КЛАССИФИКАЦИЯ ЗИМ АЗОВСКОГО МОРЯ

А.А. Магаева¹, Н.А. Яицкая^{1,2}

¹ФИЦ Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону,

²Сочинский научно-исследовательский центр РАН, Сочи

a.magaeva@mail.ru, yaitskayan@gmail.com

Аннотация. В статье представлена новая классификация зим, объединяющая температурные и ледовые условия Азовского моря. Классификация включает следующие факторы: 1) тип зимы для прибрежных ГМС (суровая, умеренная, мягкая); 2) значение и дата минимальной температуры воздуха для прибрежных ГМС за зимний сезон; 3) среднее значение ледовитости Азовского моря за сезон, %; 4) начало, конец (даты) и продолжительность ледостава для каждого пункта наблюдений в отдельности (дни). Классификация проводилась путём 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. Позже им были присвоены баллы: «1» для положительной аномалии; «0» для значений, находящихся в пределах нормы; «-1» для отрицательной аномалии. Всего в Азовском море за период 1950–2015 гг. выделено 9 суровых, 43 умеренных и 14 мягких зимних периодов для ГМС Таганрог и 10 суровых, 40 умеренных и 16 мягких зимних периодов для ГМС Керчь.

Ключевые слова: Азовское море, классификация зимних периодов, ледовый режим, типизация зим.

Ввиду географического положения ледяной покров в Азовском море – сезонный. Согласно среднемноголетним данным, лёд в Азовском море образуется в конце ноября, достигает максимума к февралю и полностью исчезает в конце марта [1]. Быстрая смена атмосферных процессов в регионе способствует неоднократному вскрытию и замерзанию водоёма за один зимний период. Однако площадь ледяного покрова, даты образования и разрушения льда сильно варьируют по годам. Так, в суровые по температурному режиму зимы (1953/54 гг., 2002/03 гг.) льдом покрывалась не только вся акватория Азовского моря, но и северная часть Чёрного моря, замерзал и Одесский порт (рис.1). Такие условия затрудняли судоходство и эксплуатацию гидротехнических сооружений. В тёплые зимы лёд образуется только в Таганрогском заливе и других мелководных областях [2].

По данным [3–5] в последние десятилетия для азовского региона характерно увеличение количества мягких зим. Но тип зимы по степени суровости не является точным показателем ледовых условий [5]. Как правило, не все месяцы в течение зимы одинаково суровы. Общий фон суровости сезона зачастую создает один месяц, в то время как все остальные по температурным условиям могут быть отнесены к умеренным. В этой связи необходима разработка и применение классификации зим, которая учитывала бы весь комплекс наиболее существенных параметров и характеристик для Азовского моря.

В ходе настоящей работы разработана и выполнена классификация зим с учетом температурных

и ледовых условий акватории Азовского моря. В основу классификации были положены следующие факторы: 1) тип зимы для прибрежных ГМС (суровая, умеренная, мягкая); 2) значение и дата минимальной температуры воздуха для прибрежных ГМС за зимний сезон; 3) среднее значение ледовитости Азовского моря за сезон, %; 4) начало, конец (даты) и продолжительность ледостава для каждого пункта наблюдений в отдельности (дни). Использованы данные, рассчитанные и обобщённые для Азовского моря в целом и двум прибрежным ГМС Таганрог и Керчь отдельно. Выбор этих ГМС обусловлен их географическим положением – пункты расположены в разных районах Азовского моря и имеют отличные условия лёдообразования, также для этих ГМС накоплен наиболее полный архив наблюдений.

Классификация проводилась путём 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. Позже им были присвоены баллы: «1» для положительной аномалии; «0» для значений, находящихся в пределах нормы; «-1» для отрицательной аномалии.

