

О НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ЭФФЕКТА ОБРАСТАНИЯ ТРОСОВ ВНУТРИВОДНЫМ ЛЬДОМ В ПЕРЕОХЛАЖДЕННОЙ ВОДЕ ПРИ ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЯХ

Ледообразование — интересный физический процесс, происходящий при следующих условиях: наличие ядер кристаллизации как основы роста кристаллов льда; температура воды должна быть ниже температуры ее замерзания (переохлаждение); обеспечение потери тепла, иначе скрытая теплота кристаллизации будет тратиться на таяние только что образовавшегося льда.

Однако, как показывают наблюдения, возможны ситуации, когда при соблюдении всех условий вода продолжает оставаться в жидкой фазе, т.е. быть переохлажденной. Побочным эффектом переохлаждения является наличие в толще воды под припаем слоя внутриводного льда (ВВЛ).

Явление переохлаждения и ВВЛ вот уже многие годы наблюдается в Антарктиде в заливах Мак-Мердо, Трёшникава (рейд Мирного), Атка, Алашеева; в Арктике на арх. Шпицберген. ВВЛ представляет собой ледяные образования в виде шуги и ледяных пластинок диаметром от 1 до 12 см. Образование ВВЛ при переохлаждении — препятствие при длительных океанографических наблюдениях. Находясь в переохлажденной воде, приборы и удерживающие их фалы также обрастают льдом, плавучесть которого заставляет их всплывать на поверхность.

В лучшем случае это приводит к порче данных, в худшем — к потере прибора. Таким образом, наблюдатель должен постоянно проверять автоматический прибор. Данная проблема касается всякого наблюдения в переохлажденной воде. Цель публикации — показать, что измерения в переохлажденной воде возможны и без регулярного присутствия наблюдателя.

В 2017 году на станции Мирный при наблюдении за ростом ВВЛ использовался полипропиленовый фал. Было принято измерять показатели его роста ежедневно. Наблюдения показали, что скорость роста ВВЛ составляет 30 л/сутки. В 2016 году скорость роста ВВЛ составляла 300–500 л/5 суток. В период до 2016 года количество ВВЛ составляло 30 л/5 суток. Причины такого значительно ро-

ста ВВЛ пока еще не установлены. Следует сказать, что данные нельзя сравнивать по среднесуточным значениям по следующей причине. Когда трос-измеритель опущен, ВВЛ нарастает непосредственно на площади троса. В дальнейшем нарост происходит на площади, занятой ВВЛ, а поскольку нарост ВВЛ имеет больший диаметр, чем трос (а значит, и большую площадь поверхности), то в каждые следующие сутки ВВЛ будет еще больше, чем его быросло на тросе за одни сутки.

На фоне существенного роста ВВЛ выполнялось ежечасное наблюдение за уровнем моря. При постановке уровнемера Levelogger поста использовался такой же полипропиленовый фал, что и при наблюдении за ВВЛ, что привело к техническим трудностям. При значительном обрастании льдом фала уровнемера конструкция отрывається от дна и находится в подвешенном состоянии. В итоге была разработана система очистки без извлечения конструкции уровнемера из майны. Но наблюдатель вынужден регулярно посещать место установки уровнемера, что в экстремальных погодных условиях станции Мирный ставит под угрозу здоровье наблюдателя.

При наблюдении за ВВЛ для разметки глубины использовалась изоляционная поливинилхлоридная (ПВХ) лента. Как показали наблюдения, ВВЛ растет на всем протяжении фала, кроме участков, обмотанных ПВХ-лентой.

Были взяты два кабеля: гибкий двухжильный алюминиевый и многожильный медный с жесткой пластиковой оплеткой. Они были опущены в слой переохлаждения. При подъеме на следующие сутки оба кабеля были свободны от нароста ВВЛ, при том, что на тросе-измерителе ВВЛ имелся — в месте привязки грузов к кабелям, т.е. там, где находились узлы. Также пластинки ВВЛ наблюдались в местах, где оплетка кабелей была нарушена. Для проверки выдерживаемого кабелем веса использовалась масса 80 кг.

Тот факт, что лед растет на полипропиленовой веревке и не растет на ПВХ-ленте и оплетке кабеля, мо-



Обрастание фала пластинками внутриводного льда



Фал, обмотанный ПВХ-лентой

жет быть объяснен разницей в свойствах поверхностей, которая, по мнению канд. хим. наук И.Л. Мальфанова, проявляется в следующем: «Гетерогенное образование зародышей кристаллов на поверхности протекает тем интенсивнее, чем существеннее понижение активационного барьера образования новой фазы при переходе от жидкого, метастабильного состояния к твердому, следовательно, оно тем выше, чем больше смачиваемость поверхности, на которой происходит кристаллизация жидкости и выше кристаллохимическое соответствие сопрягающихся структур. Более развитая, волокнистая и неоднородная поверхность веревки с налипшими на нее неоднородными частицами (пыль, грязь, соль) создает условия для большего смачивания, имеет высокую вероятность возникновения кристаллохимического соответствия на разнородных участках поверхности, а значит, создает гораздо больше центров кристаллизации, чем гладкая поверхность оплетки кабеля, состоящего из

мономолекул». Гладкая поверхность кабеля не имеет и не создает центров кристаллизации кроме поврежденных мест (например, зашкуренных наждачной бумагой). Наросты ВВЛ появляются в местах узлов, там, где части кабеля наиболее плотно прижаты друг к другу, а также на металлических грузах. В первом случае угол между частями кабеля, прижатыми друг к другу, сам по себе ядро кристаллизации.

В результате установлено, что кабель в жесткой пластиковой оплетке не образует наростов ВВЛ, и, таким образом, наблюдатель избавлен от необходимости регулярного посещения места установки оборудования. При использовании такой технологии проведение длительных измерений целесообразно только в случае, когда приборы находятся вне слоя переохлаждения.

*Е.В. Бородин (РАЭ).
Фото автора*