УДК 551.467 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-20-31

И.В. Еременко[1], Д.В. Дорофеева[2], В.А. Романюк[3], В.М. Пищальник[4]

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕДОВИТОСТИ ТАТАРСКОГО ПРОЛИВА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

АННОТАЦИЯ

По данным спутниковых наблюдений выполнено исследование изменчивости ледового режима Татарского пролива в целом и в его отдельных ледовых зонах за период времени с 1979 по 2016 г. Установлена тенденция снижения площади ледяного покрова как во всём проливе (на 10 %), так и в отдельных его зонах (до 5 %). Максимальная ледовитость наблюдалась в 1985 г., а самый малоледовитый ледовый сезон отмечался в 1991 г. В годовом ходе максимум ледовитости в Татарском проливе отмечается в феврале (48 %). За период исследований средняя продолжительность ледового сезона сократилась на 43 сут. Основной областью генерации льда в проливе является его северная ледовая зона, которая и отражает общую динамику ледовитости пролива. Из-за активного разрушения льда в струе Цусимского течения площадь ледяного покрова в зоне Т-3 минимальна. Анализ аномалий ледовитости относительно климатической нормы 1981–2010 гг. позволил выделить периоды преобладания их положительных (с 1979 по 2002 г.) и отрицательных (с 2003 по 2015 г.) значений. Согласно выполненной типизации зим по суровости ледовых условий преобладающими типами являются умеренные, а совпадения типов зим во всех ледовых зонах одновременно происходят только в 24 % случаев. Тип зимы в юго-западной и северной ледовых зонах в большинстве случаев определяет суровость зимы во всем проливе. За последнее десятилетие тип зимы «экстремально суровая» не прекратил свое существование, однако повторяемость таких зим заметно сократилась.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Татарский пролив, ледовитость, ледовый режим, типизация зим, аномалии ледовитости

ВВЕДЕНИЕ

Татарский пролив является важным районом рыболовного промысла, а также транспортной артерией, соединяющей о. Сахалин с материком. В проливе осуществляется круглогодичное судоходство на трассах из порта Ванино в порты западного побережья Сахалина, Приморья и Японии, а также транспортировка нефти из порта Де-Кастри в страны юго-восточной Азии. На акватории пролива имеются разведанные и перспективные месторождения нефти и газа.

В зимний период, помимо погодных условий, на безопасность выполнения морских операций влияет наличие ледяного покрова. Условия формирования льда в Японском море, расположенного на границе между материком и Тихим океаном зависят от специфики атмосферной циркуляции и морских течений. Основная масса льда Японского моря (90-95%) ге-

[1] ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет», 693000, Россия, Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290; *e-mail:* irinkaeremenko@ya.ru
[2] ООО «РН-СахалинНИПИморнефть», 693000, Россия, Южно-Сахалинск, ул. Амурская, 53; *e-mail:* x-397-y@mail.ru
[3] ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет», 693000, Россия, Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290; *e-mail:* kunashir18@rambler.ru
[4] ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет», 693000, Россия, Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290; *e-mail:* vpishchalnik@rambler.ru

нерируется в Татарском проливе [Якунин и др., 2003]. Ледовый сезон длится с декабря по апрель, и только в отдельные годы небольшие скопления льда сохраняются до начала мая. Небольшая площадь пролива (107.5 тыс. км^2 [Якунин и др., 2003], его специфические физико-географические условия обусловливают характерные особенности формирования, трансформации и разрушения ледяного покрова. Преобладание ветров северных румбов над акваторией пролива обусловливает постоянный дрейф льда в южном и юго-западном направлениях, в результате чего происходит увеличение его толщины по мере продвижения на юг. Существенное влияние на разрушение ледяного покрова в южной части пролива оказывает отепляющее действие Цусимского течения [Якунин и др., 2003].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В настоящее время основным источником получения информации о состоянии ледяного покрова служат данные дистанционного зондирования Земли. Важным преимуществом спутниковых съёмок является регулярность получения информации в реальном режиме времени.

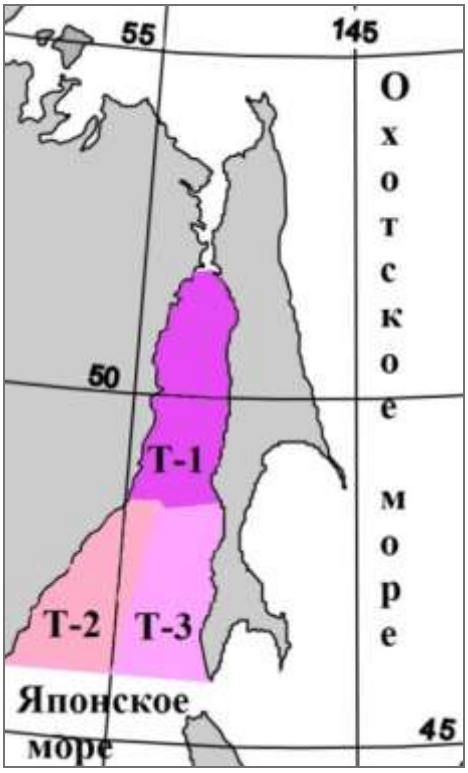

Рисунок 1. *Схема районирования Татарского пролива*
Figure 1. *Scheme of regionalization of the Tatar Strait*

