

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕДОВЫХ ФАЗ АЗОВСКОГО И КАСПИЙСКОГО МОРЕЙ

Магаева А.А.<sup>1</sup>, Яицкая Н.А.<sup>2</sup>

ФИЦ Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону, Россия<sup>1,2</sup>, Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия<sup>1</sup>, Сочинский научно-исследовательский центр РАН, Сочи, Россия<sup>2</sup>, Филиал Института природно-технических систем РАН, Сочи, Россия<sup>2</sup>,

*a.magaeva@mail.ru*

*Ключевые слова: ранги, классификация, ледовые фазы, Азовское море, Каспийское море*

Ледовый режим Азовского и Каспийского морей главным образом зависит от температурных условий, поэтому сроки образования и разрушения льда значительно варьируются из года в год. Многочисленные работы, посвященные исследованию ледового режима данных морей [1-4], доказывают, что продолжительность ледостава сократилась, а сроки образования и разрушения льда сдвинулись в более поздние и более ранние сроки соответственно. В работе [5] показано, что в Азовском море продолжительность ледостава сократилась на 19-28 дней за 70 лет. В Каспийском море, по данным [6], сроки замерзания сдвинулись на более поздние - 15-25 дней, а сроки таяния - на более ранние (7-14 дней).

В ходе настоящего исследования проведен анализ основных ледовых фаз (даты начала и конца, продолжительность ледостава) Азовского и Каспийского морей на основе данных натурных наблюдений, который позволил выделить 5 рангов сочетания условий.

Ранг I - Все параметры ледовых фаз находятся в пределах нормы (среднемноголетних значений).

Ранг II - Все параметры ледовых фаз отрицательно аномальны (раннее начало ледостава, большая продолжительность, позднее окончание ледостава).

Ранг III - Раннее начало ледостава, большая (в некоторых случаях в пределах нормы) продолжительность, конец ледостава в пределах нормы.

Ранг IV - Ледостав начинается в пределах нормы, большая продолжительность (в некоторых случаях в пределах нормы), конец ледостава позже среднемноголетних значений.

Ранг V - Все параметры ледовых фаз положительно аномальны (позднее начало ледостава, небольшая продолжительность и раннее окончание ледостава).

V ранг можно разделить еще на два подранга, для которых характерно:

- начало ледостава в пределах нормы, но малая продолжительность и соответственно раннее окончание ледостава;

- позднее начало ледостава, малая продолжительность ледостава, а конец ледостава в пределах нормы.

Выделение рангов ледовых фаз проводилось путем вычисления отклонений от среднемноголетних значений каждого параметра. Наибольшие отклонения как в сторону максимальных, так и в сторону минимальных значений делились на три равные части, которые определяют положительные и отрицательные аномалии, а также значения в пределах нормы. Впоследствии им были присвоены баллы: «1» для положительной аномалии; «0» для значений, находящихся в пределах нормы; «-1» для отрицательной аномалии. Ранжирование ледовых фаз выполнено для пунктов наблюдений в: Азовском море - Таганрог,

Ейск, Приморско-Ахтарск, Темрюк, Керчь; в Каспийском море - Астрахань, Пешной, Искусственный, Тюлений и Кулалы. Исследуемый период - 1950-2015 гг.

Анализ выделенных рангов позволил сделать ряд важных выводов.

1) При раннем ледообразовании (например, для пункта Таганрог - это начало ноября, а в некоторых случаях конец октября; для пунктов Темрюк, Керчь - это конец ноября-начало декабря, для пунктов Астрахань, Кулалы - середина - начало декабря), продолжительность ледостава всегда увеличена, реже бывает в пределах нормы, что характерно для II и III рангов.

2) В III ранге ледовых фаз выделены частные случаи, при которых ледостав заканчивается не в пределах нормы, а раньше (т.е. имеет положительную аномалию). Такие случаи отмечены в пункте Ейск - 1989/1990, 1994/1995 и 1999/2000 гг. В эти зимы ледостав заканчивался в феврале (во всех остальных случаях в марте). В пункте Темрюк частные случаи ранга III отмечены в зимы 1983/1984, 1994/1995, 1995/1996, 1997/1998 гг., окончание ледостава также приходится на февраль. В Приморско-Ахтарске единичный частный случай данного ранга отмечен в зимний период 1994/1995 гг., когда ледостав закончился 28 января.

В пунктах наблюдений Каспийского моря частный случай III ранга единожды отмечен в пункте Тюлений. В зимний период 1961/1962 гг. ледостав в пункте начался 26 ноября, а закончился 20 февраля.

3) Увеличенная продолжительность в случае начала ледостава в пределах нормы приводит к сдвигу окончания ледового периода в более поздние сроки (IV ранг). Конец ледового периода при этом:

- для пункта Таганрог - середина апреля 08-23.04;
- для пунктов Ейск и Приморско-Ахтарск - конец марта - середина апреля;
- в пунктах Астрахань, Пешной - начало - середина апреля;
- в пунктах Искусственный, Тюлений - конец марта - начало апреля;
- в пункте Кулалы - конец марта.

4) В случаях позднего начала ледостава, даже при небольшой продолжительности, конец ледостава всегда приходится на конец марта/начало апреля (или чуть более ранние сроки в зависимости от пункта). Данное сочетание ледовых фаз характерно для V ранга.

