

КРИОГЕННЫЕ ЯВЛЕНИЯ В МОРЯХ И ОКЕАНАХ

УДК 551.326.7:622.143.1

DOI: 10.21782/KZ1560-7496-2020-4(19-24)

СТАМУХИ: ТЕРМИНЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В.В. Харитонов, В.А. Бородкин

*Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт,
199397, Санкт-Петербург, ул. Беринга, 38, Россия; sogra.kharitonov@mail.ru*

Рассмотрены критерии отличия стамух от застамушенных торосов (“сядущих” на грунте торосов), предложено скорректированное определение для термина “стамуха”. Соотношение килы и паруса – основополагающий параметр стамухи. По данным экспедиционных исследований с участием авторов, для стамух это отношение изменяется в диапазонах 0.6–1.8 для арктического шельфа и 0.4–1.5 для Каспийского моря. Рассмотрены особенности исследования стамух с использованием взаимодополняющих методов. Предложены эксперименты, основанные на частичной деструкции паруса стамух методом теплового резания льда, который также может быть использован для взятия кернов льда на текстурно-структурный анализ из труднодоступных областей стамух, в первую очередь из консолидированного слоя.

Торос, стамуха, внутреннее строение, консолидированный слой, термобурение

STAMUKHAS: RESEARCH METHODS AND TERMINOLOGY

V.V. Kharitonov, V.A. Borodkin

*Arctic and Antarctic Research Institute,
38, Beringa str., St. Petersburg, 199397, Russia; sogra.kharitonov@mail.ru*

This paper considers the criteria for differentiating between stamukhas and grounded hummocks, and proposes a refined definition for the term “stamukha”. Sail height to keel depth ratio is a fundamental parameter of stamukhas. According to the data obtained in expeditions participated by the authors, this ratio for stamukhas is within the range of 0.6–1.8 for the Arctic shelf and of 0.4–1.5 for the Caspian Sea. Specific features of the study of stamukhas and complementarity of different research techniques are considered. Experiments based on the partial destruction of stamukha sail by thermal cutting of ice are proposed. The latter is used to prepare the conditions for ice-coring in hard-to-reach zones of stamukha, primarily from the consolidated layer, for textural and structural analysis.

Ice ridge, stamukha, internal structure, consolidated layer, thermal drilling

ВВЕДЕНИЕ

Комплексные исследования крупных торосистых образований, таких как торосы и стамухи, в последнее время приобретают большое значение. Изучение особенностей их внутреннего строения, определение закономерностей и распределений их морфометрических характеристик напрямую связано с хозяйственной деятельностью в Арктике. Торосы обладают большой массой, и их постоянное движение включает в себе угрозу повреждения морской инженерной инфраструктуры. Стамухи, обладающие еще большей массой, при снятии с грунта и переходе в дрейфующее состояние представляют не меньшую опасность. Для определения возможной нагрузки на морские объекты и проектирования соответствующих защитных сооружений необходимо знать основные геометрические размеры этих ледяных образований, пористость (относительное содержание пустот в торосе), толщину консолидированного слоя (КС)

и др. Результаты таких исследований основываются на всестороннем анализе различных факторов с использованием инструментов, методик, приемов, зачастую основанных на разных физических принципах. За последние три десятилетия и в России, и за рубежом проведены многочисленные исследования физических, механических и других свойств льдов [Астафьев и др., 1997; Ледяные образования..., 2006; Timco, Burden, 1997; Strub-Klein, Sudom, 2012]. Освоение арктического шельфа предполагает знание строения ледяного покрова этого региона, что и обуславливает актуальность таких исследований.

