

ЛАДОЖСКОЕ ОЗЕРО: ЖИЗНЬ ПОДО ЛЬДОМ. ВЗАИМОСВЯЗАННЫЕ ПОДЛЕДНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

РОССИЙСКО-ШВЕЙЦАРСКИЙ МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПРОЕКТ

Крупнейшие озера Восточной Европы (Ладожское и Онежское) привлекают все большее внимание как ученых и общественности, так и представителей индустрии и строителей жилищных комплексов. Эти водные объекты чрезвычайно важны как источники питьевой и технической воды, транспортные артерии (водный путь к Балтийскому, Белому, Черному, Азовскому и Каспийскому морям). Кроме того они обладают значительными биологическими (в частности, рыбопромысловыми) ресурсами, а также имеют рекреационное значение. Серьезными ограничивающими факторами для сохранения и рационального использования богатств этих озер являются происходящие в них процессы загрязнения и эвтрофикация, вызываемые несанкционированными сбросами неочищенных промышленных (сточных вод), а также негативное воздействие привносимых (инвазивных) биологических видов и глобальное потепление. Благоприятные условия проживания населения в районе указанных озер и соседних крупных мегаполисов (Санкт-Петербург) напрямую связаны с минимизацией негативного антропогенного воздействия, которое ставит под удар качество и так уже ограниченных ресурсов чистой пресной воды в этом регионе. В этой связи европейские и российские научные сообщества совместно разработали ряд научно-исследовательских проектов комплексных исследований Ладожского и Онежского озер. Эти работы направлены на сохранение, восстановление и эффективное использование ресурсов этих крупнейших озер Восточной Европы. Следует отметить, что Совет безопасности РФ еще в 2013 г. объявил устойчивое использование водных и биологических ресурсов Ладожского и Онежского озер одним из высших государственных приоритетов.

Выполнение зимних лимнологических исследований представляет определенные трудности, обусловленные сложными погодными условиями, но в последнее время в условиях наблюдаемого глобального потепления эти исследования получили новое развитие.

До настоящего времени гидрофизические исследования в зимнее время в основном были сосредоточены на малых и средних озерах, в то время как зимний режим больших озер был изучен в гораздо меньшей степени. Одной из возможных причин недостатка зимних наблюдений на больших озерах являются трудности организации и проведения полевых исследований. Ледяной покров крупных озер, как правило, нестабилен и характеризуется многочисленными трещинами, разводьями и полыньями. Зимние процессы в сезонно замерзающих озерах по-прежнему остаются «белым пятном» в современной лимнологии. Как метко было подмечено в одной из работ европейского лимнолога Б. Шутера (B. Shuter): «Мы знаем гораздо больше о тропических озерных экосистемах и даже о полярных озерах с постоянным ледяным покровом, чем о переносах вещества и энергии во время долгих зим в озерах умеренной зоны Евразии и Северной Америки». Одной из важных причин растущего интереса к зимним лимнологическим процессам стал вопрос о реакции крупных озер средних и высоких широт на глобальное потепление. С другой стороны, проблемы изменения климата требуют более глубокого изучения и количественной оценки вклада озер с ледовым покровом в процессы выбросов парниковых газов, таких как метан, в атмосферу, а также в глобальный углеродный баланс.

В рамках совместного мультидисциплинарного российско-швейцарского проекта «Ладожское озеро: жизнь подо льдом. Взаимосвязанные подледные процессы под влиянием глобального потепления» планируется изучить динамику физических и биогеохимических показателей Ладожского озера в зимний период. Предполагается реализовать семь индивидуальных, но связанных друг с другом проектов, которые будут выполнены специалистами из России, Швейцарии, Франции, Германии, Швеции и Финляндии. Международной команде исследователей предстоит изучить подледные

Общий вид ледового лагеря.



Градиентная трехуровневая автоматическая метеостанция.



экосистемы озер, особенности круговорота углерода и ряд палеолимнологических аспектов; провести гидрофизические и гидрохимические наблюдения, применить методы дистанционного зондирования для оценки состояния подстилающей поверхности. Предполагается участие следующих научных организаций России и Европы: Институт водных проблем Севера (ИВПС) Карельского научного центра РАН, Петрозаводск; Институт озероведения (ИНОЗ) РАН, Санкт-Петербург; ААНИИ, Санкт-Петербург; Международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию им. Ф. Нансена (Нансен-центр), Санкт-Петербург; Политехническая школа, Университет Лозанны (EPFL), Лозанна, Швейцария; Университет Женевы (UNIGE), Институт Фореля, Женева, Швейцария; Швейцарский федеральный институт водных наук и технологий (EAWAG), Дюбендорф; Университет Констанца, Констанца, Германия; Университет Упсала, Упсала, Швеция; Альпийский исследовательский центр озерных трофических цепей, Тонон-ле-Бен, Франция.

Исследовательская программа будет направлена на изучение биоразнообразия подводного мира подо льдом и взаимосвязанных важнейших гидрофизических, метеорологических, гидрохимических и гидробиологических процессов. В частности, очень важно понять механизмы весенней подледной конвекции и изучить ее влияние на развитие озерных экосистем. В рамках четырех подпроектов будут проводиться синхронизированные по времени измерения гидрофизических, метеорологических и гидробиологических параметров в ряде характерных акваторий озер. Высокотехнологичные измерительные комплексы и средства регистрации будут установлены стационарно в течение всего зимнего и весеннего периодов в нескольких контрольных точках (полевых лагерях) на льду озера. Запланировано использование автономных подводных аппаратов (глайдеров) и различных воздушных дронов (квадрокоптеры, БПЛА). Эти автономные технические средства позволят детально исследовать пространственно-временную структуру конвекционных ячеек подо льдом, а также пространственную неоднородность поверхности озерного льда. Эволюция озерных экосистем будет исследована с помощью отбора и анализа проб фито- и зоопланктона, бактерий, а также изучения переноса

углерода по трофической цепочке. Предполагается оценить накопление диоксида углерода и круговорот углерода в течение зимнего и весеннего сезонов.

