

ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ КРОМОК ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

**Никулина И.В.¹, И.В. Шумилов¹, В.М. Пищальник^{1,2},
Ващенко Д.А.¹**

¹Институт морской геологии и геофизики, г. Южно-Сахалинск
²ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет», г. Южно-Сахалинск
irinkaeremenko@yandex.ru

В работах Л.П. Якунина представлены карты вероятности встречи со льдом в Японском море с 1950 г, Охотском – 1956 г, Беринговом – 1959 по 1991 гг [1]. Основными материалами наблюдений в этот период являлись визуальные ледовые авиаразведки. В атласах 2012 г. карты дополнены спутниковыми наблюдениями с 1997-2006 гг. В своих работах И.О. Думанская [2] приводит карты-схемы границ распространения льда за период 1950–2015 гг. по данным Гидрометцентра России с уточнениями карт из атласов Л.П. Якунина и изданий Проект моря СССР. Имеющиеся пропуски, разность исходных данных и периодов исследования привели к необходимости их временного обобщения и приведения расчетов к единой методике.

Вычисление местоположения кромок ледяного покрова проводилось для Татарского пролива, Охотского и Берингова морей в пределах стандартной климатической нормы 1991 – 2020 гг. с учетом типов зим по суровости ледовых условий. В качестве основных исходных данных использовались коллекции растровых карт ледяного покрова Sea Ice Index Национального центра данных по снегу и льду (National Snow & Ice Data Center) [3]. Положение средней кромок льда вычислялось с использованием программного обеспечения «Ice Data Processing» [4], на основе разработанного модуля «Построение карт распределения вероятностей встречи с морским льдом» [5].

Оценка суровости зим по ледовым условиям проводилась с применением методики количественной классификации В.А. Спичкина [6] по значениям аномалий ледовитости. В качестве

критерия использовалась величина σ (среднеквадратическое отклонение). В связи особенностями ледовитости дальневосточных морей и большой амплитуды колебаний между отдельными годами с максимальными и минимальными значениями площади льда ранжирование сезонов осуществлялось по пяти градациям: экстремально суровая (ЭС), суровая (С), умеренная (У), мягкая (М), экстремально мягкая (ЭМ).

Совпадение типов зим во всех акваториях одновременно происходит относительно редко не более 16% случаев (суровые зимы 1995, 1998 г. и экстремально-мягкие, и мягкие 1996, 2014, 2015 гг.). В Охотском и Беринговом морях с 2013-2020 гг. преобладающими типами зим являются М и ЭМ, тогда как в Татарском проливе в этот период встречаются все типы. В период климатической нормы 1991-2020 гг. доля ЭС и С зим в сумме составила от 36-43 %, М и ЭМ — 36-40 %. Критерием адекватности полученных результатов служит относительно равная повторяемость суровых и мягких типов зим для всех рассматриваемых морей.

Наибольшая разница в местоположении кромки ледяного покрова наблюдается в акватории Охотского моря, обусловленная его географическим положением, затоками холода с северо-запада и тепла с юго-востока. В Татарском проливе и Беринговом море изменение положения границы ледяного покрова сдерживается за счет адвекции теплых вод Аляскинского и Цусимского течений соответственно. В акваториях Берингова и Охотского морей интенсивность влияния циркуляции вод на положение кромки и ее конфигурацию определяется типом зимы по суровости ледовых условий. В Татарском проливе изменение положения кромки льда в различные типы зим незначительно и находятся на уровне точности расчетов.

На рисунке 1 представлен пример карты-схемы местоположения кромок ледяного покрова на середину марта в различные типы зим. В Беринговом море в ЭС и ЭМ типы зим среднее расстояние между кромками составляет около 292 км. Максимальная удаленность (672 км) наблюдается в районе Анадырского залива, где в ЭМ зимы граница ледяного покрова проходит через его акваторию. Минимальное различие в местоположении кромок отмечается в районе м. Говена и м. Камчатский и составляет 29 км.