Расчёт площади ледяного покрова производился на основе пентадных (раз в пять дней) цветокодированных карт-схем ледовых условий, представляемых Японским метеорологическим агентством [http://www.data.jma.go.jp], при помощи программного комплекса «ЛЁД», который был разработан в 2015 г. в Сахалинском государственном университете [свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015660472 «Программный комплекс для расчёта площади ледяного покрова в Охотском и Японском морях по данным ДЗЗ ХПК «ЛЁД». Авторы: *Пищальник В.М., Бобков А.О., Романюк В.А.* Дата гос. регистрации в Росреестре программ для ЭВМ 01 октября 2015 г.]. Вычисление ледовитости (отноше-

ние площади, занятой льдом, к общей площади Татарского прол. в процентах) производилось путём усреднения её среднемесячных значений за ледовый сезон с декабря по апрель для всей акватории пролива и его ледовых зон (рисунок 1): северной Т-1 (42.4 км^2), юго-западной Т-2 (34.4 км^2) и юго-восточной Т-3 (30.7 тыс. км^2) [Минервин др., 2015]. На основе полученных данных были рассчитаны аномалии ледовитости относительно оперативной климатической нормы 1981-2010 гг. Анализ аномалий ледовитости проводился методом интегральных кривых, позволяющих выявить характерные закономерности её многолетней изменчивости [Гирс и др., 1978].

Классификация типов зим по суровости ледовых условий в выделенных ледовых зонах осуществлялась по значениям ледовитости на основе количественного критерия 0.8 σ, широко применяемого при оценке достоверности и эффективности долгосрочных гидрометеорологических прогнозов. Согласно разработанным критериям [Спичкин, 1987] значение 1.2 σ служит границей крупной положительной или отрицательной аномалии. В итоге с использованием диапазона 0.8 σ было выделено пять типов зим: экстремально суровая (≥1.2 σ), суровая, (от > 0.4 σ до <1.2 σ) умеренная (от 0.4 σ до -0.4 σ), мягкая (от <-0.4 σ до<-1.2 σ) и экстремально мягкая(≤-1.2 σ).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что ледовитость Татарского прол. в целом уменьшилась на 10 % за период с 1979 по 2016 г. В выделенных зонах Татарского пролива также было зафиксировано общее снижение ледовитости: в северной величина её изменилась на 4 %, в юго-западной зоне – на 5 %, а в юго-восточной – менее чем на 1 % (рисунок 2).

Максимальные значения сезонной ледовитости зафиксированы в 1979 (40 %), 1985 (49 %) и 2001 гг. (38 %), минимальные – в 1991 (14 %), в 1981 и 2011 гг. по 22 % соответственно и в 2015 г. (20 %). Во всех ледовых зонах так же, как и в акватории пролива, максимальная ледовитость наблюдалась в 1985 г., а самый малоледовитый ледовый сезон (характерной особенностью которого явилось полное отсутствие ледяного покрова в южной части пролива) отмечался в 1991 г.

Такое перераспределение льда в массиве, по-видимому, можно объяснить смещением Охотского тропосферного циклона к северной части Татарского прол., что и обусловило высокую интенсивность поступления тепла на его акваторию [Цыпышева и др., 2016]. В годовом ходе максимум ледовитости в Татарском прол. отмечается в феврале (48%). В декабре её среднемесячные значения достигают 16%, в январе – 42%, в марте – 36%, а в апреле на стадии окончательного разрушения массива льда – 5%. Формирование ледяного покрова в проливе начинается с зоны Т-1 и приходится на заключительную декаду ноября. Дальнейшее образование льда отмечается в зоне Т-2 (третья декада декабря) и в последнюю очередь в зоне Т-3 (преимущественно в январе). Окончательное разрушение массива льда происходит в зоне Т-1 в конце апреля – начале мая (таблица 1).

Средняя продолжительность ледового сезона в Татарском проливе составляет 147 суток, что на 43 сут. меньше величины, установленной по средним многолетним данным с 1950 по 1992 г. [Якунин и др., 2003]. Наиболее продолжительный ледовый сезон отмечался в 1999 г. в зоне Т-1(181 сут.), в среднем же величина его для этой акватории составляет 149 сут. Самый непродолжительный сезон был зафиксирован в 1996 г. в зоне Т-3 и длился всего 33 сут. (среднее значение в этой зоне составляет 80 сут.) (таблица 1).

