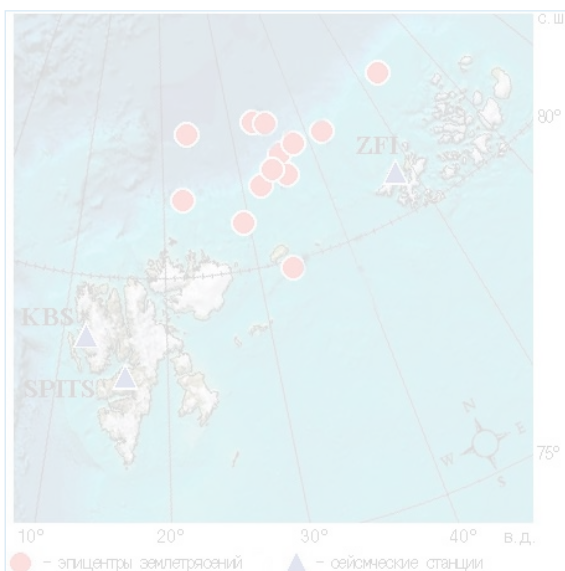
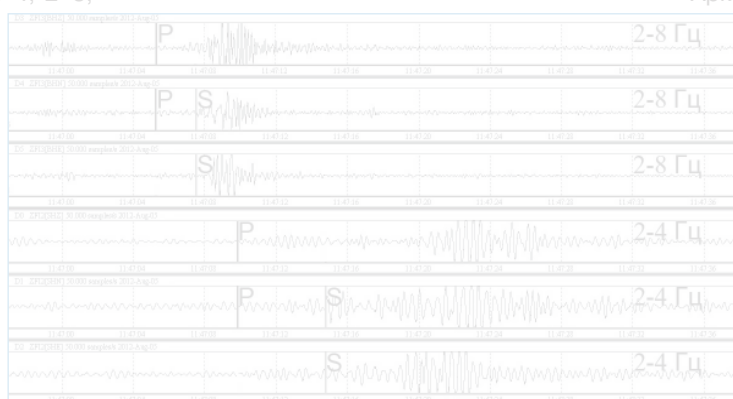


расположенного восточнее архипелага, представляется вполне закономерным, если рассматривать Свальбардское поднятие как единый блок, отвечающий за сейсмический процесс.

Кроме представленных выше событий, на с/с ZFI регистрируется большое количество событий (до 40 в день), связанных в основном с подвижками ледников на о. Земля Александры. На приведенном рисунке представлен пример волновых форм ледникового события, зарегистрированного двумя сейсмическими станциями, одна из которых располагалась непосредственно у ледника (верхняя запись на рисунке). Для более четкого выделения события используются фильтры (2–4; 2–8; 3–6 Гц). Подобный тип «льдотрясений» при подвижках пульсирующих ледников распространен в Арктике. В уже упомянутых работах Б.А.Ассиновской приведены данные о ежедневных подвижках ледников, расположенных не далее 15–20 км от станции «Арктическая» (80,8° с.ш., 46,8° в.д.), а также они наблюдаются, например, на западном



Карта эпицентров сейсмических событий, зарегистрированных на с/с ZFI в районе континентального шельфа.



Пример записи ледникового события, зарегистрированного 5 августа 2012 г.,  $t_0 = 11:47:06$ .

побережье Северного острова Новой Земли и в районе арх. Шпицберген. Заметим, что динамика полярных ледников является природным индикатором глобальных изменений климата.

Все вышесказанное подтверждает необходимость развития сейсмических сетей в Российском секторе Арктики и повышения уровня их чувствительности путем увеличения количества сейсмологических пунктов и создания в них сейсмических групп. Плотная высокоширотная система сейсмического мониторинга позволит изучить закономерности глубинного строения и особенности современной геодинамики земной коры и верхней мантии Арктической зоны РФ, где сосредоточены основные запасы углеводорода циркумполярной области, и тем самым внести существенный вклад в обоснование внешней границы России в Арктике.

*Г.Н.Антоновская,  
Я.В.Конечная,  
А.Н.Морозов  
(ФГБУН Институт  
экологических  
проблем Севера  
УрО РАН)*

## ПРОДОЛЖЕНИЕ БУРОВЫХ РАБОТ В ГЛУБОКОЙ СКВАЖИНЕ НА СТАНЦИИ ВОСТОК В СЕЗОННЫЙ ПЕРИОД 58-й РАЭ

В декабре 2012 г., спустя 10 месяцев после успешного вскрытия подледникового озера Восток, на российской внутриконтинентальной станции Восток были возобновлены буровые работы. В программу гляциобурового отряда сезонной 58-й РАЭ входило повторное бурение глубокой скважины с отбором и исследованием керна замерзшей воды, поступившей в скважину из озера. Задача заключалась в том, чтобы как можно глубже пройти по старому стволу скважины 5Г-1, получить достаточное для исследований количество керна вторичного конжеляционного (водного) льда и далее, после неизбежного отклонения новой скважины от старой, продолжить бурение ледникового покрова до максимальной глубины, которая может быть достигнута в течение полевого сезона.

