

ЛЕДОВЫЕ УСЛОВИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ НА ПОКРЫТЫХ ЛЬДОМ ОЗЕРАХ

Р.Э. Здорovenнов¹, канд. геогр. наук, А.Р. Кураев², канд. геогр. наук

¹Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, Россия

²LEGOS, Université de Toulouse, CNES, CNRS, IRD, UPS Toulouse, France

ICE CONDITIONS AND ORGANIZATION OF HYDROPHYSICAL MEASUREMENTS IN ICE-COVERED LAKES

R.E. Zdorovennov¹, Cand.Sc., A.R. Kouraev², Cand.Sc.

¹Northern water problems Institute Karelian Research Center, Petrozavodsk, Russia

²LEGOS, Université de Toulouse, CNES, CNRS, IRD, UPS Toulouse, France

Обсуждаются требования к безопасности работ на льду, ледовые условия и общие рекомендации по планированию, подготовке и организации однодневных и длительных работ, а также по установке автономных регистраторов.

The requirements for the safety of work on ice, ice conditions, and general recommendations for planning, preparing and organizing one-day and long-term work as well as installation of autonomous recorders are discussed.

Введение.

Традиционно основное внимание лимнологов сосредоточено на периоде открытой воды, однако, в последние годы значительно вырос интерес к зимним исследованиям, касающимся физических, химических и биологических процессов, происходящих в водоемах под ледяным покровом [1]. Одна из актуальных проблем зимней лимнологии - оценка реакции озер средних и высоких широт на глобальное потепление [2, 3]. Зимние лимнологические исследования осложняются непростыми полевыми условиями, а также вопросами логистики при организации экспедиций. Зачастую ледовый покров водоемов суши нестабилен, в нем образуются трещины, промоины [4], что заметно осложняет проведение ледовых измерений. В результате прогресс лимнологических исследований в зимний период все еще достаточно медленный.

Лимнологические работы со льда имеют определенное преимущество, поскольку измерения выполняются с твердой поверхности, однако лед, снег и низкие температуры создают некоторые дополнительные ограничения. В данной статье мы представляем требования к толщине и состоянию льда для безопасного проведения работ на льду, приводим общие рекомендации по планированию, подготовке и организации однодневных и долгосрочных работ на льду, проведению длительных автономных измерений с использованием различных приборов.

Минимальные значения толщины льда для безопасной работы на льду.

Работы на льду представляют опасность для здоровья и жизни людей: возможны падения и последующие травмы, попадание в холодную воду, отрыв прибрежных льдин, переохлаждение при длительной работе на льду в ветреную холодную погоду и т. д. Люди могут умереть в результате утопления, температурного шока и переохлаждения через 15-20 мин нахождения в холодной воде. Особенно опасны работы на льду в условиях низкой видимости (ночь, туман, снегопад).

Одним из основных условий проведения безопасной работы на льду является достаточная его толщина и прочность. Для работ, проводимых на льду водоемов суши, необходимо учитывать два основных типа льда: кристаллический лед и белый лед. Тип льда, его толщина и прочность зависят от размера и формы водоемов, температуры воздуха, продолжительности периодов отрицательных температур, наличия оттепелей, количества снега на льду, химического состава воды, влияния ветра и течений и т. д.

Кристаллический лед образуется в результате замерзания воды в морозных штилевых условиях в начальный период ледостава. В этом случае на поверхности льда нет трещин, различных предметов, торосов, снежных холмов и т. д. Этот тип льда является самым твердым. Белый лед образуется в результате замерзания снега, смешанного с водой, выступившей на поверхность кристаллического льда. Белый лед гораздо менее твердый и прочный, и при

определенных погодных условиях его прочность может быстро уменьшаться. Когда присутствует белый лед, обычно считается, что его прочность эквивалентна прочности половины толщины чистого кристаллического льда [5]. Минимальные значения толщины льда для безопасной работы на льду, по данным МЧС России, составляют 5 см для одного человека, 7 см для группы людей, 25-30 для легкого автомобиля и 30-40 см для полноприводного автомобиля. Однако наш собственный опыт показывает, что 5 см для одного человека и 7 см для группы людей являются слишком низкими значениями. Мы рекомендуем, по крайней мере, 15-20 см льда для безопасных научных работ. При организации ледового лагеря в течение нескольких дней толщина льда должна составлять 20 см и более.

Толщина льда не является однородной по различным участкам озера. Тонкий лед типичен для районов под мостами, вблизи выходов рек и ручьев, мест сброса теплой воды и канализационного дренажа, а также вблизи природных источников воды. Поэтому расположение ледового лагеря должно выбираться из соображений безопасности на максимальном удалении от перечисленных мест. Кроме того, безопасные работы в районах с тонким льдом могут проводиться с применением судна на воздушной подушке.

Правила безопасности и практические вопросы.