Для выявления степени взаимосвязи ледовитости всего Татарского пролива и его отдельных ледовых зон был выполнен корреляционный анализ (таблица 2). Наибольшие значения коэффициентов корреляции при 95% уровне значимости отмечаются между Татарским прол. в целом и его северной и юго-западной ледовыми зонами (0.90 и 0.91 соответственно). Минимальная взаимосвязь (0,55) отмечена для зон Т-3 и Т-1.

Основной областью генерации льда в проливе является его северная зона, которая и отражает общую динамику ледовитости пролива. Из-за активного разрушения льда в струе Цусимского течения площадь ледяного покрова в зоне Т-3 минимальна (в среднем за период наблюдений 0.9 тыс. км^2). По указанной выше причине в этой ледовой зоне отмечаются самые поздние сроки формирования льда и самые ранние сроки его разрушения. Следовательно, явные различия ледового режима, расположенные на одной широте юго-восточной и северо-западной ледовых зон, обусловлены прежде всего значительными различиями их температурного режима [Минервин и др., 2015].

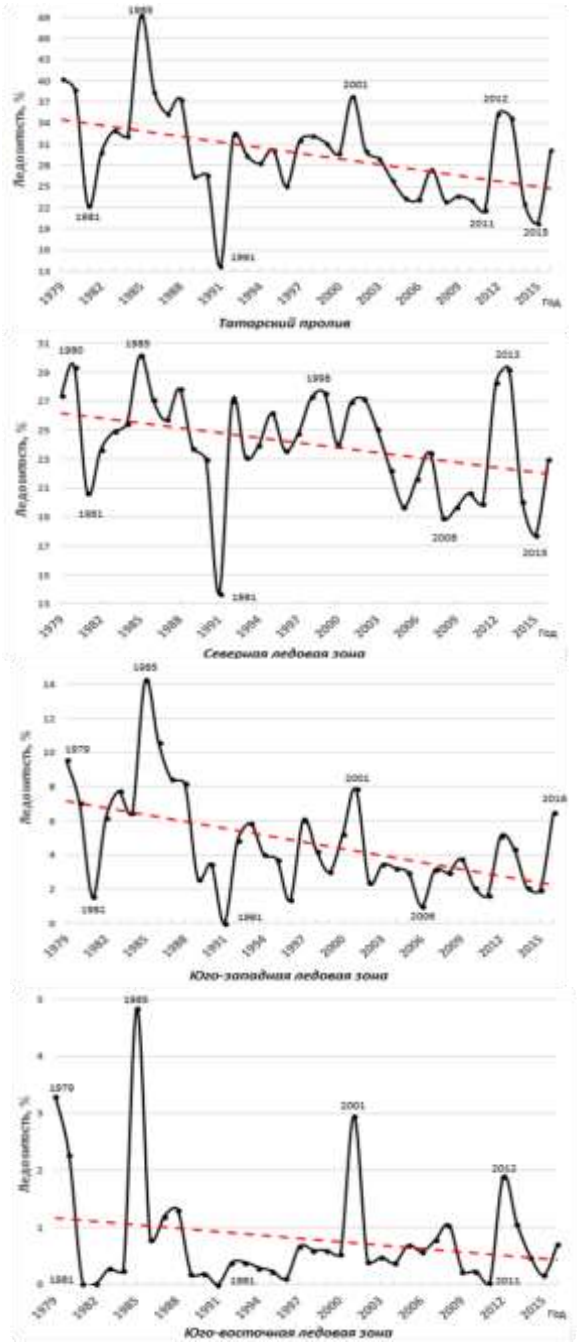

Рисунок 2. *Многолетние изменения ледовитости в Татарском проливе и в его отдельных ледовых зонах.*
Значимые на 95% уровне линейные тренды обозначены пунктирной линией
Figure 2. *Long-term changes in ice cover in the Tatar Strait and in its separate ice zones. Significant at 95% level, linear trends are indicated by dashed line*

Таблица 1. *Фазы развития ледяного покрова и продолжительность ледового сезона в выделенных зонах Татарского пролива*
Table 1. *The phases of the development of the ice cover and the duration of the ice season in the designated areas of the Tatar Strait*

Первое появление льда							
	ЭС*	С	У	М	ЭМ	Самое раннее	Самое позднее
Пролив	24.11	23.11	28.11	21.11	30.11	07.11.2016 г.	12.12.1997 г.
Т-1	22.11	24.11	29.11	20.11	30.11	07.11.2016 г.	12.12.1997 г.
Т-2	18.12	29.12	27.12	26.12	–	07.12.2004 г.	17.01.1996 г.
Т-3	26.12	25.12	06.01	20.01	–	13.12.2005 г.	28.02.1996 г.
Продолжительность ледового сезона (сут.)							
	ЭС	С	У	М	ЭМ	Мин.	Макс.
Пролив	158	157	143	142	134	108 (2002 г.)	181 (1999 г)
Т-1	166	148	144	143	142	108 (2002 г.)	181 (1999 г)
Т-2	109	96	90	94	0	69 (1996 г.)	116 (2004 г.)
Т-3	96	100	75	50	0	33 (1996 г.)	123 (2012 г.)
Очищение акватории							
	ЭС	С	У	М	ЭМ	Самое раннее	Самое позднее
Пролив	01.05	04.05	22.04	20.04	13.04	01.03.2002 г.	22.05.1999 г.
Т-1	07.05	27.04	22.04	20.04	21.04	01.03.2002 г.	22.05.1999 г.
Т-2	06.04	04.04	27.03	30.03	–	09.03.1989 г.	18.04.1988 г.
Т-3	01.04	04.04	22.03	11.04	–	10.02.2015 г.	17.04.1981 г.
**) здесь и далее в таблицах и на рисунках типы зим: ЭС – экстремально суровая, С – суровая, У – умеренная, М – мягкая, ЭМ – экстремально мягкая*							