Общая продолжительность сезонных работ на станции составила 58 дней (9 декабря 2012 г. – 5 февраля 2013 г.). Круглосуточные буровые операции

были начаты 28 декабря. В период с 16 по 23 января бурение скважины было приостановлено в связи с заменой старого изношенного кабеля буровой лебедки на новый кабель, который был доставлен на станцию Восток со станции Прогресс транспортным походом. После замены кабеля буровые работы были возобновлены и продолжались вплоть до окончания полевого сезона.

В сезонный период 58-й РАЭ была еще раз продемонстрирована высокая – рекордная для этих глубин – эффективность работы электромеханического бурового снаряда, созданного специалистами Санкт-Петербургского горного университета. Средний рейсовый выход керна при бурении ледника в интервале глубин 3424–3543 м составил 2,20 м; дневная производительность буровых работ часто превышала 10 м керна в сутки. К концу полевого сезона скважина достигла отметки 3543,56 м. До поверхности озера Восток



Станция Восток, январь 2013 г. Извлечение ледяного керна длиной более 2 м из бурового снаряда.



Гидратный керн, поднятый из скважины 5Г-1 с глубины 3419 м.

осталось 227 м льда, что дает возможность планировать осуществление второго проникновения в озеро уже в следующем полевом сезоне.

В ходе буровых операций на поверхность было поднято в общей сложности 122 м керна. В гляциологических лабораториях станции проведены детальные структурные исследования льда, образовавшегося в скважине из воды озера Восток, измерена его электропроводность, произведен отбор проб и образцов на газовые, изотопные, химические и биологические анализы.

Первые признаки присутствия воды в скважине сразу после вскрытия озера были обнаружены на глубине 3194 м, на расстоянии 575 м от нижней поверхности ледника. Начиная с этой глубины диаметр скважины уменьшился за время, прошедшее с момента окончания буровых работ в прошлом сезоне, на 8–10 мм. Подобное сужение могло произойти только в результате замерзания воды на стенках скважины. В буровом рейсе № 29 с глубины примерно 3199 м была поднята первая шламовая пробка, состоящая из белого шлама, который частично или полностью разлагался в воде при комнатной температуре с выделением большого количества газа, имеющего специфический запах испаряющегося фреона. Необычный ярко-белый цвет шлама и его интенсивная дегазация при плавлении позволили сделать предварительное заключение, что он на 50–90 % состоит из смешанного клатратного гидрата фреона, используемого в качестве утя-

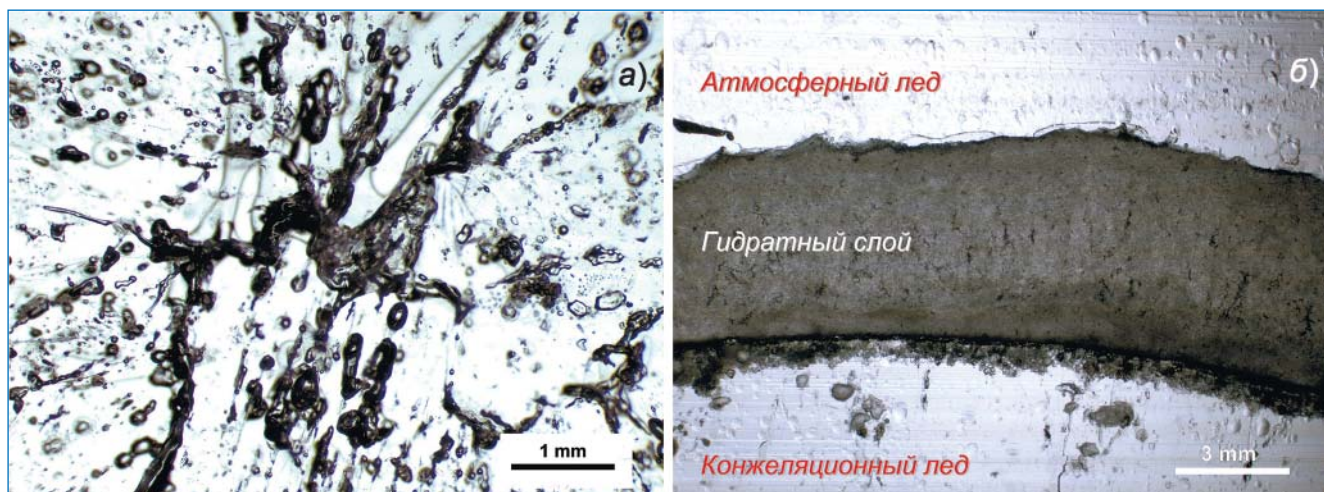
желителя заливочной жидкости, и газов, выделившихся из озерной воды вследствие ее подъема в скважине. Подобные сложные клатратные гидраты фреона HCFC-141b были ранее обнаружены и идентифицированы методами рентгеноструктурного анализа и рамановской спектроскопии в шламе, поднятом после вскрытия подледниковой воды при бурении скважины на станции Конон (проект EPICA-2 на Земле Королевы Мод).