Торос представляет собой хаотическое холмообразное нагромождение обломков морского льда (образовавшегося в результате сжатия), находящееся на плаву и частично смерзшееся [Бушув и др., 1974; Бородачев и др., 1994; WMO Sea Ice Nomenclature..., 1970–2017]. Еще в 1899 г. на ледо-

коле “Ермак” адмиралом С.О. Макаровым производилось бурение торосов для определения их осадки и строения. В 1930-х гг. начались авиационные ледовые разведки, а в 1970-е гг. для разведки стали использовать инструментальные методы. Выделяют два основных способа получения информации о размерах и форме торосов [Timco, Burden, 1997]: *непрерывное сканирование* ледяной поверхности и *дискретные измерения* отдельных торосов. При непрерывном сканировании лазерным профилометром или сонаром, а также при аэрофотосъемке может быть достаточно легко получена информация о пространственном расположении гряд торосов и их ориентации, а также о форме паруса или килья. Однако таким способом можно обследовать только одну поверхность ледяного покрова (надводную или подводную), при этом получить форму и паруса, и килья отдельного тороса невозможно. Напротив, прямые измерения отдельного тороса позволяют получить детальную информацию о его форме и строении, но из-за высокой трудоемкости не могут быть массовыми. Использование для изучения строения стамух методов исследования торосов вызывает дополнительные трудности, связанные с конфигурацией

их склонов (зачастую представляющих вертикальные стенки) и невозможности обследовать нижнюю границу стамухи, лежащую на грунте.

Цель настоящей работы – инициировать обсуждение проблемы терминологии и методики комплексных натуральных исследований морфометрии и внутреннего строения стамух.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМИНА “СТАМУХА”

Быстрый рост исследований привел к возникновению понятийно-терминологических проблем [Бородачев и др., 1994]. Нередко ученые и заказчики работ одними и теми же терминами обозначают разные понятия. Одним из таких терминов является “стамуха” (рис. 1, рис. 2, а). Разные коллективы авторов предлагают различные определения этих ледяных образований. А.В. Бушуев с соавт. [1974] дает такое определение: “Стамуха – это торосистое, сидящее на мели ледяное образование” (с. 54). Согласно [Гляциологическому словарю, 1984], стамуха – это торосистое образование, сидящее на грунте или на мели. Оно образуется из остатков торосистого берегового припая, из несняков и торосистых льдин, севших на грунт. Стамухи отличаются от остальных торосов большей высо-

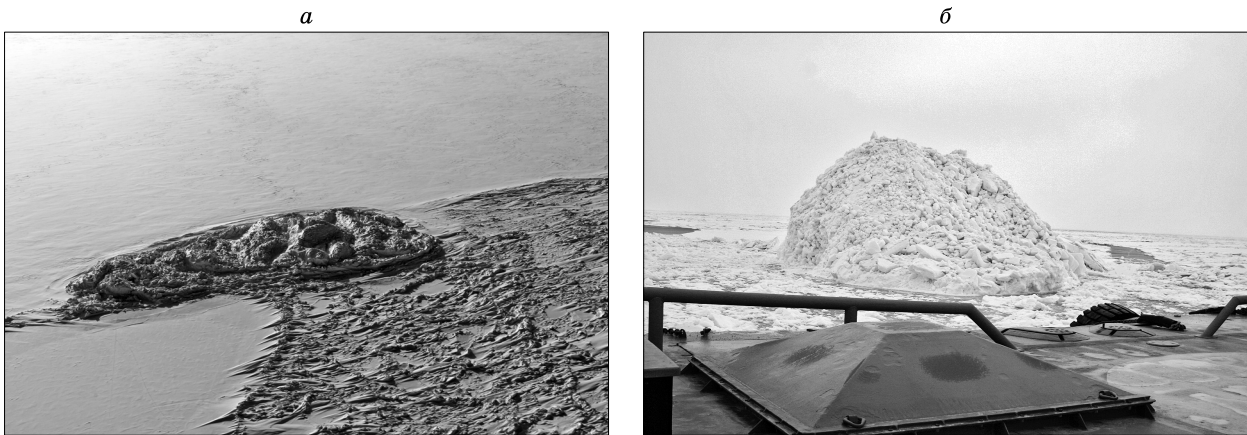


Рис. 1. Стамухи в море Лаптевых (а) и Каспийском море (б).

Фото Е.И. Макарова и А.Б. Тюрякова (ААНИИ).