Таблица 2. *Коэффициенты корреляции ледовитости ледовых зон со всей акваторией Татарского пролива*
Table 2. *Correlation coefficients of ice cover of ice zones with the entire water area of the Tatar Strait*

Акватория	Пролив	Т-1	Т-2	Т-3
Пролив	1			
Т-1	0,91	1		
Т-2	0,90	0,66	1	
Т-3	0,77	0,55	0,72	1

На графиках аномалий ледовитости для всего Татарского прол. и его северной зоны (рисунок 3) отчётливо выделяются периоды преобладания положительных (с 1979 по 2002 г.) и отрицательных (с 2003 по 2015 гг.) её значений. Существенные различия в распределении аномалий ледовитости характерны для юго-западной зоны, здесь положительные аномалии преобладают с 1979 по 1988 г., а отрицательные – с 1989 по 2015 г.

В юго-восточной ледовой зоне за весь исследуемый период отмечено преобладание отрицательных аномалий ледовитости с проявлением в отдельные годы их положительных значений. Наглядное представление о пространственно-временном распределении типов зим в выделенных зонах даёт анализ календаря межгодовых колебаний ледовитости (таблица 3). Ледовые условия в различных зонах Татарского пролива имеют существенные различия. Совпадение типов зим во всех зонах происходит относительно редко и наблюдалось 9 раз за 38 лет наблюдений (24 %). В большинстве случае совпадение наблюдается для умеренных (1993, 1997, 2000, 2003 гг.) и мягких (1981, 2010, 2011 гг.) типов зим. В отдельных случаях оно происходит в суровые (1988 г.) и экстремально суровые (1985 г.) зимы.

