

УДК 551.467(265.53):528.88

В.В. Плотников^{1,2}, В.А. Дубина¹, Н.М. Вакульская¹, В.И. Пустошнова^{1*}¹ Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, 690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, 43;² Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

РЕЖИМНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОСОБЕННОСТИ ДРЕЙФА ЛЬДА НА МАГАДАНСКОМ ШЕЛЬФЕ ОХОТСКОГО МОРЯ

На основе исторической базы ледовых наблюдений и архива спутниковых изображений исследованы характеристики и изменчивость ледяного покрова на магаданском шельфе Охотского моря. Показана пространственная неоднородность режимных характеристик и дрейфа льда. Ледовые фазы в исследованном районе на масштабе 100 км различаются на 1–2 декады, а сезонное распределение сплочённости, возраста и форм льда в зависимости от месяца и градации повторяемости в центральной части исследуемого района различается на 10–50 %. Скорости дрейфа льда зимой 2015 г., рассчитанные на промежутке времени 6 и 10 сут, варьировали от 1,3 до 12,5 км/сут. Максимальная скорость 0,75 м/с зарегистрирована 12 марта по спутниковым изображениям, принятым с интервалом в 110 мин.

Ключевые слова: Охотское море, магаданский шельф, ледяной покров, режимные характеристики, дрейф льда, спектрорадиометр MODIS.

Plotnikov V.V., Dubina V.A., Vakulskaya N.M., Pustoshnova V.I. Regime characteristics and patterns of the sea ice drift on the shelf at Magadan in the Okhotsk Sea // *Izv. TINRO.* — 2016. — Vol. 187. — P. 217–225.

The sea ice characteristics and drift patterns are considered for the Okhotsk Sea shelf at Magadan on retrospective data of the ice observations and satellite images. Spatial heterogeneity of the sea ice parameters and its drift is shown. Phases of the sea ice seasonal variation in this area could differ from year to year in 10–20 days on spatial scale of hundreds kilometers and the ice age, form and concentration vary in 10–50 % within the seasonal cycle. The ice drift velocity averaged for 6 or 10 days varied from 1.3 to 12.5 km/day in the winter of 2015; the highest velocity 0.75 m/s was registered on March 12 by comparing two satellite images with time interval of 110 min.

Key words: Okhotsk Sea, Magadan shelf, sea ice, ice regime, ice drift, spectroradiometer MODIS.

* Плотников Владимир Викторович, профессор, доктор географических наук, заведующий лабораторией, e-mail: vlad_plot@poi.dvo.ru; Дубина Вячеслав Анатольевич, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, e-mail: dubina@poi.dvo.ru; Вакульская Надежда Михайловна, научный сотрудник, e-mail: vakulskaya@poi.dvo.ru; Пустошнова Вера Иннокентьевна, ведущий инженер, e-mail: vpustosh@poi.dvo.ru.

Plotnikov Vladimir V., professor, D.Sc., head of laboratory, e-mail: vlad_plot@poi.dvo.ru; Dubina Vyacheslav A., Ph.D., senior researcher, e-mail: dubina@poi.dvo.ru; Vakulskaya Nadezda M., researcher, e-mail: vakulskaya@poi.dvo.ru; Pustoshnova Vera I., leading engineer, e-mail: vpustosh@poi.dvo.ru.

Введение

В последние годы началось интенсивное изучение запасов углеводородов на северном шельфе Охотского моря. В границах кухтуйского, магаданского и частично тинровского нефтегазоносных бассейнов расположены пять лицензионных участков ПАО «НК «Роснефть»» (Магадан-1,2,3, Кашеваровский, Лисянский), на которых с 2012 г. активно проводятся разведочные работы и пробные бурения (<https://www.gosneft.ru/business/Upstream/offshore/#a3>).