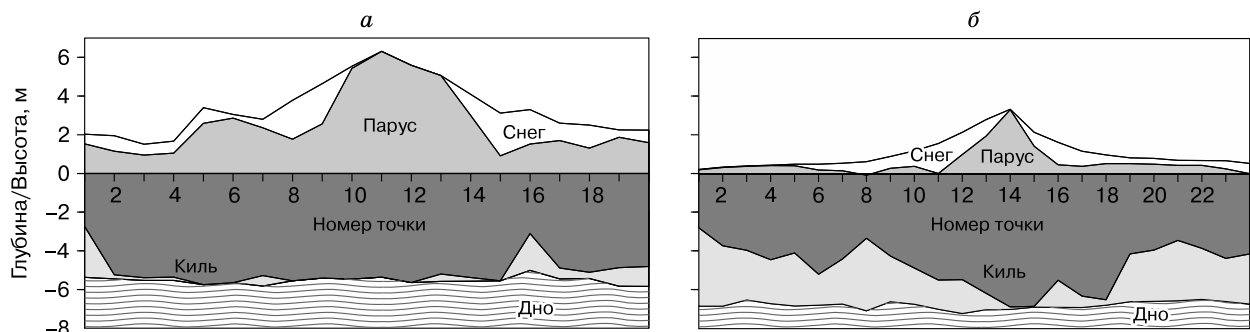


Рис. 2. Разрез стамухи (а) и застамушенного тороса (б) по данным бурения.

той (10 м и более) и крутыми склонами со стороны, куда дрейфует лед. В толковом словаре Т.Ф. Ефремовой [2000] стамуха определяется как торос в виде одиночной льдины или цепочки льдин, находящийся на мели. В Большом толковом словаре С.А. Кузнецова [2000] стамуха – это большая льдина, занесенная морским течением на отмель. Согласно [Большому энциклопедическому словарю, 2001], стамуха – отдельная глыба льда, стоящая на мели. Географическая энциклопедия [http://slovariki.org] дает следующее толкование: стамуха – торосистое образование из остатков берегового припая и льдин, сидящее на мели; отличается от остальных торосов большей высотой (до 10 м и более) и крутыми склонами. В.Е. Бородачев с соавт. [1994] определяет стамуху как крупное торосистое нагромождение льда, сидящее на грунте на глубине 30 м и более, высотой 10 м и более. К. Кросдэйл с соавт. [Croasdale et al., 2013] определяет стамуху как основанное на грунте ледяное образование, которое возвышается над окружающим льдом на несколько метров. Основоположник изучения ледового режима Каспийского моря П.И. Бухарицин выделяет три типа стамух: одиночная, кольцевая и цепочка стамух [Бухарицин, 1984].

Всемирная метеорологическая организация в своем словаре объясняет термин “grounded hummock” как сидящий на мели, соединенный с землей торос [WMO..., 1970–2017]. При переводе на русский язык этот сидящий на мели торос превращается в стамуху, что приводит к путанице. На самом деле этот термин было бы правильнее перевести как “застамушенный торос”, который часто используется исследователями для определения такого ледяного образования. На рис. 2, б приведен типичный профиль бурения такого застамушенного тороса. Торос, севший на мель, не перестает быть торосом, так же как и корабль, севший на мель, не перестает быть кораблем. Поэтому считать стамухой севший на мель торос нет никаких оснований.

Все эти определения в той или иной степени имеют или необоснованные ограничения, или даже неоднозначное толкование и в основном отражают взгляд на стамуху как на препятствие для мореплавания. Основываясь на способе формирования, необходимо разделить существующее ныне понятие “стамуха” на три различных по своей природе ледяных образования:

- 1) льдина, сидящая на мели;
- 2) застамушенный торос;
- 3) непосредственно стамуха, как результат нагромождения льда на застамушенный торос.

Льдина, глыба льда, айсберг, сидящие на мели, не считаются стамухой, так как по своему строению являются неким монолитным объектом.

