

**Статистические модели долгопериодной изменчивости ледовитости
отдельных районов Баренцева моря**

Научный руководитель – Тимохов Леонид Александрович

Лис (Вязигина) Наталья Андреевна

Аспирант

Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург,
Россия

E-mail: naty_vyazik@mail.ru

Ледовитость морей Северного Ледовитого океана представляет особый интерес как один из важнейших показателей, который отражает изменения климата и является одним из его индикаторов. Не первое десятилетие происходит уменьшение ледовитости в арктических морях [1]. Баренцево море является частью приатлантической Арктики и, из-за тесной связи с Северной Атлантикой, одним из первых реагирует на изменения климата. Что наблюдается в уменьшении ледовитости Баренцева моря в летний сезон за последние 20 лет в три раза [2]. Данное уменьшение проявляется и в зимний сезон [3]. Акватория Баренцева моря - это важнейшая часть Северного морского пути, соответственно, зона повышенного интереса России. В современный период меняющегося климата задача по развитию методов прогнозирования долгопериодных изменений актуальна как никогда. И во многом их качество, основанное на статистических методах, зависит от качества подборки предикторов. В связи с чем, задачей работы является проанализировать вариации предикторов в статистических моделях и оценить их качество.

Среднемесячные значения ледовитости были предоставлены отделом ледового режима и прогнозов Арктического и Антарктического научно-исследовательского института [4]. Для дальнейшего использования они были осреднены по сезонам с декабря по апрель (зима) и с июля по сентябрь (лето) [5].

Для выявления зависимости изменений ледовитости от различных гидрометеорологических и астрогеофизических факторов применялись физико-статистические методы анализа с использованием мультирегрессионных уравнений. В качестве гидрометеорологических факторов использовались приземная температура атмосферы и глобальные климатические индексы: Арктическое колебание (АО, Arctic Oscillation), Арктический диполь (AD, Arctic Dipole), Тихоокеанско-Североамериканский индекс (PNA, Тихоокеанско-Североамериканский индекс), Северо-Атлантическое колебание (NAO, North Atlantic Oscillation). Данные по индексам и температуре воздуха взяты из открытых источников [6] и [7]. В качестве астрогеофизических факторов использовались: вариации среднегодовых широтной и долготной координат полюса Земли [8] и среднегодовые параметры нутации оси Земли в долготе и наклоне [9], величина солнечной активности, выраженная числами Вольфа [10].

Для ледовитости западного района характерным является преобладающее влияние предшествующего состояния ледяного покрова как в зимний (вклад 61,3%), так и в летний (вклад 78,1%) сезоны. Влияние адвекции теплых атлантических вод максимально проявляется в западном районе (вклад 16,4%). В северо-восточном и юго-восточном районах влияние притока теплых атлантических вод уменьшается, и преобладающее влияние оказывает приземная температура атмосферы – до 73,6%. Атмосферная циркуляция вносит меньший вклад по сравнению с предшествующим состоянием ледовитости и притоком вод из Северной Атлантики (вклад 5,1-7,8%). Столь невысокий процент вклада связан с доминирующим влиянием предыстории ледовитости и приземной температуры атмосферы.

Связь между ледовитостью Баренцева моря и координатами положения полюса Земли и нутацией оси вращения Земли обратная. В положительную фазу, геострофический поток имеет доминирующее направление в сторону Центрального Арктического бассейна от средних широт из-за изменения наклона уровня [11]. Что приводит к усилению интенсивности поступления теплых вод из Северной Атлантики в Баренцево море, и ослаблению дрейфа льдов и холодных вод из Центрального Арктического бассейна, что способствует уменьшению ледовитости. На долю показателя нутации оси вращения Земли в наклоне приходится от 3,4% (западный район) до 36,3% (юго-восточный район).

Полученные уравнения прошли успешную проверку на адекватность по критерию Фишера, устойчивость (в течение 15 лет) и каждый из предикторов статистически значим при уровне значимости 0,05 (критерий Стьюдента). Таким образом, представленные закономерности могут быть использованы как в качестве основы при разработке сверхдолгосрочных прогнозов ледовитости Баренцева моря, а представленная методика – при исследовании ледовитости других арктических морей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 22–27–00443.

Источники и литература

- 1) JCOMM Expert Team on Sea Ice. Sea-Ice Nomenclature: snapshot of the WMO Sea Ice Nomenclature No. 259. Geneva, Switzerland: WMO-JCOMM, 2014. 121 p. doi: 10.25607/OBP-1515
- 2) Лис Н.А., Егорова Е.С. Климатическая изменчивость ледовитости Баренцева моря и его отдельных районов. Проблемы Арктики и Антарктики. 2022;68(3):234-247. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2022-68-3-234-247>
- 3) Onarheim I. H., Årthun M. Toward an ice-free Barents Sea // Geophys. Res. Lett. 2017. № 44. P. 8387–8395. doi:10.1002/2017GL074304.
- 4) Электронный ресурс: <http://www.aari.ru/>. Официальный сайт ГИЦ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт».
- 5) Миронов Е. У. Ледовые условия в Гренландском и Баренцевом морях и их долгосрочный прогноз // СПб.: ААНИИ, 2004. 319 с.
- 6) <https://psl.noaa.gov/data/climateindices/>
- 7) <http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCEP-NCAR/.CDAS-1/.MONTHLY/.Diagnostic/.surface/.temp/>
- 8) <ftp://hpiers.obspm.fr/iers/series/opa/eopc04>
- 9) <https://datacenter.iers.org/eop/-/somos/5Rgv/latest/38>
- 10) https://solarscience.msfc.nasa.gov/greenwch/SN_m_tot_V2.0.txt
- 11) Максимов И.В. Геофизические силы и воды океана. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 447 с.