Учитывая, что в холодный период года на шельфе Охотского моря формируется выраженный ледяной покров, для правильной оценки возможных последствий хозяйственной деятельности на шельфе необходимо в первую очередь знать детальные характеристики ледовых условий. Характер ледовых условий, а следовательно, и степень необходимости их учета при планировании деятельности на море зависят от физико-географического положения и для каждого района моря различны.

Целью настоящей работы является описание изменчивости режимных характеристик и дрейфа льда на магаданском шельфе, северном участке охотоморского шельфа, ограниченном меридианами 142 и 153° в.д.

Материалы и методы

Исследование проводилось на основе исторической базы ледовых наблюдений (БД) и архива спутниковых изображений ледяного покрова Охотского моря.

БД представляет собой временные ряды двумерных полей ледовых характеристик (сплоченности, возраста, форм, торосистости, заснеженности и разрушенности), осредненных по одноградусным координатным трапециям и отнесенных к их центрам (всего 482 ячейки, <http://pacificinfo.ru/eisp/okhotsea/>)*. Для того чтобы выявить пространственную изменчивость, режимные характеристики рассчитывались для четырёх квадратов, в которые попадают скважины Ульбериканская-1, Хмитевская-2 и Дукчинская-2 (рис. 1). Вся терминология и понятия о ледовых явлениях, используемые в данной работе, соответствуют Международной символике для морских ледовых карт и номенклатуре морских льдов**.

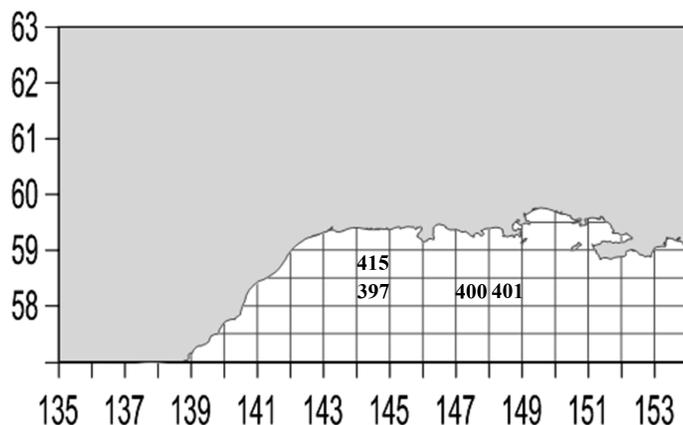


Рис. 1. Карта района исследования. Цифрами показаны одноградусные квадраты, для которых рассчитывались режимные характеристики ледяного покрова (скважины: Ульбериканская-1 (квадраты № 397, 415), Хмитевская-2 (квадрат № 400), Дукчинская-2 (квадрат № 401))

Fig. 1. Scheme of researched area. The numbers show the one-degree squares where the ice regime characteristics were calculated (squares 397, 415 — the area of Uliberikanskaya-1 well, square 400 — the area of Hmitevskaya-2 well), square 401 — the area of Dukchinskaya-2 well)

* Плотников В.В., Ростов И.Д., Дмитриева Е.В. Состояние ледяного покрова Охотского моря : свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2011620510, зарегистрировано 08.07.2011 г.

** Международная символика для морских ледовых карт и номенклатура морских льдов. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 56 с.

Спутниковый архив состоит из изображений, полученных радиолокационными станциями с синтезированной апертурой (РСА), установленными на спутниках ERS-1, ERS-2, Envisat, Sentinel-1A, (1991–2015 гг., пространственное разрешение от 20 до 150 м), а также результатов измерений в видимом и инфракрасном диапазонах электромагнитного спектра спектрорадиометров MODIS, установленных на спутниках Aqua и Terra (2002–2015 гг., пространственное разрешение 250 м в видимом и 1 км в инфракрасном (ИК) диапазонах), радиометров ТМ и ЕТМ+, установленных на спутниках Landsat-5, Landsat-7 (2000–2015 гг., разрешение 15, 30 и 60 м), а также приборов видимого (OLI) и ИК (TIRS) диапазонов, установленных на спутнике Landsat-8. Данные с последнего спутника поступают с 2013 г. и имеют разрешение 15, 30 и 100 м на пиксель. Измерения со спутников серии Landsat доступны на геопортале USGS Global Visualization Viewer (<http://glovis.usgs.gov/>).