Например, в пунктах Таганрог и Ейск ледостав начинается в конце декабря-начале января, и даже при небольшой продолжительности конец ледостава в пункте Таганрог приходится на конец марта, в пункте Ейск - конец февраля/начало марта. В пункте Астрахань позднее начало ледостава приходится на начало января, а конец - середина марта, при продолжительности от 31 до 72 дней (среднегодовой продолжительности ледостава в пункте Астрахань - 99 дней). Данная особенность характерна для всех пунктов наблюдений Азовского и Каспийского морей.

*Азовское море.* Во всех пунктах наблюдений преобладает I ранг, когда наступление ледовых фаз происходит в пределах среднегодовых значений. Исключение составляет пункт Темрюк, где преобладает V ранг, а в пункте Керчь повторяемость I и V рангов практически одинакова - 28,7% и 25,7% соответственно. II ранг ледовых фаз наблюдается редко - 7,2-8,9% (от периода наблюдений) для пунктов Таганрог, Ейск, Приморско-Ахтарск и 2,7-4,5% для пунктов Темрюк и Керчь. Нередки случаи, когда в южной части моря лед отсутствует или наблюдается малое число дней. Например, зимы 1954/1955, 2014/2015 гг. Стоит отметить, что II ранг не наблюдается с 1980-х гг. в пункте Таганрог, и с 1990-х гг. в пунктах Ейск, Приморско-Ахтарск и Темрюк.

Повторяемость III ранга ледовых фаз составляет 10% для пунктов Таганрог, Ейск, Приморско-Ахтарск, 16% для пункта Темрюк и 3% для пункта Керчь. IV ранг встречается реже, его повторяемость составляет около 7% для пунктов Таганрог, Ейск,

Приморско-Ахтарск и 10,6% для пункта Керчь. В пункте Темрюк IV ранг ледовых фаз не наблюдается за исследуемый период.

V ранг ледовых фаз занимает второе место по встречаемости во всех пунктах наблюдений (за исключением пункта Темрюк) и составляет в среднем 20%. Если разделить исследуемый период на десятилетия, то повторяемость V ранга значительно увеличивается с 2000-х гг. во всех пунктах наблюдений.

В целом, схожие особенности ледообразования имеют пункты Таганрог, Ейск, Приморско-Ахтарск. Все пункты расположены в мелководных районах моря, которые быстро реагируют на изменение температурных условий, а, следовательно, процессы ледообразования протекают быстро.

*Каспийское море.* Во всех пунктах наблюдений также, как и в Азовском море преобладает I ранг. Исключение составляет пункт наблюдений о. Искусственный, где превалирует IV ранг. О данном пункте стоит говорить отдельно, так как повторяемость его рангов значительно отличается от других пунктов наблюдений. Во всех остальных рассматриваемых пунктах наблюдений (Астрахань, Пешной, Тюлений, Искусственный) преобладает I ранг ледовых условий, его повторяемость составляет от 26% до 52%. II ранг наблюдается реже всего - в среднем 11%. III ранг, для которого характерно сдвиг ледостава на более ранние сроки, наблюдается от 2% до 14,8%, IV ранг - от 17,3% до 27,9%, V ранг - 9,3-24%. В пунктах Астрахань, Пешной и Тюлений повторяемость V ранга увеличивается с 1990-х гг.

Остров Искусственный - IV ранг ледовых фаз преобладает в период 1950-1999 гг., а его встречаемость составляет 35,4% за весь период наблюдений. Следующим по повторяемости является II ранг - 31,2%, который наблюдается с 1950 по 1999 гг. и в зиму 2009/2010 гг. III ранг отмечен один раз за весь период наблюдений в зиму 1961/1962 гг. До 2000-х гг. V ранг встречается 22,9%.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и РГО в рамках научного проекта № 17-05-41190 РГО\_а и ПФИ Президиума РАН I.52 «Обеспечение устойчивого развития Юга России в условиях климатических, экологических и техногенных вызовов» (№ госрегистрации АААА-А18-118011990324-5).

### Список литературы

- 1) Дьяков Н.Н., Тимошенко Т.Ю., Белогудов А.А. Изменение ледовых условий Азово-черноморского бассейна // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря 2014. №28. С.122-137.
- 2) Дьяков Н.Н., Тимошенко Т.Ю., Белогудов А.А. Изменение ледовых условий Азово-черноморского бассейна // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря 2014. №28. С.122-137.
- 3) Ивкина Н. И., Наурузбаева Ж. К. Изменение характеристик ледового режима казахстанской части Каспийского моря, в связи с изменением климата // Гидрометеорология и экология. – 2015. – №. 2. – С. 28-35.
- 4) Бухарицин П.И. Сравнительные характеристики многолетней изменчивости ледяного покрова северной части Каспийского и Азовского морей // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2008. №. 3. С. 207-213.).
- 5) Букатов А.Е., Моисеева Е.А. Климатическая изменчивость ледового режима Азовского моря // Системы контроля окружающей среды: Сб. научных трудов МГИ НА-НУ Украины. – 2009. – С. 273-279.

- 6) Антонюк А. Ю. Особенности океанологических процессов в Каспийском море, выявленные с помощью дистанционного зондирования //Труды Государственного океанографического института. – 2014. – №. 215. – С. 302-318.