Застамушенный торос в одной или нескольких точках килля касается дна, закорив таким образом дрейфующую льдину, на которой он находится. Отличие его от стамухи определяется рядом признаков:

1. Соотношение осадки килля застамушенного тороса, совпадающей с глубиной моря в месте его расположения, и высоты его паруса. У застамушенного тороса это отношение составляет 2–5, в среднем около 3, у стамух оно меньше 2.

2. Форма надводной части застамушенного тороса. Она соответствует форме торосов, образованных на акваториях с достаточной глубиной, в виде небольшой гряды или бесформенного нагромождения льда. Стамухи чаще всего имеют выраженную овальную форму или вид длинной гряды с высокими, поднятыми почти вертикально вверх краями.

3. Наличие приливных трещин по краям. У застамушенных торосов их может не быть, а у стамух есть почти всегда.

4. У стамух нередко наблюдаются крупные разломы в парусе.

Соотношение килля и паруса – основополагающий параметр стамухи. По данным экспедиционных исследований, в которых принимал участие один из авторов данной статьи, для стамух это отношение изменяется в пределах 0.6–1.8 (в среднем 1.1–1.2) для российского арктического шельфа и 0.4–1.5 (в среднем 0.8–0.9) для Каспийского моря. Г.А. Сурков с соавт. отмечает, что обычно это соотношение составляет 1–2, в среднем 1.2–1.6 для разных регионов [Surkov, Truskov, 1995; Surkov et al., 2002]. В статье [Barker, Croasdale, 2004] это соотношение для Каспия дано в интервале 0.39–0.95.

Во время работы над статьей авторы разошлись во мнении, следует ли приводить в определении стамухи конкретные цифры. В результате дискуссии было принято решение ограничиться качественными характеристиками. Хотелось также избежать описания физики процесса возникновения стамухи. На наш взгляд, достаточно корректным будет следующее определение: *стамуха – это ледяное торосистое образование, находящееся на мели, возникшее в результате нагромождения обломков льда при контакте килля тороса с грунтом, частично сmerzшееся, отличающееся низким показателем соотношения килля/парус, крутыми склонами паруса и сложными внешними и подводными формами.* В отличие от стамухи, *застамушенный торос – это торосистое образование, сформировавшееся вне сопряжения с дном, впоследствии севшее на мель, без продолжения процесса торошения в дальнейшем, с характерными для торосов формами паруса и килля, а также соотношением осадки килля и высоты паруса.*

П.И. Бухарицин [2019] описывает такой сценарий образования стамухи на мелководье Каспийского моря. В начальный период из обломков небольших толщины и размеров образуются первые внутренние слои стамухи. По мере накопления суммы градусо-дней мороза и связанного с этим процесса термического нарастания толщины льда во время следующей подвижки льдов образуется очередной слой, который и по высоте, и по размерам обломков льдин превосходит предыдущий. Таких слоев в старой стамухе за зиму может образоваться несколько. Ввиду того что в таком многослойном торосистом образовании обломки льдин набиваются от поверхности до дна, при очередной подвижке ледяное поле может уже не дробиться на мелкие куски, а медленно наползает, постепенно отрываясь от поверхности воды и образуя ледяной купол. По мере дальнейшего наползания ледяного поля на внутренние слои стамухи ледяной купол становится все более крутым и наконец лопается. Огромные ледяные блоки встают почти вертикально, иногда опрокидываются, образуя внешний, самый мощный слой стамухи.

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАМУХ

Стамуха – сложное ледяное образование. С одной стороны, она является серьезным препятствием для мореплавания, с другой – может служить защитой от напора дрейфующих льдов и основной для искусственных ледяных сооружений. Необычность формы стамухи, увеличенный парус, контакт с грунтом и зачастую протяженность на сотни метров делают изучение стамух сложным процессом, связанным с большими материальными и временными затратами. Для изучения стамух необходимо использовать комплексный подход и разные методы, позволяющие получить трехмерные модели стамухи, профили расположения блоков в теле стамухи, оценить взаимодействие кия стамухи с грунтом, получить данные о физических свойствах льда в парусе, КС и киле.