Характеристики ледяного покрова определялись на основе известных свойств льда в различных диапазонах спектра (Вагапов и др., 1993). Динамика ледовой обстановки исследовалась с использованием измерений спектрорадиометров MODIS со спутников Terra и Aqua, принятых в январе-апреле 2015 г. Данные MODIS отбирались и загружались через портал Rapid Response Project (<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/>) центра космических полетов им. Годдарда (Goddard Space Flight Center — GSFC) в NASA. Для анализа создавались изображения в истинном цвете с разрешением 250 м, которые комбинировались из 1-го (длина волны $\lambda = 0,645$ мкм, разрешение 250 м), 4-го ($\lambda = 0,555$ мкм, разрешение 500 м) и 3-го ($\lambda = 0,469$ мкм, разрешение 500 м) спектральных каналов.

Скорость и направление дрейфа льда рассчитывались методом маркеров по двум изображениям MODIS на временных интервалах 110 мин и примерно одни сутки. Поскольку ошибка привязки пар изображений друг к другу не превышала одного пикселя, точность расчётов можно оценить как $250 \text{ м}/6600 \text{ с} \approx 0,04 \text{ м/с}$.

Результаты и их обсуждение

Даты основных ледовых фаз (табл. 1–3)

В среднем на магаданском шельфе лед появляется в первой декаде декабря и наблюдается до начала июня. Продолжительность ледового периода составляет около 17 декад. Продолжительность навигационного периода несколько больше ледового, так как незначительные объемы льда в начале и конце ледового периода не создают препятствие судоходству, и в среднем составляет 19–20 декад.

Таблица 1
Основные сведения о ледовом режиме на площадке Ульбериканская-1

Table 1

Characteristics of the ice regime at Uliberikanskaya-1 well

Характеристика	Период		
	Ранний	Средний	Поздний
Первое появление льда (р–1978) (п–1991) ¹	16–20.11	06–10.12	11–15.01
Устойчивое льдообразование ²	05–10.12	11–15.12	21–25.01
Полное очищение (р–1991, 1996) (п–1966) ³	06–10.05 ⁴	01–05.06	26–30.06
Продолжительность безледного периода	13 декад	17 декад	23 декады
Продолжительность ледового периода	23 декады	19 декад	13 декад

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3: 1 — днем первого появления льда (без уточнения формы льда) считается день, когда в осенне-зимний период впервые на наблюдаемом пространстве появляется лед независимо от вида, количества и места образования (образовался ли он на месте или перенесен из других районов), случаи обмерзания свай или камней во внимание не принимаются; р — самое раннее появление/очищение, п — самое позднее появление/очищение; 2 — днем устойчивого появления льда считается день, когда впервые появился лед и больше не исчезал; 3 — днем полного очищения моря ото льда считается первый день безо льда или день, когда на видимом пространстве моря наблюдаются отдельные льдины (менее 1 балла); наличие стамух и остатков льда на берегу и отмелях во внимание не принимается; 4 — полное очищение ото льда наблюдается непосредственно в районе конкретной площадки, восточнее и западнее площадки лед может существовать.