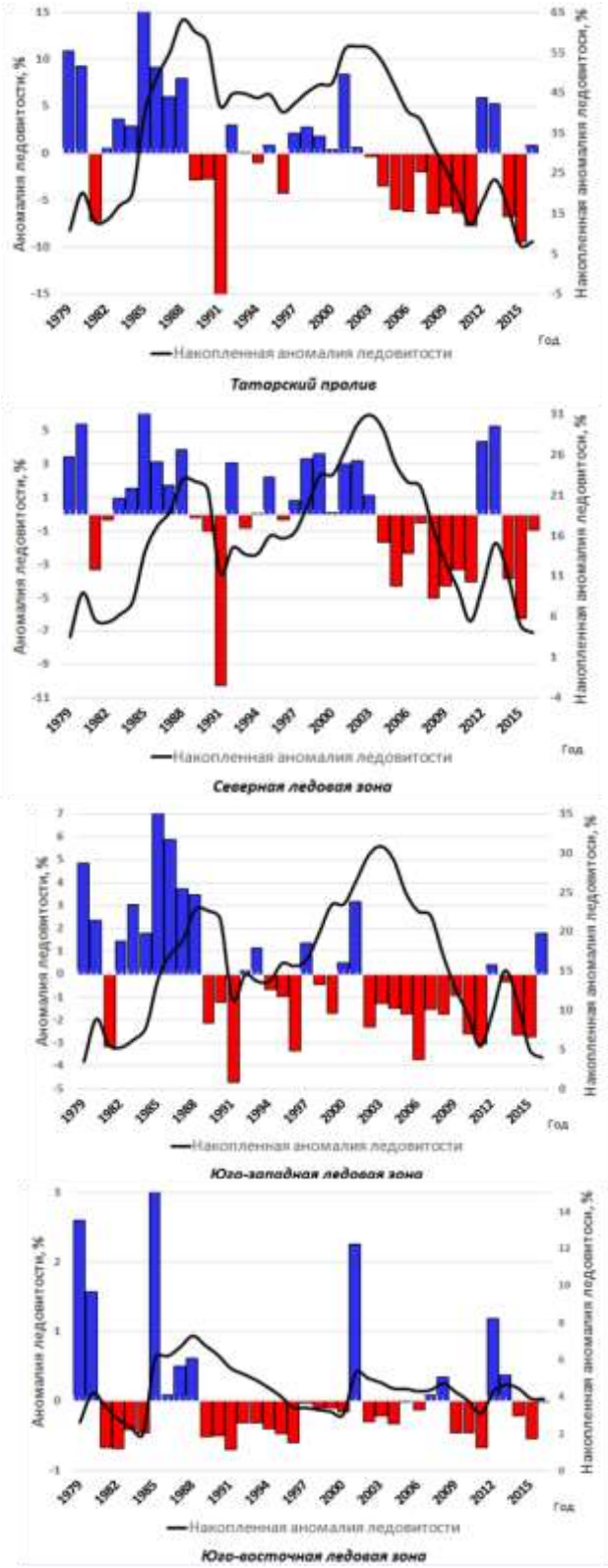

Рисунок 3. *Изменение аномалий ледовитости Татарского пролива и его ледовых зон, рассчитанных относительно оперативной климатической нормы 1981–2010 гг.*
Figure 3. *Change in the anomalies in the ice cover of the Tatar Strait and its ice zones, calculated with respect to the operational climate norm of 1981–2010*

Таблица 3. *Характеристика типов зим по суровости ледовых условий*)*
(средняя ледовитость за сезон, %)
Table 3. *Characteristics of the types of winters due to the severity of ice conditions*)*
*(average ice cover for the season,in per cent**)*

Годы	***Пролив в целом***	***Т-1***	***Т-2***	***Т-3***
1979	33,6	22,9	8,0	2,8
1980	32,3	24,5	5,9	1,9
1981	18,5	17,2	1,3	0,0
1982	24,9	19,7	5,1	0,0
1983	27,5	20,8	6,5	0,2
1984	26,9	21,3	5,4	0,2
1985	41,1	25,2	11,9	4,0
1986	32,1	22,6	8,8	0,7
1987	29,5	21,5	7,0	1,0
1988	31,1	23,2	6,8	1,1
1989	22,1	19,8	2,1	0,1
1990	22,2	19,2	2,9	0,2
1991	11,4	11,4	0,0	0,0
1992	26,9	22,6	4,1	0,3
1993	24,5	19,3	4,9	0,3
1994	23,6	20,0	3,3	0,2
1995	25,2	21,9	3,1	0,2
1996	20,9	19,7	1,1	0,1
1997	26,3	20,7	5,1	0,6
1998	26,8	22,8	3,5	0,5
1999	26,0	23,0	2,5	0,5
2000	24,8	20,1	4,3	0,4
2001	31,5	22,5	6,6	2,5
2002	25,0	22,7	2,0	0,3
2003	24,2	20,9	2,9	0,4
2004	21,6	18,6	2,7	0,3
2005	19,5	16,5	2,5	0,6
2006	19,4	18,1	0,8	0,5
2007	22,8	19,6	2,6	0,6
2008	19,1	15,8	2,5	0,9
2009	19,7	16,4	3,1	0,2
2010	19,2	17,3	1,7	0,2
2011	18,0	16,6	1,4	0,0
2012	29,4	23,6	4,3	1,6
2013	28,9	24,4	3,6	0,9
2014	18,9	16,8	1,7	0,4
2015	16,6	14,8	1,6	0,1
2016	25,2	19,2	5,4	0,6

**) – экстремально суровая, – суровая, – умеренная, – мягкая, – экстремально мягкая зима*

***) – extremely severe, – severe, – moderate, – soft, – extremely soft winter*

В сформированном ряду ледовитости пролива с 1979 по 2016 г. максимальная повторяемость суровых и экстремально суровых зим наблюдалась в период резкого повышения ледовитости в 1979-1988 гг. и в последующий период повышенной ледовитости 1997-2003 гг. преимущественно для северной ледовой зоны. Повторяемость мягких и экстремально мягких типов зим колебалась от 29 до 40 %, при этом установлено, что преобладание данного типа зим приходится на период понижения тенденции ледовитости (с 2004 по 2011 г.).

Необходимо отметить, что особенность, установленная для Охотского моря в работе [Пищальник и др., 2016] с выделением экстремально мягких зим как самостоятельного типа только с 1991 г., присуща и ледовому режиму Татарского прол. Кроме того, в отдельные годы в различных зонах пролива здесь также можно наблюдать одновременно все основные типы зим (кроме экстремальных), примером являются ледовые сезоны 1982, 1983, 1984, 1999 и 2002 гг.

Анализ типов зим по суровости ледовых условий (таблица 4) позволяет заключить, что с 1979 по 2016 г. типы зим в акватории Татарского прол. в целом распределились следующим образом: экстремально суровые – 5 %, суровые – 18 %, умеренные – 45 %, мягкие –11 % и экстремально мягкие – 3 %.