За основу традиционно берется термобурение как метод, дающий наибольшую информацию о внутреннем строении. Хотя по данным термобурения можно оценить и внешние габаритные размеры стамухи, из-за ограниченного количества секущих профилей на ней эта информация будет неполной. В этом случае дополнительную роль успешно играет применение гидролокатора, геодезической съемки и(или) аэрофотосъемки, которые дают пространственные координаты поверхности стамухи. Это позволяет оценить ее форму, размеры и объем. Применение электромагнитного измерителя EM31 Ice дает возможность получить информацию о толщине окружающего ровного льда также в цифровом виде. Для уверенного фиксирования границы льда и грунта при бурении рекомендуется применять термобуры с регистраци-

ей температуры или прозрачности талой воды, так как эти параметры резко меняют значения при переходе термобура из льда в грунт [Kharitonov, Morev, 2009].

Однако внешние размеры и форму кия тороса, полученные с помощью термобурения и гидролокатора, исследователь видит как бы “через прибор”, посредством цифр. Неоценимым дополнением в данном случае является применение телевизионного подводного аппарата, позволяющего увидеть киль стамухи воочию, своими глазами. Могут обнаружиться особенности формы и строения кия, не замеченные по другим методам.

Метод отбора кернов с анализом строения и физических свойств льда не дает сколько-нибудь полной картины метрических характеристик стамухи, имеет точечный характер, однако позволяет получить распределение физических параметров льда внутри ее тела, в основном в КС, и реконструировать процесс торошения.

Одна из сложных задач при изучении торосистых образований – определение нижней границы КС, которая в природе не является четко выраженной линией. Данные, полученные методом термобурения и отбора кернов, распределение температуры и солености в теле тороса или стамухи, данные зонда-индентора о локальной прочности льда позволяют с большей достоверностью очертить границы КС. Выбор места взятия кернов для различных анализов и места для измерения локальной прочности льда целесообразно проводить после термобурения, результаты которого могут служить основой для планирования дальнейших исследований конкретного торосистого образования. Рекомендуемое место для взятия керна – на расстоянии 0.3–1.0 м от скважин термобура.

При исследовании торосистых образований с помощью водяного бурения следует учитывать, что в результате бурения большого числа скважин на ограниченной площади под лед попадает значительное количество подогретой воды, что приводит к таянию на нижней кромке кия.

Если акцент в ледовых исследованиях сделан на изучении именно стамух, предлагаются следующие эксперименты. В центральной части овальной стамухи (как, например, на рис. 1) с помощью водяного ледореза готовится площадка для размещения на ней установки для керна бурения льда. В идеальном случае (при соблюдении безопасности работ) установка размещается на верхней поверхности КС (рис. 3). Производятся отбор керна из КС на структурные и текстурные исследования и эксперименты по определению локальной прочности КС и неконсолидированной части кия, так как эта область находится под давлением массы льда паруса, может быть и менее пористой, чем в торосах, и сильнее (или менее) смерзшейся.

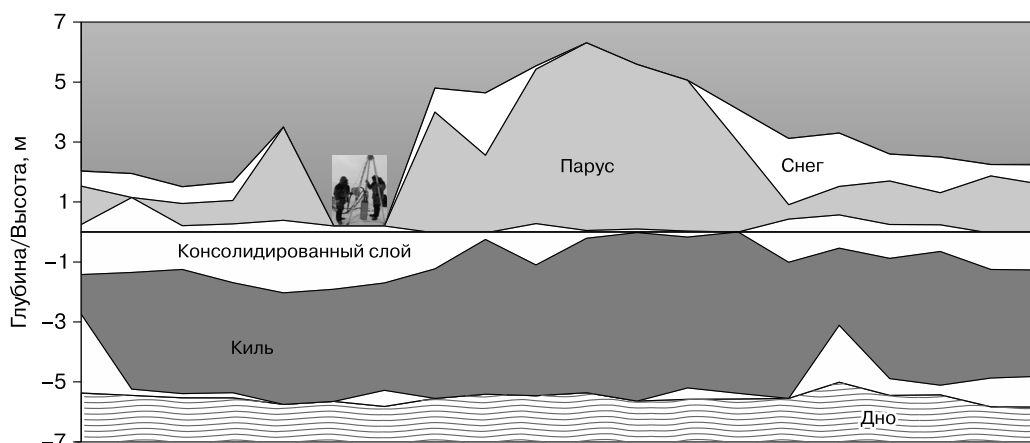


Рис. 3. Схема эксперимента по исследованию строения и прочности кия стамухи.