Таблица 2
Основные сведения о ледовом режиме на площадке Хмитевская-2

Table 2

Characteristics of the ice regime at Hmitevskaya-2 well

Характеристика	Период		
	Ранний	Средний	Поздний
Первое появление льда (р–1978) (п–1996) ¹	16–20.11	21–25.12	11–15.01
Устойчивое льдообразование ²	16–20.12	21–25.01	05–10.02
Полное очищение (р–1997) (п–1966) ³	26–30.04 ⁴	06–10.06	21–25.06
Продолжительность безледного периода	13 декад	19 декад	25 декад
Продолжительность ледового периода	23 декады	17 декад	11 декад

Таблица 3
Основные сведения о ледовом режиме на площадке Дукчинская-2

Table 3

Characteristics of the ice regime at Dukchinskaya-2 well

Характеристика	Период		
	Ранний	Средний	Поздний
Первое появление льда (р–1967) (п–1996) ¹	21–25.11	01–05.01	21–25.01
Устойчивое льдообразование ²	16–20.12	21–25.01	10–15.02
Полное очищение (р–1997) (п–1966) ³	21–25.04 ⁴	01–05.06	21–25.06
Продолжительность безледного периода	14 декад	21 декада	26 декад
Продолжительность ледового периода	22 декады	15 декад	10 декад

Самое раннее появление льда в исследуемом районе по исторической БД отмечено в конце второй декады ноября для Ульбериканской-1 и Хмитевской-2 (1978 г.) площадок. Раннее появление льда на Дукчинской-2 площадке отмечается на 4–5 сут позднее (1967 г.). Даты самых поздних появлений льда для Ульбериканской-1 (1991 г.) и Хмитевской-2 (1996 г.) площадок приходятся на начало второй декады января. Для Дукчинской-2 площадки этот срок сдвигается примерно на декаду и приходится на начало третьей декады января (1996 г.).

Анализ имеющегося архива ледовой информации показал, что устойчивое льдообразование происходит, как правило, не позднее двух декад с момента первого появления льда.

Окончательное очищение исследуемых акваторий ото льда в среднем происходит в первой декаде июня. Самая ранняя дата очищение акватории — вторая половина первой декады мая для Ульбериканской-1 (1991 г.), конец мая для Хмитевской-2 и Дукчинской-2 (1997 г.) площадок. Самая поздняя дата окончательного очищения приходится на конец июня.

Информация со спутников серии Landsat (для исследуемого района доступная с 2000 г.), дополненная РСА-изображениями со спутников Envisat (2002–2010 гг.) и Sentinel-1A (2014–2015 гг.), не меняет распределение оценок, полученных из исторической БД.

Характеристика сплоченности, возраста льда и размеров льдин

Основные черты пространственно-временной изменчивости главных характеристик льда представлены в табл. 4–6.

С января по апрель на исследуемой акватории преобладает ледяной покров высокой сплоченности — 9–10 баллов. В мае с одинаковой повторяемостью 25–30 % встречаются открытая вода и льды сплочённостью 9–10 баллов. В декабре меньше всего льда наблюдается в квадрате № 401, а больше всего — в квадрате № 397 (табл. 4).

В целом сезонное распределение сплочённости льда по пространству магаданского шельфа довольно однородно. Наибольшие расхождения между восточной и западной частями исследуемого района отмечены в мае и декабре (табл. 4).

При анализе распределения возрастных характеристик льда использовались данные о преобладающей толщине (возрасте) льда.

Таблица 4

Сезонное распределение сплоченности льда на акватории площадок Ульбериканской-1 (квадраты № 397, 415), Хмитевской-2 (квадрат № 400), Дукчинской-2 (квадрат № 401), %

Table 4

Seasonal distribution of the sea ice concentration at Uliberikanskaya-1 well (squares 397, 415), at Hmitevskaya-2 well (square 400), and at Dukchinskaya-2 well (square 401), %