Таблица 4. *Типизация зим по суровости ледовых условий в Татарском проливе*
Table 4. *Types of winters by severity of ice conditions in the Tatar Strait*

Тип зимы	**Годы**
Экстремально суровый	1979, 1985
Суровый	1980, 1986, 1987, 1988, 2001, 2012, 2013
Умеренный	1982, 1983, 1984, 1989, 1990, 1992, 1993, 1994, 1995, 1997, 1998, 1999, 2000, 2002, 2003, 2007, 2016
Мягкий	1981, 1996, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011, 2014, 2015
Экстремально мягкий	1991

Одной из особенностей в распределении типов зим по суровости ледовых условий в различных зонах Татарского пролива является отсутствие в зоне Т-3 экстремально мягких зим. Это связано с тем, что она является самой малоледовитой, значение её средней ледовитости не превышает 0.9 тыс. км^2 и границы интервала ледовитости для экстремально мягкого типа зим выходят за пределы возможных значений. В целом здесь преобладают умеренные типы зим (47 %), а мягкие типы составляют 37 %.

Ледовая зона Т-1 отличается максимальной суровостью, среди других зим в этой акватории на суровый тип приходится 37 %, что в сочетании с минимальным количеством (29 %) мягких и экстремально мягких типов зим и прочих равных условиях делает её самой ледовитой зоной Татарского прол. Особенности распределения типов зим в выделенных акваториях наглядно представлены на диаграммах (рисунок 4). При этом в отличие от акватории Охотского моря [Пищальник и др., 2016] за последнее десятилетие в Татарском проливе тип зимы «экстремально суровая» не прекратил своё существование, однако повторяемость таких зим заметно сократилась.

Наибольшее совпадение типов зим отмечено в проливе в целом и в его юго-западной (84%) и северной (79%) ледовых зонах (таблица 5). Для всего Татарского пролива и его юго-восточной ледовой зоны процент совпадений типов зим заметно ниже (68%), а наименьшее совпадение наблюдалось между северной и юго-восточной зонами (58%).

Другими словами, тип зимы в юго-западной и северной ледовых зонах в большинстве случаев определяет суровость зимы во всём проливе, что подтверждают данные корреляционной матрицы ледовитости исследуемых ледовых зон (таблица 2). Таким образом, площадь ледяного покрова во всём проливе не всегда служит репрезентативным показателем суровости типа зимы в составляющих его ледовых зонах.

Этот вывод особенно важно учитывать при оперативном обслуживании ледовой информацией судов, участвующих в зимней навигации и при разработке ледовых прогнозов. Выявленную особенность необходимо учесть при планировании дальнейших исследований: во-первых, нужно повысить точность вычисления площади льда путем учёта его сплочённости в массиве; во-вторых, решать вопрос о выборе дополнительного критерия для повышения надёжности определения типа зимы.

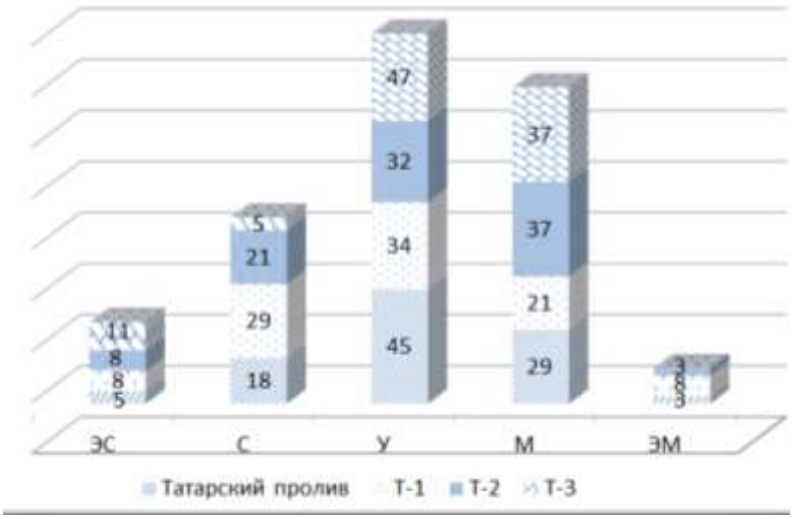

Рисунок 4. *Повторяемость типов зим в выделенных зонах Татарского пролива*
Figure 4. *Repeatability of types of winters in the selected areas of the Tatar Strait*

Таблица 5. *Повторяемость совпадений типов зим (%) между отдельными зонами Татарского пролива за период 1979-2016 гг.*
Table 5. *Repeated coincidences of winter types (in per cent) between individual zones of the Tatar Strait for the period of 1979-2016*

Акватория	**Пролив**	**Т-1**	**Т-2**	**Т-3**
Пролив	100			
Т-1	79	100		
Т-1	84	63	100	
Т-1	68	58	61	100

ВЫВОДЫ

1. В период с 1979 по 2016 г. ледовитость Татарского пролива сократилась на 10%. В северной ледовой зоне величина её изменилась на 4%, в юго-западной зоне – на 5%, а в юго-восточной – менее чем на 1%.

2. Средняя продолжительность ледового сезона за исследуемый период в Татарском проливе составила 147 сут., что на 43 сут. меньше относительно расчётной величины

для климатической нормы 1961–1990 гг. Наиболее продолжительный ледовый сезон (181 сут.) был отмечен в северной ледовой зоне, а самый минимальный (33 сут.) – в юго-восточной.