С помощью ледореза в наиболее интересном с точки зрения генезиса стамухи участке паруса производится разрез с удалением отделенных блоков. Он должен находиться на краевой части паруса для безопасного выполнения работ. После удаления отрезанной части паруса фотографируется стенка разреза. По относительной площади, занимаемой на фотографиях блоками льда, впоследствии уточняется пористость паруса.

Необходимо также выполнить серию океанографических работ, промеров дна в окрестностях стамухи и отбор проб грунта, получить данные о метеорологических условиях района работ в предшествующий период, начиная с момента ледообразования.

Подвижки льда и торошение сопровождаются распространением широкого спектра колебаний и волн в ледяном покрове [Смирнов и др., 2017]. Несомненный интерес представляют колебательные процессы во льду вокруг стамухи и в ней непосредственно. Оценка колебаний льда, связанная с размерами ледяного образования, размерами блоков, его слагающих, площадью и характером связи нижней части стамухи с грунтом, степенью промороженности паруса и кия стамухи, приливно-отливными процессами и пр., может дать информацию о “долголетии” стамух и этапах ее разрушения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования торосов и стамух на арктическом шельфе расширяются, что требует разработки новых, современных подходов на качественно ином уровне. Для комплексного исследования торосистых образований предлагается использовать термобурение, отбор кернов для определения структуры, текстуры и физико-механических свойств льда, зонд-индентор для определения локальной прочности льда, телевизионный подвод-

ный аппарат и гидролокатор, геодезическую съемку и аэрофотосъемку с применением беспилотных летательных аппаратов. Подробное комплексное исследование торосистых образований с помощью указанных методов дает существенно более полный объем информации об их внутреннем строении и свойствах.

Предложенные определения для терминов “стамуха” и “застамушенный торос” отражают различия их качественных характеристик. Методика исследования позволяет за счет уменьшения количества изученных стамух получить больше качественной информации об их внутреннем строении. Тем не менее широко применяемый количественный подход, когда в условиях ограниченного времени исследуется максимально возможное число стамух, в некоторых случаях также оправдан.

Авторы выражают благодарность д-ру геогр. наук Е.У. Миронову за ценные критические замечания, касающиеся предложенного определения для стамух, а также сотрудникам отдела ледового режима и прогнозов ФГБУ “АНИИ” за участие в обсуждении данной темы.

Литература

- Астафьев В.Н.** Торосы и стамухи Охотского моря / В.Н. Астафьев, Г.А. Сурков, П.А. Трусков. СПб., Пресс-Погода, 1997, 208 с.
- Большой** энциклопедический словарь. М., Бол. Рос. энцикл.; СПб., Норинт, 2001, 1456 с.
- Бородачев В.Е.** Словарь морских ледовых терминов / В.Е. Бородачев, В.П. Гаврило, М.М. Казанский. СПб., Гидрометеиздат, 1994, 128 с.
- Бухарицин П.И.** Особенности процессов торошения ледяного покрова северной части Каспийского моря // Водн. ресурсы, 1984, № 6, с. 115–123.
- Бухарицин П.И.** Исследования каспийских льдов. Саарбрюккен, Германия, Palmarium Academic Publishing, 2019, 132 с.

Бушуев А.В. Атлас ледовых образований / А.В. Бушуев, Н.А. Волков, В.С. Лоцилов. Л., Гидрометеоздат, 1974, 140 с.

