

Ученые определили ключевые факторы, от которых зависят размер и прочность гряд торосов и стамух — ледяных образований в арктических морях. Оказалось, что толщина внутреннего консолидированного слоя, связывающего отдельные фрагменты тороса в единый монолит, напрямую зависит от размеров ледяного образования и от того, как менялась температура воздуха за все время его существования. Эти данные позволят рассчитать разрушительную силу, которую торосы могут оказать на суда и морские сооружения — например, нефтегазовые платформы — при столкновении.

В последние десятилетия в нашей стране активно осваивается Северный морской путь и развивается добыча нефти и газа на шельфе арктических и дальневосточных морей. Крупные торосистые образования (торосы и стамухи) — одна из проблем, с которыми сталкиваются специалисты при реализации подобных проектов. Это дрейфующие нагромождения льда, которые при столкновении с морскими сооружениями и судами могут серьезно повредить их. В отличие от айсбергов, которые откалываются от ледников единым массивом, торосы формируются непосредственно в морях из отдельных ледяных обломков, образующих при смерзании прочный монолитный слой. Они встречаются во всех замерзающих акваториях и могут быть малозаметны с поверхности, что делает их очень опасными. Чтобы создавать конструкции, устойчивые к ударам торосов, важно знать, как устроены эти ледяные образования и насколько они прочны.

Ученые из Арктического и антарктического научно-исследовательского института (Санкт-Петербург), Санкт-Петербургского государственного университета (Санкт-Петербург) и Арктического научного центра (Москва) исследовали внешнее и внутреннее строение крупных гряд торосов и стамух в Карском и Восточно-Сибирском морях, а также в море Лаптевых. Результаты исследования, поддержанного грантом Российского научного фонда (РНФ), опубликованы в *Journal of Ocean Engineering and Science*.

Чтобы изучить внутреннюю структуру торосистых образований в полевых условиях, авторы использовали технологию водяного термобурения, разработанную сотрудниками Арктического и антарктического научно-исследовательского института. Бурение проводили с использованием морской воды, подогретой в котле до 80°C и подаваемой под давлением по подводным шлангам к буровым постам. При этом скорость бурения автоматически регистрировали на цифровой носитель. Это позволило выявлять в скважинах границы полостей и слоев льда разной плотности, а также надежно определять границы и толщину ключевой характеристики для расчета ледовых нагрузок — консолидированного слоя торосистого образования.

Специалисты также проанализировали данные о дрейфе льда и температурах в исследуемых акваториях. Опираясь на них, ученые определили региональное происхождение торосов (место и время их образования) и оценили внешние параметры и внутреннюю структуру ледяных образований в пяти районах моря Лаптевых, Карского и Восточно-Сибирского морей.

Наиболее крупное ледяное образование авторы обнаружили в Восточно-Сибирском море. Это был многолетний торос массой более 146 тысяч тонн, что в пять-шесть раз превышает среднюю массу крупных однолетних торосов, исследованных в том же районе. Измеренная толщина консолидированного слоя этого старого тороса (около 5,2 метра) в среднем была вдвое больше, чем у однолетних. Такие ледяные образования, наряду со стамухами, из-за своих размеров, толщины и прочности консолидированного слоя несут в себе наибольшую потенциальную угрозу для морских сооружений и ледовой навигации.

Также в Восточно-Сибирском море ученые обнаружили торосы с самым мощным консолидированным слоем — средней толщиной до четырех метров. Толщина этого слоя напрямую зависела от возраста ледяного образования и температур воздуха, которые держались на протяжении времени его существования. Кроме того, большие плотность и степень консолидации льда в торосе были характерны для более крупных гряд, что авторы связывают с силами гравитации.

«Мы подробно, с применением самых передовых технологий исследовали внутреннее строение более 150 торосистых образований в российских арктических морях и определили ключевые закономерности их формирования. Полученные результаты будут использоваться при моделировании ледяного покрова, а также позволят предсказывать ключевые параметры торосистых образований, необходимые для расчета ледовых нагрузок на морские сооружения. Надеемся, что наша работа поможет повысить безопасность морских операций в замерзающих морях. В дальнейшем мы планируем уделить внимание малоизученным вопросам эволюции морфометрических и прочностных характеристик торосов в течение годового цикла, формирования торосов из старого льда, внутренней структуры старых торосов, а также важной практической задаче — выявлению сезонных, региональных и межгодовых закономерностей изменения торосистости на трассе Северного морского пути», — рассказывает руководитель проекта, поддержанного грантом РНФ, Роман Гузенко, кандидат географических наук, старший научный сотрудник Арктического и антарктического научно-исследовательского института.