Месяц	Вода	Сплоченность льда, баллы			
		1–3	4–6	7–8	9–10
№ 397					
Декабрь	45	11	8	19	17
Январь	4	4	4	6	82
Февраль	0	0	0	0	100
Март	0	0	0	0	100
Апрель	2	0	0	4	94
Май	29	8	18	21	24
№ 415					
Декабрь	55	15	14	12	4
Январь	2	2	10	10	76
Февраль	0	0	0	0	100
Март	0	0	0	2	98
Апрель	0	2	6	6	86
Май	25	12	16	22	25
№ 400					
Декабрь	74	4	8	8	6
Январь	2	16	8	16	58
Февраль	0	0	0	0	100
Март	0	0	0	0	100
Апрель	2	2	2	0	94
Май	33	6	16	14	31
№ 401					
Декабрь	88	2	6	2	2
Январь	14	10	12	14	50
Февраль	0	0	2	0	98
Март	0	0	0	0	100
Апрель	4	0	2	2	92
Май	33	6	16	14	31

Как следует из данных табл. 5, эквивалентная (средневзвешенная) толщина льда на магаданском шельфе монотонно растет с декабря по май. В декабре преобладает серый и серо-белый лед, а с января по май — однолетний лёд толщиной 30–120 см.

В феврале, марте на магаданском шельфе наблюдается заметное количество ниласа, что, очевидно, определяется процессами новообразования льда (на фоне низких температур) в прибрежной полынье. Но в отмеченных квадратах лёд толщиной менее 15 см с декабря по май регистрировался крайне редко (2–8 % в декабре).

В апреле-мае наблюдается почти только белый лед различных градаций, что, по-видимому, связано с прекращением активного процесса льдообразования и вытравливанием тонких льдов в результате весеннего прогрева.

Линейные размеры присутствующего льда (формы льда) в одном и том же районе в течение конкретной декады достаточно разнообразны. Поэтому при анализе распределения линейных размеров льда использовались данные о преобладающих размерах (формах) льдин, наблюденных в данном районе.

Процессы дробления и смерзания льда в крупные формы определяются характером динамических и термических процессов в регионе. Это прежде всего дрейф льда и сезонные флюктуации температуры воздуха.

По историческим данным в наиболее суровом в сезонном плане периоде (январь-апрель) на всей исследуемой акватории преобладают льды крупных размеров — свыше

Таблица 5

Сезонное распределение возраста льда на акватории площадок Ульбериканской-1 (квадраты № 397, 415), Хмитевской-2 (квадрат № 400), Дукчинской-2 (квадрат № 401), %

Table 5

Seasonal distribution of the sea ice age at Uliberikanskaya-1 well (squares 397, 415), at Hmitevskaya-2 well (square 400), and at Dukchinskaya-2 well (square 401), %

Месяц	Возраст, годы					
	2	3	4	5	6	7
№ 397						
Декабрь	8	28	19	0	0	0
Январь	0	10	35	51	15	0
Февраль	0	0	24	43	31	0
Март	0	0	15	40	43	2
Апрель	0	0	10	46	35	6
Май	0	0	0	30	30	10
№ 415						
Декабрь	8	15	23	0	0	0
Январь	0	35	16	47	0	0
Февраль	0	8	36	28	28	0
Март	0	6	32	22	38	2
Апрель	0	4	13	44	33	6
Май	0	0	0	37	29	8
№ 400						
Декабрь	2	14	10	0	0	0
Январь	2	8	37	51	0	0
Февраль	0	4	22	43	31	0
Март	0	4	10	37	45	6
Апрель	0	0	2	48	39	8
Май	0	0	0	31	28	8
№ 401						
Декабрь	2	6	4	0	0	0
Январь	0	8	33	45	0	0
Февраль	0	2	17	50	31	0
Март	0	0	16	32	46	6
Апрель	0	0	0	44	42	10
Май	0	0	0	27	29	10

0,5 км. На начальном (декабрь) и конечном (май) этапах ледового периода относительная доля крупных форм льда (более 0,5 км) существенно уменьшается и начинают преобладать льды более мелких размеров (до 0,5 км). В декабре это связано с динамическими процессами, приводящими к активному дроблению крупных форм льда небольшой толщины. В мае это обусловлено замедлением процессов смерзания мелких форм льда в более крупные за счет повышения температурного фона.