Вычисление классов последовательно:

1. Перевод всех показателей в формате даты (ДЕНЬ/МЕСЯЦ/ГОД) относительные единицы. Для этого каждому месяцу присваивается свой порядковый номер: 1 – ноябрь; 2 – декабрь; 3 – январь; 4 – февраль; 5 – март

Рис. 1. Ледовые условия в Азовском и Чёрном морях:
а – в суровую зиму 1953/54 гг.; б – в мягкую зиму 2008/09 гг. 1 – лёд, 2 – чистая вода

Для удобства и быстроты расчетов использовалась следующая формула:

$$0.01 \times Y + X = Z$$

где X – порядковый номер месяца,

Y – день,

Z – дата, в формате относительных единиц.

Пример расчета для даты 11. 01.1950 г.: $0.01 \times 11 + 3 = 3.11$

2.Вычисление среднего, минимального и максимального значений для всех параметров.

3.Расчеты предельных значений каждого параметра:

$$\min - \text{avr} = X1; \quad -59.1 - 0.28 = -59.35$$

$$\max - \text{avr} = X2; \quad 31.52 - 0.28 = 31.22$$

$$X1/3 = Y1; \quad -59.35/3 = -19.78;$$

$$X2/3 = Y2; \quad 31.22/3 = 10.4;$$

$$Y1 + \text{avr} = \text{минимальный порог}; \quad -19.78 + 0.29 = -19.49;$$

$$Y2 + \text{avr} = \text{максимальный порог}; \quad 10.4 + 0.29 = 10.69,$$

где $\min$ – минимальное значение показателя;

$\max$ – максимальное значение показателя;

avr – «норма» или среднее значение показателя;

$X1, X2$ – предельное отклонение от «нормы» в большую и меньшую стороны;

$Y1, Y2$ – переменные, характеризующие соответствующие положительные или отрицательные аномалии показателя;

$Z1, Z2$ – предельные значения, характеризующие положительные или отрицательные аномалии.

4.На следующем этапе, всем значениям показателей были присвоены баллы, в соответствии с их аномалиями:

– «1» для положительной аномалии;

– «0» для значений, находящихся в пределах нормы;

– «-1» для отрицательной аномалии.

Присвоение результирующего класса осуществлялось по суммарному числу баллов (максимум семь). В некоторых случаях при выделении итоговых классов суммарный показатель зимних периодов находился в пределах пограничных значений, что затрудняло присвоение конкретного класса. В таких

случаях дополнительно рассматривались данные о типе зимы в Азовском море.

С 1950 по 2015 г. в ГМС Таганрог отмечается девять суровых зимних периодов, умеренных – 43 и мягких – 14, в ГМС Керчь – соответственно 10,

40 и 16 (рис. 2). Каждый тип характеризуется определённым сочетанием метеорологических условий. Пороговые значения параметров представлены в табл. 4.

Рис. 2 Классификация зимних периодов по ледовым характеристикам для Азовского моря за период с 1950 по 2015 г.: а – сумма среднемесячных температур воздуха (°C) за зимний период; б – минимальная температура воздуха (°C), отмеченная в зимний сезон (декабрь-март); в – дата минимальной температуры воздуха, отмеченной за зимний сезон (декабрь-март), дата; г – продолжительность ледового периода, дата; д – класс зимнего периода; 1 – линия тренда, 2 – максимальные и минимальные значения параметров, 3 – суровый, умеренный, мягкий.

Класс «-1» – суровые зимние периоды. Минимальные среднесуточные температуры воздуха, отмеченные в эти периоды, достигают $-29,5^{\circ}\text{C}$ для ГМС Таганрог и $-19,3^{\circ}\text{C}$ для ГМС Керчь. Суммы среднемесячных температур воздуха за зимний период изменяются от $-5,9$ до $-35,8^{\circ}\text{C}$ для ГМС Таганрог, от $1,7$ до $-19,3^{\circ}\text{C}$ для ГМС Керчь. Среднее значение ледовитости за сезон составляет 52 %, при этом значительна продолжительность ледостава – до 166 дней (среднегодовое значение 115 дней) для ГМС Таганрог и до 133 дней (среднегодовое значение 63) для ГМС Керчь.