3. Анализ аномалий ледовитости Татарского прол. в целом и его северной зоны относительно оперативной климатической нормы 1981–2010 гг. выявил продолжительные периоды преобладания положительных аномалий с 1979 по 2002 г. и отрицательных – с 2003 по 2015 г. Коэффициент корреляции ледовитости в этих зонах равен 0.91. В юго-западной зоне преобладание положительных аномалий отмечено с 1979 по 1988 г., отрицательных – с 1989 по 2015 г. В юго-восточной зоне за весь исследуемый период преобладали отрицательные аномалии ледовитости.

4. Результаты анализа типизации зим по суровости ледовых условий показали, что умеренные зимы являются преобладающими в проливе. Характер развития ледовых условий в границах исследуемых ледовых зон в течение одного ледового сезона может существенно различаться. Совпадение суровости ледовых условий во всех ледовых зонах одновременно происходит редко и отмечается в 24 % случаев.

5. Существенные различия ледового режима в выделенных ледовых зонах и на акватории Татарского прол. в целом, современный уровень знаний и объём накопленной исторической информации позволяют заключить, что, опираясь на данные ДЗЗ, дальнейшее направление исследований ледового режима и разработку прогнозов целесообразно выполнять с учётом районирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гирс А.А., Кондратович К.В.* Методы долгосрочных прогнозов погоды. – Л.: ГМИ, 1978. – 344 с.
2. Границы океанов и морей. – № 9031б, СПб: GUNiO МО, 2000, С. 127–137.
3. *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. – Т. 85. – № 1. – С. 24–32.
4. *Пищальник В.М. , Романюк В.А., Минервин И.Г., Батухтина А.А.* Анализ динамики аномалий ледовитости Охотского моря в период с 1882 по 2015 гг. // Изв. ТИНРО. – 2016. – Т. 185. – С. 228–239.
5. *Плотников В.В. Якунин Л.П., Петров В.А.* Ледовые условия и методы их прогнозирования // Проект «Моря». Гидрология и гидрохимия морей. Том IX. Охотское море. – Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1998. – С. 291–340.
6. *Спичкин В.А.* Определение критерия крупной аномалии // Тр. ААНИИ. – 1987. – Т 402. – С. 15–20.
7. *Цыпышева И.Л., Муктепавел Л.С., Цициашвили Г.Ш. , Шатилина Т.А., Радченкова Т.В.* Особенности изменчивости ледовитости в Татарском проливе (Японское море) в связи с региональной атмосферной циркуляцией // Изв. ТИНРО. – 2016. – Т. 184. – С. 135–149.
8. *Якунин Л.П., Плотников В.В., Петров А.Г.* Ледовые условия // Проект «Моря». Гидрология и гидрохимия морей. – Т. VIII. Японское море. – Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2003. – С. 347–394.

Irina V. Eremenko[1], **Daria V. Dorofeeva**[2], **Valeriy A. Romanyuk**[3], **Vladimir M. Pishchal'nik**[4]

RESEARCH OF CHANGES IN THE ICE COVER OF THE TATAR STRAIT BASED ON DATA OF REMOTE SENSING OF THE EARTH

ABSTRACT

According to the data of satellite observations, the variability of the ice behavior of the whole Tatar Strait and its separate regions for the period of 1979–2016 has been researched. The tendency of decrease of the ice cover area both in the whole strait (10 %) and in its individual zones (up to 5 %) has been defined. The maximum ice extention in the water areas was observed in 1985, and the smallest ice season was recorded in 1991. In the annual course, the maximum ice cover in the Tatar Strait was observed in February (48 %). During the research period, the average duration of the ice season was reduced by 43 days. The main area of ice formation in the strait is its northern zone, which reflects the general dynamics of the ice extent of the strait. Due to the active destruction of ice in the stream of the Tsushima Flow, the area of the ice cover in the T-3 zone is minimal. Analysis of the anomalies of ice cover according to the climate norm of 1981–2010 allowed distinguishing the periods of prevalence of their positive (from 1979 to 2002) and negative (from 2003 to 2015) values. According to the completed winter typing by severity of ice conditions, the predominant types are middle types, and coincidence of winter types in all ice zones occurs simultaneously only in 24 % of cases. The type of winter in the southwestern and northern ice zones in most cases determines the severity of winter throughout the strait. Over the latest ten years extremely severe type of winter have persisted in the Tatar Strait, but the frequency of such winters has decreased noticeably.

