DOI: 10.62994/DVO.2025.30.95.058

К ВОПРОСУ СИНХРОННОСТИ ЦИКЛОНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И ЛЕДОВЫХ ПРОЦЕССОВ ОХОТСКОГО МОРЯ В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Шумилов И.В.[1], Пищальник В.М.[1,2], Романюк В.А.[2], Никулина И.В.[1]

[1]*Институт морской геологии и геофизики дальневосточного отделения, г. Южно-Сахалинск*
[2]*Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск*
ilyarolevik1@yandex.ru

Исследование посвящено анализу влияния циклонической активности на динамику ледяного покрова Охотского моря в осенне-зимний период с 2001 по 2020 гг. Основное внимание уделено оценке взаимосвязи между параметрами атмосферной циркуляции и внутрисезонной изменчивостью ледовитости. В холодный период над Охотским морем устанавливается атмосферная циркуляция муссонного типа, который формируется при воздействии азиатского антициклона и алеутской депрессии. Действие воздушных потоков северо-западного и северного направлений начинает преобладать с сентября в северной части моря, устойчивый перенос воздушных масс с континента на акваторию наблюдается с октября и сохраняется до мая [1, 2]. Циклоны, проходящие через акваторию Охотского моря и вдоль его границ, оказывают значительное воздействие на ветровой режим, поверхностные слои воды и ледяной покров. При глубоких циклонах данные процессы часто сопровождаются уменьшением площади льда Охотского моря до минимального уровня [3]. Циклоническое воздействие часто замедляет процесс генерального дрейфа льда из северо-западного региона моря в южный, что сопровождается смещением кромки ледяного покрова и увеличением пространств открытой воды в прикромочной зоне (до 10 % от площади моря) [4].

В качестве исходных данных использовались карты сплоченности морского льда и приземного анализа Японского метеорологического агентства (www.data.jma.go.jp), а также ветровые параметры и приземное давление модели реанализа ERA5 Европейского центра среднесрочных прогнозов (www.ecmwf.int). Об-

работка исходных данных и анализ осуществлялась с помощью разработанного программного обеспечения «Ice Data Processing» и «NetCDF Processing» [5, 6]. Вычисление показателей площади льда осуществлялось в соответствии со схемой районирования Охотского моря по ледово-географическим признакам: по всей акватории моря и её отдельным регионам – северо-западному, северо-восточному и южному [7, 8]. В ходе исследования были вычислены пентадные значения показателей площади льда, скорости её изменения и ускорения изменения в период осенне-зимнего развития ледяного покрова (с 6 ноября по 5 марта) за сезоны 2001–2020 гг. Под критерием замедления роста площади льда в пентаду принималось соблюдение одного из условий – уменьшение площади льда и (или) уменьшение скорости роста площади льда не менее чем на 10%. Проведена типизация циклонического воздействия по положению центра циклона: к центральному типу отнесены вихри, проходящие над акваторией моря (50–55° с.ш.), к южному — вдоль её южных и юго-восточных границ.

Анализ показал, что в 87,4 % случаев замедление роста ледовитости (не менее 10 %) совпадает с наличием циклона над акваторией. Из них 52,1 % связаны с циклонами центрального типа, а 35,2 % — с южными. На региональном уровне доля совпадений составляет от 49,0 до 55,3 %, что указывает на пространственную согласованность атмосферного воздействия.

Внутрисезонная изменчивость замедления роста льда при воздействии циклонической деятельности показана на рисунке 1. Максимальная интенсивность замедления прироста льда при центральных циклонах наблюдается в феврале (среднее значение 51,8 тыс. км^2 в пентаду) и сохраняется высокой с декабря по февраль, особенно в северо-западном регионе, где расположен основной центр ледообразования. Для южных циклонов характерны максимумы воздействия в феврале (до -38,6 тыс. км^2) с наибольшим вкладом южного и северо-западного регионов.

Установлены статистически значимые корреляции между скоростью изменения площади льда и u-компонентой ветра (восточно-западное направление): для всего моря коэффициент составил 0,43, для северо-западного региона — 0,51, южного — 0,41. Это отражает важность северо-западного переноса воздушных масс для процесса дрейфа льда. Среднеквадратическое отклонение