В марте 2015 г. на базе ИВПС в столице Карелии г. Петрозаводске был организован международный научно-практический семинар «Ладожское и Онежское озера: жизнь подо льдом — взаимодействие процессов подо льдом в результате глобальных изменений». Спонсор семинара — исследовательский фонд “Fondation pour l’Etude des Eaux du Lemman” (Швейцария). Международную делегацию возглавлял известный полярный исследователь, издатель и меценат Фредерик Паульсен, российскую — член-корреспондент РАН, Николай Николаевич Филатов. Кроме хозяев мероприятия — ученых ИВПС (директор, профессор Д.А. Суббето) российская сторона была представлена специалистами ААНИИ, Института наук о Земле (СПбГУ) и Нансен-центра (Санкт-Петербург).

Кроме традиционных научных докладов, в рамках которых потенциальные участники проекта продемонстрировали свое понимание вышеуказанных проблем изучения крупных европейских озер в зимний период и предложили возможные пути их решения, российские и зарубежные специалисты продемонстрировали логистические и технические возможности (приборы, оборудование и методики наблюдений) для работ на льду. Полевую фазу проекта предполагается реализовать в 2016 г. ААНИИ был представлен специалистами отдела взаимодействия океана и атмосферы, продемонстрировавшими свои технические возможности в международном ледовом лагере, который был развернут на акватории Петрозаводского залива. Здесь в непрерывном режиме проводились гидрофизические, метеорологические, актинометрические, гидробиологические и гидрохимические наблюдения, выполнялись отбор и консервация проб воды и грунта. Над лагерем осуществлял полеты БПЛА компании “GeoScan”, проводивший съемку поверхности льда в различных спектральных диапазонах. В воды озера под лед представителями Швейцарии (Университет Лозаны) был запущен его аналог — глайдер (производство США) для регистрации физических параметров водной среды (температура, минерализация, освещенность и т.д.). Специалисты ААНИИ развернули на льду градиентную трехуровневую установку,

Судно на воздушной подушке.

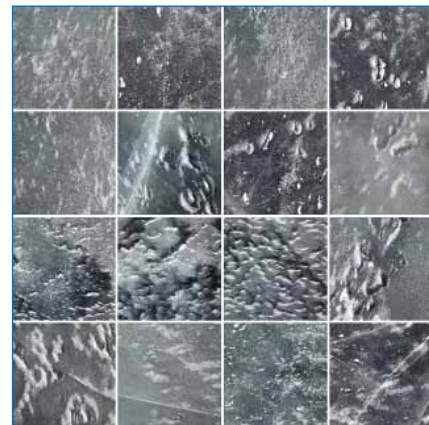


Подводный глайдер.





Снимок с БПЛА.



Типы поверхности льда.

собранный на базе метеорологических накопителей информации data-logger “НОВО” (Англия) и автоматической метеорологической станции фирмы Delta-T Devis (США). Отдел взаимодействия океана и атмосферы ААНИИ имеет давние и успешные традиции проведения градиентных метеорологических наблюдений в приледном слое атмосферы, которые успешно осуществлялись в Арктике (СП-23), в Антарктике (дрейфующая станция «Уэдделл-1»), а также проводятся в настоящее время в ГМО Тикси и на научно-исследовательском стационаре «Ледовая база “Мыс Баранова”». Так что наш опыт оказался тут весьма полезен. Кроме градиентных наблюдений, представителями ААНИИ была выполнена площадная съемка альбедо поверхности озерного льда в различных спектральных диапазонах, которая сопровождалась синхронной фотосъемкой поверхности озерного льда как непосредственно с поверхности льда (ручная фотосъемка), так и с высоты 50 м с помощью БПЛА. Наши измерения альбедо (in situ measurements) являются неотъемлемым атрибутом для верификации любых данных дистанционного зондирования. Ученые из Швейцарии по достоинству оценили возможности российских специалистов. В 2016–2017 гг. экспериментальные и теоретические исследования в рамках этого проекта будут продолжены. В первую очередь это прибрежные и глубоководные районы Ладожского и Онежского озер. Будут организованы долговременные ледовые лагеря, а также планируется проведение маршрут-

ных съемок с помощью судна на воздушной подушке. Это позволит охватить значительные по площади акватории озер и детально исследовать пространственные и временные неоднородности гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических процессов и явлений. В осенний период, до начала формирования устойчивого ледяного покрова на указанных акваториях будет проведена детальная океанографическая съемка. Будут использованы исторические данные метеорологических наблюдений для оценки долговременных тенденций атмосферных и ледовых процессов на акватории озер. В рамках научного сотрудничества с ведущими вузами Санкт-Петербурга будут привлекаться студенты и аспиранты для проведения совместных с ведущими специалистами России и Европы полевых исследований и последующих теоретических обобщений, которые найдут свое отражение в дипломных и диссертационных работах. Все полученные результаты планируется разместить на наиболее известных российских и зарубежных интернет-порталах для осуществления открытого доступа к научному наследию всех заинтересованных специалистов. Также планируется подготовка и публикация совместных статей и докладов на ведущих международных конференциях.

*Б.В. Иванов (ААНИИ).
Фото Д.М. Журавского и С.В. Кашина*

Участники семинара.

