

ВОДЯНОЕ И ЭЛЕКТРОТЕРМОБУРЕНИЕ. ЧТО ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЕЕ?

В последние полтора десятка лет в Арктическом и антарктическом НИИ для исследования внутреннего строения торосов и стамух активно применяются установки электротеплового и водяного бурения льда с записью скорости бурения на ноутбук. Скорость бурения зависит в первую очередь от подаваемой на термобур тепловой мощности и пористости льда. Определение расположения пустот, плотного и рыхлого льда на отрезках скважины производится по скорости погружения бура. На участках рыхлого льда, и особенно в пустотах, заполненных снегом, шугой, водой или воздухом, движение термобура резко ускоряется. Необходимым условием является бурение скважин при постоянной тепловой мощности или учет изменения мощности во время бурения. Дополнительно измеряется расстояние от поверхности снежного покрова (льда) до уровня моря. При обработке данных термобурения определяются величина надводной и подводной части ледяного покрова, границы консолидированного слоя торосов, границы пустот, участки льда различной пористости.

Основными преимуществами электротермобурения являются простота и легкость в эксплуатации (один буровой пост обслуживается одним оператором), небольшой вес установки. За счет конструктивных особенностей нагревательной коронки электротермобура достигается высокая разрешающая способность при определении границ блоков льда. Для работы установки используется электрогенератор мощностью 2 кВт. Одной заправки топливного бака хватает на 6 часов работы. Основным недостатком является малая скорость бурения.

Водяное бурение производится с помощью установки УВБЛ-2, разработанной и изготовленной в ААНИИ. Преимуществом водяного бурения является высокая про-

изводительность за счет работы двух буровых постов одновременно и высокой скорости бурения. Для работы установки используется электрогенератор мощностью 3 кВт, потребляющий 1,3 л бензина в час. Котел установки работает на дизельном топливе и потребляет 7 литров в час. Основными недостатками установки являются ее большой вес (570 кг) и длительное время на подготовку установки к работе, а также на завершающие операции. При доставке ее к месту работы вертолетом на погрузочные операции требуется не менее пяти человек.

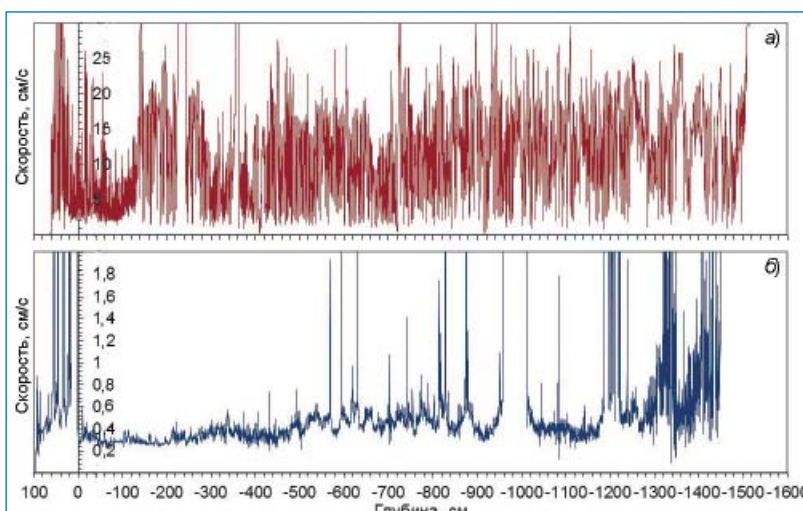
На рисунке приведены примеры записей скорости электро- и водяного бурения. Средняя скорость водяного бурения плотного льда составляет около 4 см/с. Для электротермобурения это значение составляет около 0,35 см/с.

До настоящего времени во всех экспедициях, проводимых ААНИИ, использовался преимущественно один

вид теплового бурения – или электротермобурение, или бурение горячей водой. В некоторых случаях совместно с установкой водяного бурения использовалось электротермобурение в качестве тестового, а также в составе экспериментов по определению физико-механических свойств льда. Однако эти эксперименты не включали в себя бурение большого количества скважин.

В мае–июне 2010 г. специалистами ААНИИ проводилось исследование торосов и стамух в Байдарацкой губе. Преимущественно выполнялось водяное бурение, однако при исследовании тороса № 1 один из трех профилей поперечного сечения был выполнен электротермобуром. Таким образом, появилась возможность проверить, есть ли отличие в морфометрических характеристиках тороса, полученных двумя разными установками.

Поскольку высота надводной части (паруса) тороса определяется с помощью измерителя уровня воды в



Примеры записей: а – электротермобурения; б – водяного бурения.



Установка УВБЛ-2 для водяного термобурения.