Достаточная толщина льда является важным параметром, но для успешной и безопасной работы на льду должны соблюдаться общие правила безопасности. Полевые работы должны быть организованы таким образом, чтобы ни один человек не находился в одиночку на льду. До начала работ требуется оценить ледовые условия конкретного водоема с использованием спутниковых снимков ледяного покрова, нужно учитывать прогноз погоды, чтобы избежать работы в тумане, снегопаде, дожде, при сильном ветре. Перед началом полевых работ должно проводиться тщательное планирование - расчет времени в пути до станций измерений, времени, необходимого для научной работы, и времени, необходимого для возвращения. Важно помнить, что передвижение на льду в темных условиях запрещено, поскольку очень опасно. Все работы должны согласовываться с МЧС с указанием даты и времени начала и окончания работ. Перед началом работ на льду все участники должны пройти инструктаж по правилам безопасности в местном отделении МЧС.

Важнейшим вопросом является вопрос экипировки участников полевых исследований на льду. Учитывая личный опыт, мы разработали предложения о том, как одеваться при проведении научной работы на льду. Необходима теплая и удобная одежда. Нужно использовать теплое нижнее белье, теплые носки, шапку, которая может полностью покрыть голову, куртки или комбинезоны с капюшоном. В холодную погоду с ветром важно хорошо покрывать лицо, голову и шею, поскольку это области, через которые организм теряет очень значительное количество тепла. Солнцезащитные очки (лучше с поляризационным фильтром) защищают глаза не только от сильного солнечного света, но и от ветра. Хорошо иметь запасной набор нижнего термобелья и носков, а также, при работе в отдаленных районах, расположенных далеко от базы, полный комплект одежды и обуви для переодевания в случае попадания в воду. Требуется, по крайней мере, две пары перчаток. Очень полезными являются защитные накладки на колени, которые надеваются поверх брюк или комбинезона - они будут защищать ноги от травм в случае падения, а также защитят одежду от намокания при работе на коленях. Обувь должна быть водостойкой или, по крайней мере, водоотталкивающей, подошвы должны быть нескользящими. При работе на скользком льду также хорошо иметь обувь со встроенными маленькими шипами или резиновый слой с шипами, которые можно надеть на подошвы.

Медицинский комплект, содержащий, по крайней мере, повязки, жгут, пластыри, перекись водорода, должен быть неотъемлемой частью оборудования. Защитный крем для сухой кожи очень полезен, так как при работе с водой, особенно при низких температурах воздуха и сильном ветре, руки быстро становятся сухими. Если вы планируете долго работать, не забудьте взять с собой воду, горячий кофе или чай, бутерброды.

Перед тем, как идти на лед, все оборудование должно быть полностью заряжено - необходимо проверить заряд телефонов, приемников GPS, также нужно взять резервные батареи или зарядные устройства. Все коммуникационное оборудование, а также личные документы должны быть помещены в водостойкие пакеты.

Организация работ и практические решения.

В зависимости от объема, продолжительности и типа планируемых ледовых измерений, научная работа должна быть организована соответствующим образом. Большинство ледовых исследований можно подразделить на работы, проводимые в течение одного дня и непрерывные длительные работы в ледовом лагере. Установка на длительный срок автономного измерительного оборудования также имеет определенные особенности. Основываясь на личном опыте, мы представляем различные решения для этих задач, которые могут быть полезны для других исследователей, работающих на льду.

Однодневная работа.

Типичный набор оборудования, необходимый для однодневных работ на льду, включает ледобур, ледоруб, L-образный металлический ледяной измерительный стержень (для измерения толщины льда, но также полезный для извлечения кусков льда из воды), ковш для очистки проруби от плавающего льда, пилу, снежную лопату, свисток, факел, водостойкие спички, компас, санки. Необходима плавающая полипропиленовая веревка длиной 15-30 м и диаметром 10 мм для помощи людям, провалившимся по лед. Лезвия ледобура, пилы, ледоруба всегда должны быть покрыты защитными чехлами, как только сверление или пиление закончено, в противном случае возможно получение серьезных травм при подскользывании и попадании частей тела на лопасти и лезвия этих приспособлений.

Оборудование никогда не должно оставаться лежать на льду, чтобы не быть сдутым ветром, не быть заваленным снегом. Все оборудование, которое в данный момент не используется, должно быть помещено в палатку (в случае ледового лагеря) или на судно на воздушной подушке или на сани. Сочетание низких температур и ветра может привести к быстрому обмерзанию научного оборудования, а иногда и к повреждению приборов (замораживание воды, приводящее сначала к ухудшению водоизоляционных свойств корпуса приборов, а затем к проникновению воды внутри прибора и т. д.). Как только оборудование извлекается из воды, оно должно помещаться в сухое, защищенное от ветра место (чехол).

Работы на льду - это всегда творческий процесс. Довольно часто необходимо решать некоторые нетривиальные и необычные задачи, кроме того, ледовые исследования часто являются очень тяжелым трудом и нужно быть готовым к этим особенностям.

Стационарный многодневный ледовый лагерь.