Класс «0» – умеренные зимние периоды. Все показатели ледового режима Азовского моря изменяются в пределах среднегодовых значений. Суммы среднемесячных температур воздуха для ГМС Таганрог составляют от $-22,0$ до $3,9^{\circ}\text{C}$. В ГМС Керчь сумма среднемесячных температур воздуха в основном положительна и варьирует от $-1,0$ до $14,4^{\circ}\text{C}$. Минимальные среднесуточные температуры воздуха, характерные для данного класса, не опускаются ниже $-28,4^{\circ}\text{C}$ для ГМС Таганрог и $-20,8^{\circ}\text{C}$ для ГМС Керчь. Ледовитость Азовского моря составляет 35–60 %. Продолжительность ледостава в этот период составляет 81–148 дней для ГМС Таганрог и 9–118 дней для ГМС Керчь.

Класс «1» – мягкие зимние периоды. Главная особенность данного класса состоит в том, что для него характерен непродолжительный ледостав: от 36

до 105 дней для ГМС Таганрог и 3–95 дней для ГМС Керчь. Значения самых низких температур воздуха составляют $-22,6^{\circ}\text{C}$ для ГМС Таганрог и $-14,3^{\circ}\text{C}$ для ГМС Керчь, но сумма среднемесячных температур воздуха при этом часто положительная: за десять мягких зимних периодов отрицательная сумма температур отмечена для четырех зимних периодов на ГМС Таганрог и не отмечена совсем на ГМС Керчь. Суммы среднемесячных температур варьируют от $-6,4$ до 9°C для ГМС Таганрог и от $2,7$ до $21,4^{\circ}\text{C}$ для ГМС Керчь. Ледовитость Азовского моря составляет 20–40 %.

За исследуемый период (1950–2015 гг.) в целом в Азовском море преобладают умеренные зимние периоды (65 % для ГМС Таганрог и 61 % для ГМС Керчь), которые сменяются мягкими периодами (21 % для ГМС Таганрог и 24 % для ГМС Керчь), реже суровыми (14 % для ГМС Таганрог и 15 % для ГМС Керчь). Таким образом, для всех рассмотренных параметров ледового режима характерны существенные изменения за более чем пятидесятилетний период. Преобладание мягких зим в регионе и, как следствие, сокращение продолжительности ледостава, площади акватории, занятой льдом, в том числе припайным, – все эти факторы позволяют сделать вывод о некотором потеплении в регионе и смягчении ледовых условий моря особенно за последние десятилетия.

Список литературы:

1. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР: Т. 3. Азовское море. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 218 с.
2. Яицкая Н. А., Магаева А. А. Динамика ледового режима Азовского моря в XX–XXI вв // *Лёд и Снег*. – 2018. – Т. 58. – №. 3. – С. 373–386.
3. 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.
4. Букатов А.Е., Павленко Е.А. Анализ связи климатической изменчивости метеорологических характеристик и ледового режима Азовского моря с индексами атмосферной циркуляции // *Физические проблемы экологии*. 2012. Т.18. С. 48–72.
5. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. VI Каспийское море. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1992. 360 с.
6. Магаева А.А., Яицкая Н.А. Классификация зимних периодов в зависимости от ледовых условий в Азовском море // *Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Теория и практика современных географических исследований»*, посвященной 220-летию выдающегося русского мореплавателя, географа, вице-председателя Русского географического общества Ф.П. Литке в рамках XIII Большого географического фестиваля. – СПб: Свое издательство, 2017. [Электронное издание]. С. 84–87.
7. Магаева А.А., Яицкая Н.А. Классификация зимних периодов в зависимости от ледовых условий в Азовском море // *Материалы междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Теория и практика современных географических исследований»*, посвященной 220-летию выдающегося русского мореплавателя, географа, вице-председателя Русского географического общества Ф.П. Литке в рамках XIII Большого географического фестиваля. – СПб: Свое издательство, 2017. [Электронное издание]. С. 84–87.