Начиная с глубины 3415 м из скважины стали поднимать крупные куски гидратного керна диаметром 70–95 мм при номинальном внутреннем диаметре буровой коронки 98–99 мм. В общей сложности из 9-метрового участка скважины 5Г-1, соответствующего интервалу глубин 3415–3424 м, было извлечено около 2,6 м керна пенообразного гидратного материала, заполнявшего примерно 30 % объема скважины. Наконец, начиная с глубины 3424 м буровой снаряд стал поднимать непрерывный керн полного диаметра, сложенный конжеляционным льдом, образовавшимся из озерной воды. Эволюцию строения этого льда удалось проследить на протяжении 34 м, в пределах которых вторичный лед в керне постепенно выклинился первичным ледниковым льдом вследствие отклонения новой скважины от старого ствола 5Г-1. Угол отклонения новой скважины от старой составил всего 0,15°.

Исследование шлифов показало, что вторичный лед имеет неоднородную, радиально-лучевую структуру с максимальной концентраци-



Отбор проб на биологические исследования в лаборатории станции Восток.



Микрофотографии шлифов вторичного конжеляционного льда с глубины 3440 м: а – газовые включения в районе центрального канала; б – «гидратный» слой на стенке скважины 5Г-1, отделяющий атмосферный лед, слагающий ледник, от конжеляционного льда, образовавшегося в результате замерзания озерной воды.

ей газовых и жидких включений вблизи т.н. центрального канала. Нарастание конжеляционного льда началось от стенок скважины и с замедляющейся скоростью развивалось в сторону ее оси. Замерзание воды в районе центрального канала, расположенного вблизи оси скважины, происходило в последнюю очередь и сопровождалось захватом газовых и жидких включений, а в отдельных случаях – образованием гидратного «сердечника» цилиндрической формы, заполнявшего приосевую часть скважины.

Отбор проб и образцов вторичного конжеляционного льда на различные виды анализа осуществлялся по методике, разработанной на основе результатов экспериментов по моделированию процесса замерзания воды в цилиндрической скважине. Для изучения газового, изотопного и химического состава озерной воды отбирались горизонтальные срезы керна, включающие область центрального канала. Изотопные исследования отобранных образцов, которые планируется провести в ЛИКОС ААНИИ, позволят определить изотопный состав озерной воды и уточнить определяющие его характеристики гидрологического режима озера в районе скважины. Значительное количество газовых включений, обнаруженных в керне, создает хорошие предпосылки для получения первых экспериментальных данных о газовом составе озера Восток. Большие надежды связаны с предстоящими микробиологическими и мо-

лекулярно-биологическими исследованиями образцов керна замерзшей воды, которые будут проводиться в ПИЯФ и ИНМИ РАН. Отобранные в сезон 58-й РАЭ пробы и образцы керна глубокой скважины будут доставлены в Санкт-Петербург в мае этого года на НЭС «Академик Федоров».

Предварительные исследования керна водного льда, полученного в результате повторного бурения скважины 5Г-1, свидетельствуют о значительных колебаниях уровня воды, поднявшейся в скважину, в течение первых часов и может быть суток после вскрытия озера Восток. Полную картину движения воды в скважине еще предстоит восстановить после окончательной обработки всех полученных керновых, буровых и геофизических данных. Выяснение причин, вызвавших столь значительный подъем воды и последующие изменения ее уровня в скважине, должно стать важнейшим элементом подготовки ко второму проникновению в подледниковое озеро Восток с целью проведения прямых исследований его водной толщи.

*В.Я.Липенков (ААНИИ), Н.И.Васильев (Горный университет), А.А.Екайкин (ААНИИ), А.В.Подоляк (Горный университет).  
Фото В.Я.Липенкова*

Подготовка к замене бурового кабеля.



Гидратный материал, поднятый из скважины с глубины 3200–3420 м.