В Охотском море среднее расстояние между кромками составляет 570 км. В районе о. Хоккайдо, Южных Курильских островов,

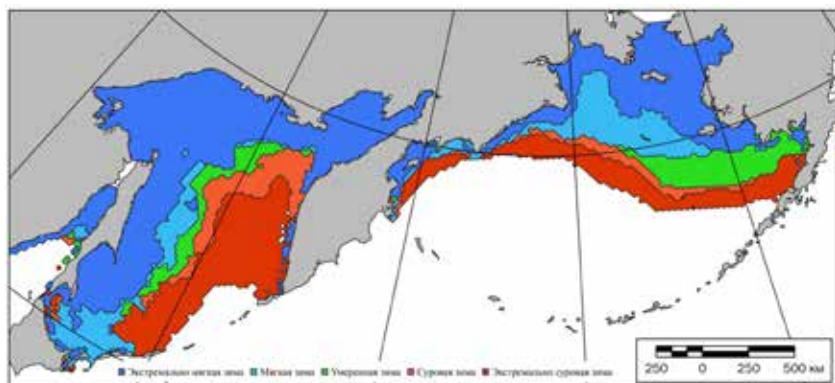


Рис. 1. Пример карты-схемы местоположения кромок ледяного покрова на середину марта в Татарском проливе, Охотском и Беринговом морях

а также западного побережья Камчатки границы ледяного покрова накладываются или имеют минимальное расстояние, не превышающее 23 км в отдельных ледяных массивах. В южной части Охотского моря кромки экстремальных типов зим имеют схожую конфигурацию и расположены на удалении 800-850 км (до 50° с.ш.). В ЭМ зимы северная часть кромки проходит в северо-западной части Охотского моря, что связано с действием Западно-Камчатского течения. Наибольшее расстояние между кромками экстремальных типов зим выявлено в районе впадины ТИНРО - 1289 км. В ЭС зимы ледяной массив покрывает большую поверхность моря и только в районе центральных и северных Курильских островов (46-51° с.ш.) наблюдается свободная ото льда часть акватории.

В Татарском проливе кромки располагаются в северной ледовой зоне, в ЭС зимы севернее 49° с.ш., а в ЭМ южнее. Наибольшее расстояние между границами льда составило 178 км, при этом среднее 49 км. В ЭС зимы кромка льда располагается в широтном направлении (между 48 и 49° с.ш.), а в ЭМ ледяной массив тянется вдоль западного побережья пролива и достигает 46° с.ш.

В работе представлены результаты применения программного инструмента для расчета местоположения кромок ледяного покрова. Все данные получены единым методом с использованием современных спутниковых технологий, обеспечивающих пространственно-временную дискретность и не зависящих от метеорологических условий.

Исследование выполнено в рамках государственного задания «Создание научных основ управления процессами поглощения и накопления углерода биоморфолитосистемами прибрежно-морских водно-болотных угодий и прилегающих морских акваторий (FEFF-2024-0004)».

Литература

1. Якунин Л.П. Атлас границ преобладающего однолетнего льда дальневосточных морей России: препринт / Л. П. Якунин. – Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 1997.
2. Думанская И.О. Ледовые условия морей азиатской части России. М, Обнинск: ИГ-СОЦИН, 2017. – 640 с.
3. Национальный центр данных по снегу и льду. Электронный ресурс: https://nsidc.org/data/seaice_index/data-and-image-archive (дата обращения 10.05.2025).
4. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2023688937. «Ice Data Processing». 2023. Авт.: Шумилов И.В., Романюк В.А., Пищальник В.М. № 2023682641 от 30.10.2023; опублик. 25.12.2023.
5. Шумилов И.В., Романюк В.А., Зарубина Д.В., Пищальник В.М., Никулина И.В. Разработка программного модуля построения карт распределения вероятностей встречи с морским льдом для изучения дальневосточных морей // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. – М: Географический факультет МГУ, 2023. Т. 29. Ч. 1. С. 657-667.
6. Спичкин В.А. Определение критерия крупной аномалии / Т. В. Смолянкина // Тр. ААНИИ. – 1987. Т. 402. С. 15-20.