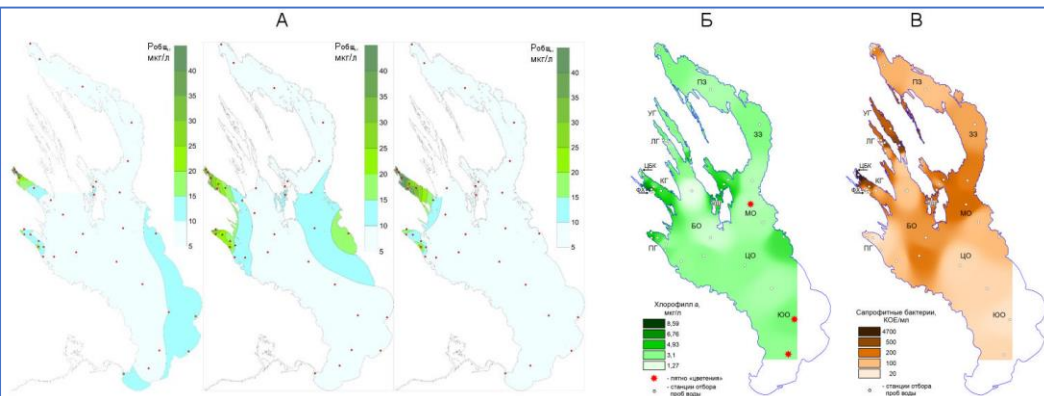


Рис. 3. Содержание общего фосфора (А), хлорофилла а (Б) и количество сапрофитных бактерий (В), определяющих трофический статус и качество вод Онежского озера



Центральный глубоководный плес Онежского озера сохраняет олиготрофный статус и высокое качество воды по содержанию общего фосфора, концентрации хлорофилла а и количеству сапрофитных бактерий (Рис. 3). В отдельные годы в глубоководном районе Онежского озера на фоне возрастания температуры воды отмечается эпизодическое увеличение количества фитопланктона, в том числе, цианобактерий. Однако эти изменения носят обратимый характер.

В Петрозаводской губе снижаются показатели летнего фитопланктона и количество глубоководного бентоса, в том числе, реликтовых рачков *Moporegia affinis*, важнейшего корма сегов Онежского озера, т.е. происходит реолиготрофизация залива. Наблюдаемая тенденция снижения продуктивности залива связана с браунификацией (увеличение содержания железа и углекислого газа) и уменьшением антропогенной на нагрузки.

Исследования последних лет показали, что для предотвращения необратимых изменений в экосистеме Онежского озера, являющегося стратегическим источником пресной воды, необходим постоянный научный мониторинг.

Кондопожская губа испытывает наибольшую антропогенную нагрузку органическим веществом и биогенными элементами. Для оценки состояния этого залива впервые была разработана физико-химическая методика разделения органического вещества природных вод на гумусовые вещества, лигносульфонаты (компоненты сточных вод ЦБК) и легкоминерализуемое органическое вещество, применение которой позволило выявить, что при разбавлении сточных вод в заливе концентрация лигносульфонатов значительно снижается. Высокая фосфорная нагрузка на Кондопожскую губу обусловлена работой ЦБК, который функционирует с 1929 г., (максимум производственных мощностей отмечался в конце 1980-х гг.), и появлением в 2000-х годах ферелевых хозяйств. В районе их расположения в зимний период в придонных слоях воды выявлены заморные условия и высокие концентрации фосфора. Следствием антропогенного эвтрофирования залива являются высокие концентрации хлорофилла а, которые в июне 2025 г. достигли 20-24 мкг/л, т.е. эвтрофного уровня. Сточные воды ЦБК также являются источником загрязнения взвесями, что определяет максимальную мутность воды, наибольшие скорости осадконакопления в вершинной части залива и высокое загрязнение донных осадков. Донные отложения аккумуляционных зон всего залива имеют признаки органического загрязнения. Благоприятная ситуация в донных отложениях по показателям макрозообентоса и химическому составу осадков фиксируется только на выходе из Кондопожской губы. Модель, созданная на основе нечеткой логики, полностью подтвердила выводы о динамике продуктивности в разных районах Онежского озера в течение 40-летнего периода наблюдений (1982-2023 гг.). Вселение байкальского рачка *Gmelinoides fasciatus* привело к улучшению кормовой базы окуневых рыб в Онежском озере. Роль этого вида в процессах самоочищения литорали от органического вещества автотонного происхождения оказалась незначительной.