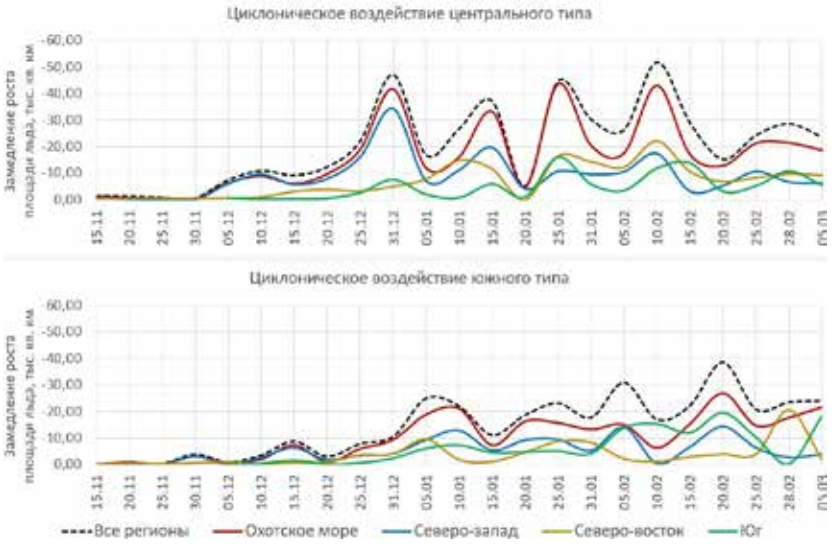

Рис. 1. Среднее значение показателя замедления роста площади льда при центральном и южном циклоническом воздействии на ледяной покров Охотского моря и его регионов в осенне-зимний период (15 ноября – 5 марта) 20012020 гг.

приземного давления, отражающее уровень барической изменчивости показало обратную связь с показателем роста площади льда с наибольшим коэффициентом корреляции (0,41) в северо-западном регионе. Вычисленные коэффициенты корреляции являются значимыми и превосходят соответствующее критическое значение корреляции Пирсона 0,06 при уровне доверия 95 % для ряда длиной в 240 значений.

Сравнение условий с и без циклонического воздействия за период 2001-2020 гг. выявило характерные отклонения средних значений параметров атмосферной циркуляции. При центральных циклонах максимальные отклонения наблюдаются в северо-западном регионе: рост скорости ветра (14,3 %), снижение приземного давления (до 3,8 гПа) и увеличение его вариабельности (среднеквадратическое отклонение до 17,1 %). При центральном типе также зафиксировано общее снижение ukомпоненты, особенно в северо-восточном регионе (229,8 %), и рост vkомпоненты, в особенности в южном (56 %). Для южных циклонов максимальные изменения выявлены для южного региона: увеличение скорости

ветра (11,3 %), снижение приземного давления (до 3,5 гПа) и рост его среднеквадратического отклонения (18,5 %). В северо-восточном регионе при этом наблюдалось выраженное падение значений u-компоненты ветра (-162,3 %).

Циклоническая активность оказывает выраженное замедляющее воздействие на рост ледяного покрова, особенно в северо-западном регионе Охотского моря. Тип циклонического воздействия (центральный или южный) влияет на пространственное распределение ледовой реакции. Наиболее чувствительными к изменению атмосферной циркуляции являются uкомпонента ветра и вариабельность приземного давления (показатель среднеквадратического отклонения). Полученные результаты позволяют улучшить параметризацию атмосферного воздействия в моделях морского льда и способствуют развитию подходов к прогнозированию ледовой обстановки с учетом типа циклонического воздействия.

Исследование выполнялось и финансировалось в рамках государственного задания Института морской геологии и геофизики ДВО РАН (FWWM-2024-0002) и государственного задания Сахалинского государственного университета «Создание научных основ управления процессами поглощения и накопления углерода биоморфолитосистемами прибрежно-морских водно-болотных угодий и прилегающих морских акваторий (FEFF-2024-0004)».

Литература

1. Дашко Н.А. Особенности зимнего режима ветров на Охотском море // Труды Гидрометцентра СССР. 1979. Вып. 216. С. 110-119.
2. Дашко Н.А. Метеорологический режим // Гидрометеорология и гидрохимия морей. – Спб.: Гидрометеоиздат, 1998. – Т. 9: Охотское море, вып.1: Гидрометеорологические условия. – С. 25-75.
3. Глебова С.Ю. Циклоны над Тихим океаном и дальневосточными морями в холодные и теплые сезоны и их влияние на ветровой и термический режим в последний двадцатилетний период // Известия ТИНРО. 2018. 193. С. 153-166. https://doi.org/10.26428/1606-9919-2018-193-153-166.
4. Пищальник В.М., Минервин И.Г., Романюк В.А. Особенности ледовых условий в Охотском море и Татарском проливе в зимний сезон 2014– 2015 гг. // Физика геосфер: Девятый Всероссийский симпозиум, 31 августа – 4 сентября 2015 г., г. Владивосток, Россия: мат. докл. / Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения РАН. – Владивосток: Дальнаука, 2015. С. 171-177.

5. 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; опубл. 25.12.2023.
6. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2024662834. «NetCDF Processing». 2024. Авт.: Шумилов И.В., Ващенко Д.А., Романюк В.А. № 2024661302 от 20.05.2024; опубл. 30.05.2024.
7. Pishchalnik V.M. Tambovsky V.S., Truskov P.A., Minervin I.G., Melkiy V.A., Romanyuk V.A., Galtsev A.A. Okhotsk Sea ice cover zoning. In: Proceedings of the 28th International Symposium on Okhotsk Sea & sea ice. 2013. 17–21 February, Mombetsu, Hokkaido, Japan, P. 312-315.
8. Минервин И.Г., Романюк В.А., Пищальник В.М., Трусков П.А., Покрашенко С.А. Районирование ледяного покрова Охотского и Японского морей // Вестник РАН. 2015. 85(1): С. 24-32.