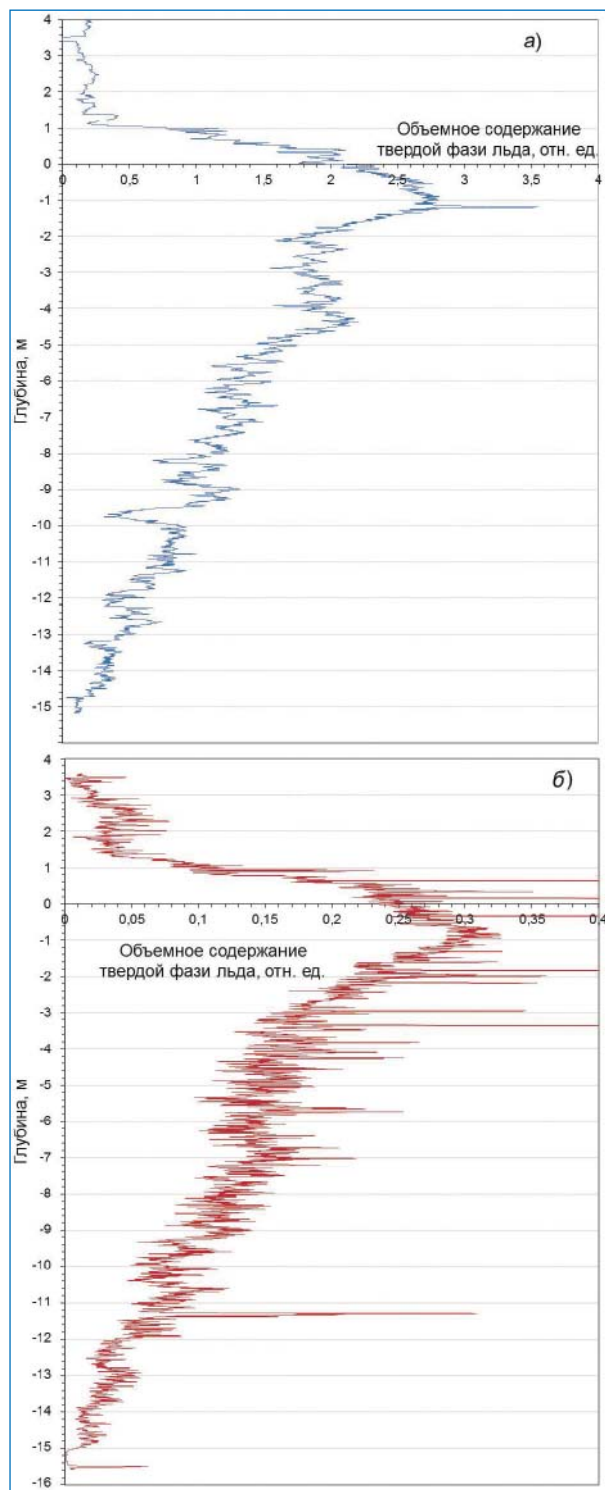
Установка для электротермобурения.

скважине, глубина подводной части тороса (киля) определяется по резкому продолжительному увеличению скорости бура на записях бурения как электротермобуром, так и водяным буром, геометрические характеристики паруса и килля тороса в обоих случаях определяются одинаково. Большой интерес представляют возможные отличия в характеристиках внутреннего строения. В первую очередь это распределение объемного содержания твердой фазы льда по глубине и распределение пористости тороса по глубине. Под пористостью понимается линейная пористость как отношение суммы вертикальных размеров пустот по всем скважинам к сумме длин всех скважин. Единица минус пористость – это коэффициент заполнения тороса. Объемное содержание твердой фазы льда аналогично коэффициенту заполнения тороса, но несколько меньше его, т.к. учитывает наличие микропор в блоках льда, заполненных рассолом или воздухом. Скорость бурения обратно пропорциональна объемному содержанию твердой фазы льда. Трансформируя полученную запись скорости в график обратной скорости, мы получаем распределение объемного содержания твердой фазы льда по глубине вдоль скважины. Для каждой скважины это распределение уникально. Усреднив эти распределения по всем скважинам, можно получить среднестатистическое распределение объемного содержания твердой фазы льда по глубине для отдельного тороса или для всего района проведения исследований. На рисунке приведены эти распределения для тороса № 1, рассчитанные по данным электротермобурения и водяного бурения. Обе зависимости носят сходный характер, т.е. определение объемного содержания твердой фазы льда по данным электротермобурения и по данным водяного бурения дает одинаковый результат. Некоторое отличие в количественных характеристиках этих распределений обусловлено тем, что бурение разными методами проводилось на разных сечущих профилях одного и того же тороса.

Запись скорости бурения в каждой скважине можно трансформировать в ступенчатую кривую, где пустотам соответствует 1, а льду – 0. Усреднив эти кривые по всем скважинам тороса, получим распределение его пористости по глубине. Применяемый в обработке записей электротермобурения критерий граничной скорости для выделения на записях границ пустот и определения средней пористости в случае водяного бурения не работает. Для водяного бурения предпочтительнее будет применение критерия ускорения термобура. Выделив на графике скорости участки, где ускорение бура положительно и имеет величину больше заданной, можно считать их участками разгона бура, т.е. провалом в пустоту. Нижняя граница пустоты определяется по резкому замедлению бура.

В заключение можно отметить, что проведенный сравнительный анализ морфометрических характеристик тороса показал одинаковость его геометрических размеров и тождественность распределения объемного содержания твердой фазы льда по глубине, полученных в результате обработки записей как водяного, так и электротермобурения.

Традиционно отмечаемое преимущество водяного бурения – высокая по сравнению с электротермобурением производительность – является обоснованным. Объем выполненного бурения при работе водяной установки значительно выше, чем при электротермобурении. По некоторым оценкам производительность электротермобурения в экспедиции «Байдара-2007» составила около 57 погонных метров на человека в день, водяного бурения в экспедиции «Байдара-2010» – около 112 м, т.е. производительность водяного бурения в пересчете на одного оператора практически в два раза превышает производительность электротер-



Распределение объемного содержания твердой фазы льда по глубине для тороса №1, рассчитанное по данным электротермобурения (а) и водяного бурения (б).

мобурения. Выбор вида термобурения определяется задачами: требуется с минимальными затратами получить представление о геометрических размерах и строении торосов или стамух – используйте электротермобурение, необходимо подробное исследование этих ледяных образований – водяное бурение обеспечит достаточное количество данных для последующей статистической обработки.

В.В.Харитонов (ААНИИ)