CLASSIFICATION OF WINTER OF THE SEA OF AZOV

A.A. Magaeva¹, N.A. Yaitskaya^{1,2}

¹Federal Research Center Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don

²Sochi Research Center of the Russian Academy of Sciences, Sochi

Abstract. The approach to the new classification of winters of the Sea of Azov for the period 1950–2015, which combined of all ice regime parameters and typification winters in terms of severity, presents in article. The type of severity temperature conditions of winter season for weather stations Taganrog and Kerch, minimal temperature for winter season for this weather stations, average value of the sea ice cover area, dates of the beginning and the ending of ice period were including to classification. The classification was carried out by calculating deviations from the mean annual values of each parameter. The largest deviations both towards the maximum and towards the minimum values were divided into three equal parts, which determine the positive and negative anomalies, as well as the values within the normal range. They were later assigned points: “1” for a positive anomaly; “0” for values within the normal range; “–1” for a negative anomaly. As a result, the classification shows that the moderate winter periods are prevalence. For period 1950–2015 allocated of 9 severe winter period, 43 moderate and 14 soft winter periods for weather station Taganrog and 10 severe winter period, 40 moderate and 16 soft winter periods for weather station Kerch.

Keywords: classification of winter periods, ice conditions, the Sea of Azov, winters typification.

Reference:

1. Gidrometeorologicheskie usloviya shel'fovoj zony morej SSSR T. 3 / Azovskoe more. [Hydrometeorological conditions of the shelf zone of the seas of the USSR T. 3 / Sea of Azov.] // L.: Gidrometeoizdat, 1986. – 218 p. (in Russian).
2. Yaitskaya N.A., Magaeva A.A. Dynamics of the ice regime of the Sea of Azov in the XX–XXI centuries. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2018. 58 (3): 373–386. (In Russian). doi: 10.15356/2076–6734-2018–3-373–386.
3. D'yakov N.N., Timoshenko T.YU., Belogudov A.A. Change in the ice conditions of the Azov-Black Sea basin. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon morya* 2014. Ecological safety of the coastal and offshore zones of the sea 2014. 28:122–137. (In Russian).
4. Bukatov A.E., Pavlenko E.A. Analysis of the relationship between the climatic variability of meteorological characteristics and the ice regime of the Sea of Azov with atmospheric circulation indices. *Fizicheskie problemy ehkologii*. Physical problems of ecology. 2012, 18:48–72. (In Russian).
5. Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morej. T. VI Kaspijskoe more. Vypusk 1. Gidrometeorologicheskie usloviya. [Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas. T. VI. The Caspian Sea. Issue 1. Hydrometeorological conditions]. SPb.: Gidrometeoizdat, 1992. 360 p. (In Russian).
6. Magaeva A.A., Yaitskaya N.A. Winters typification in the region of the Sea of Azov by the severity index. *Ekologiya. Ekonomika. Informatika*. Azovskoe more, Kerchenskij proliv i predprolivnye zony v Chernom more: problemy upravleniya pribrezhnyimi territoriyami dlya obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti i racional'nogo prirodopol'zovaniya: sbornik materialov III Vserossijskoj konferencii. Ecology. Economy. Informatics. The Sea of Azov, the Kerch Strait and near-strait zones in the Black Sea: the problems of management of coastal territories to ensure ecological safety and sustainable nature exploitation. Rostov-on-Don: Publishing house of Southern Federal University, 2016: 240–248. (In Russian).
7. Magaeva A.A., Yaitskaya N.A. Classification of winter period depending on ice conditions in the Sea of Azov. *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh «Teoriya i praktika sovremennyh geograficheskikh issledovanij», posvyashchennoj 220-letiyu vydayushchegosya russkogo moreplavatelya, geografa, vice-predsedatelya Russkogo geograficheskogo obshchestva F.P. Litke v ramkah XIII Bol'shogo geograficheskogo festivalya*. [Materials of the international scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists «Theory and practice of modern geographical research», dedicated to the 220th anniversary of the outstanding Russian navigator, geographer, vice-chairman of the Russian Geographical Society F.P. Litke as part of the 13th Great Geographic Festival.] SPb: Its publishing house, 2017. [Electronic edition]: 84–87. (In Russian).