Гляциологический словарь / Под ред. В.М. Котлякова. Л., Гидрометеоздат, 1984, 527 с.

Ефремова Т.Ф. Новый словарь русского языка. Толково-словообразовательный. М., Рус. язык, 2000, т. 2, 1209 с.

Кузнецов С.А. Большой толковый словарь русского языка. Справ. изд. СПб., Норинт, 2000, 1536 с.

Ледяные образования морей Западной Арктики / Под ред. Г.К. Зубакина. СПб., ААНИИ, 2006, 272 с.

Смирнов В.Н. Инструментальный мониторинг и краткосрочный прогноз явлений сжатия и торшения в морских льдах / В.Н. Смирнов, С.М. Ковалев, В.А. Бородкин и др. СПб., ААНИИ, 2017, 174 с.

Barker A., Croasdale K. Numerical modeling of ice interaction with rubble mound berms in the Caspian Sea // Proc. of the 17th Intern. Symp. on Ice (Saint Petersburg, Russia, 21–25 June, 2004). St. Petersburg, 2004, p. 257–264.

Croasdale K., Been K., Crocker G. et al. Stamukha loading cases for pipelines in the Caspian Sea // Proc. of the 22nd Intern. Conf. on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions (Espoo, Finland, June 9–13, 2013). – <http://www.poac.com/PapersOnline.html>

Kharitonov V.V., Morev V.A. Computer recording of hot water drilling of ice ridges and stamukhas // Proc. of the 20th Intern. Conf. on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions (POAC) (Luleå, Sweden, June 9–12, 2009). Luleå, 2009. – <http://www.poac.com/PapersOnline.html>

Strub-Klein L., Sudom D. A comprehensive analysis of the morphology of first-year sea ice ridges // Cold Regions Sci. and Technol., 2012, vol. 82, p. 94–109.

Surkov G.A., Truskov P.A. Ice pressure ridges and stamukhas offshore of Sakhalin // Proc. of the 13th Intern. Conf. on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions. Murmansk, 1995, vol. 2, p. 140–142. – <http://www.poac.com/PapersOnline.html>

Surkov G.A., Zemlyuk S.V., Khlebnikov P.A. et al. Stamukha morphometry // Proc. of the 17th Intern. Symp. on Okhotsk Sea and Sea Ice (Mombetsu, Japan, 24–28 February, 2002). Mombetsu, 2002, p. 312–316.

Timco G.W., Burden R.P. An analysis of the shapes of sea ice ridges // Cold Regions Sci. and Technol., 1997, vol. 25, p. 65–77.

WMO Sea Ice Nomenclature: Terminology, codes and illustrated glossary. Word Meteorological Organization, WMO No. 259, 1970–2017. – www.aari.ru/resources/nomen/wmo_259.php?lang0=0

URL: <http://slovariki.org/search?did=geograficeskaa-enciklopedia&word=стамуха> (дата обращения: 22.01.2019).

References

Astafyev V.N., Surkov G.A., Truskov P.A. Torosy i stamukhi Okhotskogo morya [Ice Ridges and Stamukhas of the Okhotsk Sea]. St. Petersburg, Progress-Pogoda, 1997, 208 p. (in Russian).

Bol'shoi entsiklopedicheskii slovar' [Large Encyclopaedic Dictionary]. Moscow, Bol'shaia Rossiiskaia entsiklopediya; St. Petersburg, Norint, 2001, 1456 p. (in Russian).

Borodachev V.E., Gavrilov V.P., Kazansky M.M. Slovar morskikh ledovykh terminov [Dictionary of Sea Ice Terminology]. St. Petersburg, Gidrometeoizdat, 1994, 128 p. (in Russian).

Buharitsin P.I. Features of processes of ice hummocking in the northern Caspian Sea. Vodnye Resursy [Water Resources], 1984, No. 6, p. 115–123 (in Russian).

Buharitsin P.I. Issledovaniia Kaspiiskikh l'dov [Studies Caspian Ice]. Saarbrücken, Germany, Palmarium Academic Publishing, 2019, 132 p. (in Russian).