KEYWORDS:

the Tatar Strait, ice cover, ice regime, winter typing, anomalies of ice cover

REFERENCES

1. Girs A.A., Kondratovich K.V. Metody dolgosrochnyh prognozov pogody [Methods of long-term weather forecasts], Leningrad: GMI, 1978, 344 p. (in Russian).
2. Granici okeanov i morei [Borders of the oceans and seas]. No 9031б, St. Petersburg: GUNiO MO, 2000, pp. 127–137 (in Russian).
3. Minervin I.G., Romanyuk V.A., Pishchal'nik V.M., Truskov P.A., Pokrashenko S.A., Raionirovanie ledyanogo pokrova Ohotskogo i Yaponskogo morei [Zoning of the ice cover of the Okhotsk and Japan seas], Vestnik RAN, 2015, T. 85, No 1, pp. 24–32 (in Russian).
4. Pishchal'nik V.M., Romanyuk V.A., Minervin I.G., Batuhtina A.S., Analiz dinamiki anomalii ledovitosti Ohotskogo morya v period s 1882 po 2015 gg. [Analysis of the dynamics of anomalies in the ice cover of the Sea of Okhotsk between 1882 and 2015], Izv. TINRO, 2016, T. 185, pp. 228–239 (in Russian).
5. Plotnikov V.V., Yakunin L.P., Petrov V.A., Ledovie usloviya i metodi ih prognozirovaniya [Ice conditions and methods for predicting them], Proekt «Morya». Gidrologiya i gidrohimiya morei. Tom IX. Ohotskoe more, Vyp. 1. Gidrometeorologicheskie usloviya, St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1998, pp. 291–340 (in Russian).

[1] Sakhalin State University; Lenin st 290, Yuzhno-Sakhalinsk, 693000, Russia; *e-mail:* irinkaeremenko@ya.ru
[2] RN-SakhalinNIPImorneft; Amyrskaya st 53, Yuzhno-Sakhalinsk, 693000, Russia; *e-mail:* x-397-y@mail.ru,
[3] Sakhalin State University; Lenin st 290, Yuzhno-Sakhalinsk, 693000, Russia; *e-mail:* kunashir18@rambler.ru
[4] Sakhalin State University; Lenin st 290, Yuzhno-Sakhalinsk, 693000, Russia; *e-mail:* vpishchalnik@rambler.ru.

6. Spichkin V.A., Opredelenie kriteriya krupnoy anomalii [Determination of the criterion of a large anomaly], Tr. AANII, 1987, T 402, pp. 15–20 (in Russian).
7. Tsipisheva I.L., Muktepavel L.S., Ciciashvili G.Sh., Shatilina T.A., Radchenkova T.V., Osobennosti izmenchivosti ledovitosti v Tatarskom prolive (Yaponskoe more) v svyazi s regionalnoi atmosfernoi cirkulyaciei [Features of variability of ice cover in the Tatar Strait (Sea of Japan) in connection with regional atmospheric circulation], Izv. TINRO, 2016, T. 184, pp. 135–149 (in Russian).
8. Yakunin L.P., Plotnikov V.V., Petrov A.G., Ledovie usloviya. Proekt «Morya». Gidrologiya i gidrohimiya morei, Tom VIII. Japonskoe more, Vyp. 1. Gidrometeorologicheskie usloviya, St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1998, pp. 291–340 (in Russian).

УДК 711:528.711(470.43) DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-31-46

И.А. Рыльский[1], И.В. Калинкин[2]

СРАВНЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ ДАННЫХ ВОЗДУШНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ И АЭРОФОТОСЪЁМКИ С БПЛА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ РАБОТ

АННОТАЦИЯ

Широкое распространение инновационных методов съёмки очень сильно изменило подходы к информационному обеспечению работ по проектированию. В настоящее время одновременно несколько методов – воздушное лазерное сканирование, цифровая фотосъёмка с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с последующим автоматизированным построением 3Д-точек – претендуют на роль наиболее оптимального источника данных для ГИС и проектирования. Однако эти материалы не являются похожими друг на друга ни по точности, ни по подробности.

Воздушное сканирование в основном проводится с использованием пилотируемых носителей. Данные воздушного сканирования отличаются высокой точностью, возможностью ведения съёмки рельефа под пологом растительности, металлических конструкций, мачт. Данные съёмок с БПЛА в основном представлены материалами аэрофотосъёмки, выполняемой кадровыми камерами. Далее эти снимки обрабатываются с помощью средств программной автоматической генерации 3Д-точек, используемых как для создания модели рельефа (поверхности), так и для создания ортофотопланов.

Эти материалы традиционно используются для создания производных картографических материалов. Лазерное сканирование уже очень давно используется для обеспечения проектной деятельности. В последнее время наблюдаются попытки использовать для этой цели и данные трёхмерной обработки фотосъёмок с БПЛА.

В ходе сравнения материалов этих двух видов съёмок, проводившихся на идентичных территориях в одно и то же время, были получены наборы данных, позволяющие оценить особенности данных, получаемых каждым из методов. По результатам сравнений данных обработки снимков БПЛА с данными лазерного сканирования можно сделать вывод, что материалы обработки фотоданных, полученных с БПЛА, существенно проигрывают в полноте и качестве данным лазерного сканирования.

---

[1] Московский Государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1; *e-mail:* rilskiy@mail.ru
[2] Московский Государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1; *e-mail:* ilyakl@yandex.ru