Для долгосрочных измерений требуется организация базового ледового лагеря. Для проведения многодневной работы нужно использовать зимние палатки с древесными печками внутри (для отдыха и сна научных работников), палатки для оборудования и инструментов, палатку с био туалетом. Необходимы спальные мешки, складные кровати, складные столы и стулья. Палатки должны иметь яркий цвет, а ночью должны быть оснащены включенными осветительными приборами, чтобы они были легко видны издалека, и чтобы избежать случайного попадания в них людей, перемещающихся по льду на снегоходах или другом виде транспорта.

Ориентация палаток должна быть выбрана с учетом преобладающего направления ветра, так, чтобы ветер не дул во входное отверстие палатки. В противном случае палатка быстро теряет тепло, дверь будет трудно открыть и закрыть, и под сильным ветром она может быть повреждена. Все палатки должны быть надежно закреплены на льду. Для жилых палаток и палаток с оборудованием необходимо подготовить пол. Для теплоизоляции на пол палатки должны быть помещены деревянные щиты, на которые можно установить дополнительный изоляционный непромокаемый материал. Все это помогает избежать таяния льда и скопления воды внутри палатки.

Транспортировка между побережьем и ледовым лагерем осуществляется с использованием судов на воздушной подушке. С первого по последний день работ для случая срочной эвакуации в ледовом лагере должен находиться снегоход.

Установка приборов для длительных автономных измерений.

Оборудование, установленное на льду, должно быть надежно закреплено и отмечено яркими знаками (флажками). Это помогает найти оборудование после снегопада, а также служит предупреждением для передвигающихся по поверхности водоема людей, рыбаков о том, что этого места следует избегать. В некоторых случаях необходимо отмечать места расположения приборов светоотражающими лентами, которые видны ночью.

Некоторое оборудование устанавливается на штативах, других деревянных или металлических конструкциях. В солнечных условиях эти конструкции имеют тенденцию к нагреванию, что приводит к таянию льда и перекосу этих конструкций либо к опусканию приборов, которые должны быть закреплены в воде на определенной глубине. Чтобы избежать этого, или, по крайней мере, замедлить этот процесс, мы предлагаем между конструкцией и льдом помещать сплошной слой толстого белого пластика.

Одной из основных проблем при установке научного оборудования для длительных автономных измерений является вмержание тросов, на которые крепится оборудование, в лед. При извлечении инструментов в конце измерений существует высокий риск разрыва троса при попытках вырвать его из льда с использованием ледобура, ледоруба или ледяной пилы и, как следствие, риск потери оборудования. Чтобы избежать вмержания троса в лед, мы рекомендуем использовать пластиковый шланг темного цвета с длиной чуть больше толщины льда, через который пропускается трос в месте его контакта со льдом. Пластиковый шланг защищает трос от вмержания в лед и от случайного повреждения при извлечении оборудования. Темный шланг нагревается солнцем, и даже если вокруг него образуется лед, то он не очень твердый, и извлечение приборов перестает быть сложной задачей.

Заключение.

В рамках выполнения нескольких научных проектов мы получили ценный опыт проведения уникальных научных экспериментов на льду, которые мы представили в этой статье. Несмотря на то, что приведенные здесь сведения далеко не исчерпывающие и универсальные для других покрытых льдом озер мира, мы надеемся, что наш опыт (иногда полученный с большим трудом) и предлагаемые решения могут помочь и стимулировать других исследователей, участвующих или планирующих провести зимнюю лимнологическую работу со льда.

Литература

1. Kirillin G., Leppäranta M., Terzhevik A., Granin N., Bernhardt J., Engelhardt C., Efremova T., Golosov S., Palshin N., Sherstyankin P., Zdrovennova G., Zdrovennov R. Physics of seasonally ice-covered lakes: a review // *Aquatic Sciences*. 2012. V. 74. N 4. P. 659-682.
2. Salonen K., Leppäranta M., Viljanen M., Gulati R. Perspectives in winter limnology: closing the annual cycle of freezing lakes // *Aquatic Ecology* 2009. V. 4, P. 609-616.
3. Bengtsson L. Ice-covered lakes: environment and climate required research // *Hydrol. Process*. 2011. V. 25, P. 2767–2769. doi:10.1002/hyp.8098
4. Kondratyev K.Y., Filatov N.N. *Limnology and Remote sensing. A Contemporary approach*. Springer-Praxis, London, 1999. 412 p.
5. Workplace Health and Safety Bulletin. Government of Alberta, 2008-2009. SH010 - General Safety. Revised August 2008. available online at <http://www.ceaa.gc.ca/050/documents/29913/29913E.pdf>

Это исследование выполнено при финансовой поддержке мультидисциплинарного международного Швейцарско-Российского проекта «Lake Ladoga: Life under ice - Interplay of under-ice processes by global change» (фонд FEEL Foundation, “Fondation pour l’Etude des Eaux du Léman”), а также при финансовой поддержке РФФИ (проект №16-05-00436_a).

This study was supported by the multidisciplinary international Swiss-Russian project “Lake Ladoga: Life under ice - Interplay of under-ice processes by global change” (FEEL Foundation, “Fondation pour l’Etude des Eaux du Léman”), as well as with financial support from the Russian Foundation for Basic Research (project no. 16-05-00436_a).