

## Буровые работы 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 гляцио-бурового 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 ходе работ была еще раз продемонстрирована высокая – рекордная для этих глубин – эффективность 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 (рис. 1). 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 осталось 227 м льда, что дает возможность планировать осуществление второго проникновения в озеро уже в следующем полевом сезоне.



*Рис. 1. Станция Восток, январь 2013 г.: извлечение ледяного керна длиной более 2 м из бурового снаряда.*

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 (рис. 2).



*Рис. 2. Отбор проб на биологические исследования в лаборатории станции Восток.*

Первые признаки присутствия озёрной воды в скважине 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 на 50-90% состоит из смешанного клатратного гидрата фреона, используемого в качестве утяжелителя заливочной жидкости, и газов, выделившихся из озёрной воды вследствие её 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 Конен (проект EPICA-2 на Земле Королевы Мод).

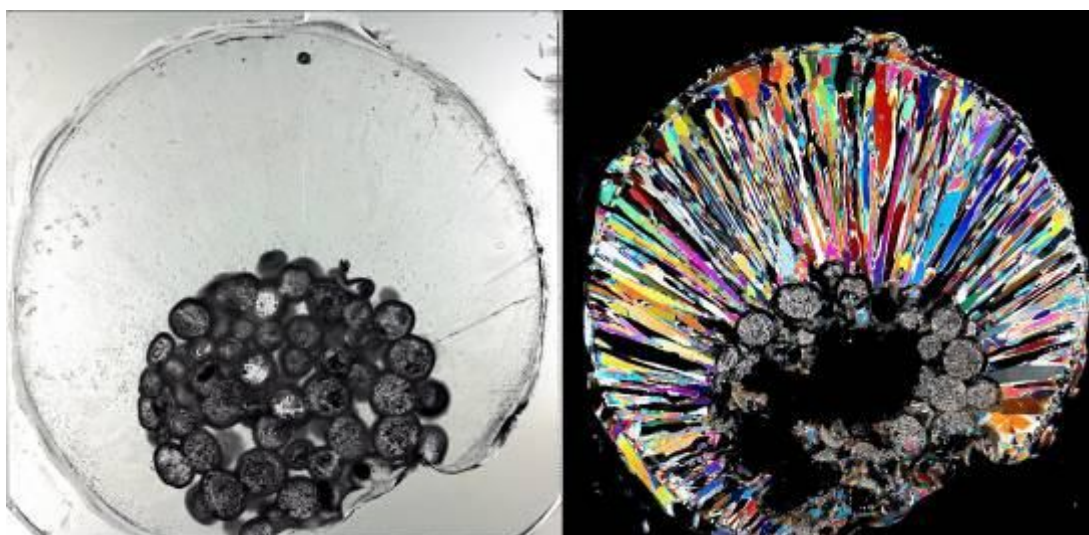
Начиная с глубины 3415 м из скважины стали поднимать крупные куски гидратного керна диаметром 70-95 мм при номинальном внутреннем диаметре буровой коронки 98-99 мм (рис. 3). В общей сложности из 9-метрового участка скважины 5Г-1, соответствующего интервалу глубин 3415-3424 м, было извлечено около 2,6 м керна пенообразного гидратного материала, заполнявшего примерно 30% объёма скважины.



*Рис. 3. Гидратный керн, поднятый из скважины 5Г-1 с глубины 3419 м.*

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 метров, 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  $0,15^\circ$ .

Исследование шлифов показало, что вторичный лед имеет неоднородную, радиально-лучевую структуру с максимальной концентрацией газовых и жидких включений вблизи т.н. центрального канала. Нарастание конжеляционного льда начиналось 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 (рис. 4).



*Рис. 4. Поперечный шлиф керна вторичного конжеляционного льда с глубины 3426 м в проходящем (слева) и поляризованном (справа) свете. В нижней части шлифа – гидратный «сердечник», образовавшийся вблизи оси скважины 5Г-1 в процессе замерзания и дегазации поднявшейся озерной воды.*

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

Фотографии В.Я. Липенкова

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

15 марта 2013 г.