Bushuev A.V., Volkov N.A., Loshchilov V.S. Atlas ledovykh obrazovaniy [Atlas of Ice Formations]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1974, 140 p. (in Russian).

Kotlyakov V.M. (Ed.). Gliatsiologicheskii slovar' [Glaciological Dictionary]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1984, 527 p. (in Russian).

Efremova T.F. Novyi slovar' russkogo iazyka. Tolkovo-slovoobrazovatel'nyi [New Dictionary of the Russian Language. Sensible-word-formation]. Moscow, Russkii yazyk, 2000, vol. 2, 1209 p. (in Russian).

Kuznetsov S.A. Bol'shoi tolkovyi slovar' russkogo iazyka. Spravochnoe izdanie [Large Explanatory Dictionary of the Russian Language. Reference publication]. St. Petersburg, Norint, 2000, 1536 p. (in Russian).

Zubakin G.K. (Ed.). Lediane obrazovaniya morei Zapadnoi Arktiki [Ice Features of the Seas of Western Arctic]. St. Petersburg, AARI, 2006, 272 p. (in Russian).

Smirnov V.N., Kovalev S.M., Borodkin V.A. et al. Instrumental'nyi monitoring i kratkosrochnyi prognoz yavlenii szhatiya i torosheniya v morskikh l'dakh [Instrumental Monitoring and Short-term Forecasting of Compression and Torsion Phenomena in Sea Ice]. St. Petersburg, ААНИИ, 2017, 174 p. (in Russian).

Barker A., Croasdale K. Numerical modeling of ice interaction with rubble mound berms in the Caspian Sea. In: Proc. of the 17th Intern. Symp. on Ice (St. Petersburg, Russia, 21–25 June, 2004). St. Petersburg, 2004, p. 257–264.

Croasdale K., Been K., Crocker G. et al. Stamukha loading cases for pipelines in the Caspian Sea. In: Proc. of the 22nd Intern. Conf. on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions (Espoo, Finland, June 9–13, 2013). Espoo, 2013. – <http://www.poac.com/PapersOnline.html>

Kharitonov V.V., Morev V.A. Computer recording of hot water drilling of ice ridges and stamukhas. In: Proc. of the 20th Intern. Conf. on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions (POAC) (Luleå, Sweden, June 9–12, 2009). Luleå, 2009. – <http://www.poac.com/PapersOnline.html>

Strub-Klein L., Sudom D. A comprehensive analysis of the morphology of first-year sea ice ridges. Cold Regions Sci. and Technol., 2012, vol. 82, p. 94–109. – <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2012.05.014>

Surkov G.A., Truskov P.A. Ice pressure ridges and stamukhas offshore of Sakhalin. In: Proc. of the 13th Intern. Conf. on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions. Murmansk, 1995, vol. 2, p. 140–142. – <http://www.poac.com/PapersOnline.html>

Surkov G.A., Zemlyuk S.V., Khlebnikov P.A. et al. Stamukha morphometry. In: Proc. of the 17th Intern. Symp. on Okhotsk Sea and Sea Ice (Mombetsu, Japan, 24–28 February, 2002). Mombetsu, 2002, p. 312–316.

Timco G.W., Burden R.P. An analysis of the shapes of sea ice ridges. Cold Regions Sci. and Technol., 1997, vol. 25, p. 65–77. – [https://doi.org/10.1016/S0165-232X\(96\)00017-1](https://doi.org/10.1016/S0165-232X(96)00017-1)

WMO Sea Ice Nomenclature: Terminology, codes and illustrated glossary. Word Meteorological Organization, WMO No. 259, 1970–2017. – www.aari.ru/resources/nomen/wmo_259.php?lang0=0

URL: <http://slovariki.org/search?did=geograficeskaa-enciklopedia&word=стамуха> (last visited: 22.01.2019).

*Поступила в редакцию 11 июля 2019 г.,
после доработки – 6 февраля 2020 г.,
принята к публикации 11 марта 2020 г.*