Дрейф льда

Было рассчитано 1712 векторов дрейфа на интервале 110 мин и 585 — на интервале 23–25 ч, по которым построены 63 карты. В марте удалось отследить дрейф последовательно в течение 6 сут (рис. 2), а в апреле наличие надёжных маркеров (гигантских ледяных полей) позволило зарегистрировать смещение льда на протяжении 10 сут (рис. 3). Статистика результатов приведена в табл. 7.

Средняя скорость дрейфа, рассчитанная по изображениям, полученным в один день с разницей в 110 мин, составила 0,2 м/с, что в два раза превысило суточное значение. От месяца к месяцу средние скорости изменяются в пределах ошибки измерения (0,05 м/с).

Максимальные скорости наблюдались при северо-западных ветрах в марте, а абсолютный максимум — 12 марта в 100 км к югу от зал. Шельтинга, в районе скважин Хмитевская-2 и Дукчинская-2, где скорости достигали 0,70–0,75 м/с. Модуль скорости

Таблица 6

Сезонное распределение форм льда на акватории площадок Ульбериканской-1 (квадраты № 397, 415), Хмитевской-2 (квадрат № 400), Дукчинской-2 (квадрат № 401), %

Table 6

Seasonal distribution of the sea ice forms at Uliberikanskaya-1 well (squares 397, 415), at Hmitevskaya-2 well (square 400), and at Dukchinskaya-2 well (square 401), %

Месяц	Форма льда					
	2	3	4	5	6	7
№ 397						
Декабрь	30	13	2	2	0	0
Январь	12	10	18	41	14	0
Февраль	0	8	10	51	29	2
Март	0	2	17	45	36	0
Апрель	2	8	17	35	33	2
Май	25	8	8	16	14	0
№ 415						
Декабрь	15	23	0	0	0	0
Январь	10	10	18	47	10	0
Февраль	2	4	16	43	35	0
Март	0	2	17	47	34	0
Апрель	6	8	10	44	29	0
Май	20	20	10	12	14	0
№ 400						
Декабрь	15	10	0	0	0	0
Январь	26	22	8	33	6	0
Февраль	4	2	10	57	26	0
Март	0	6	14	46	34	0
Апрель	6	10	12	45	22	0
Май	22	10	8	10	16	0
№ 401						
Декабрь	10	2	0	0	0	0
Январь	20	22	8	26	6	0
Февраль	6	6	12	50	26	0
Март	0	10	14	48	28	0
Апрель	6	19	10	33	25	2
Май	18	18	2	14	16	0

дрейфа в эти сутки в исследуемом районе изменялся в пределах 0,15–0,75 м/с, а направление варьировало в пределах 205–290°.

Максимальная суточная скорость 0,55 м/с зарегистрирована 27–28 марта в 200 км к юго-западу от Охотска (рис. 4). В эти сутки направление дрейфа в западной части района изменялось в пределах 150–215°, а в восточной — наблюдались разнонаправленные смещения плавучего льда, в том числе в противоположные стороны. В центральной части отмечалось циклоническое вращение всего ледяного массива. Вдоль границы прибрежной полыньи наблюдались градиенты скорости дрейфа 0,4 м/с на 20 км, которые сглаживались по направлению вглубь ледяного покрова. Волнистая граница полыньи в северо-западной части Охотского моря и высокие градиенты скорости дрейфа льда на границе полыньи объясняются сильной изменчивостью скорости ветров северного и северо-западного направлений, вызванной орографическим эффектом.

В марте за 6 сут ледяной массив на магаданском шельфе сместился на юго-восток в среднем на 45–55 км. Максимальное смещение 75 км наблюдалось в Тайгской губе, а минимальное — 36 км — в районе зал. Ушки (см. рис. 3).

В апреле за 10 сут максимальное результирующее смещение ледового маркера зарегистрировано в юго-восточной части района — 53 км на юг. Минимальное перемещение отмечено в западной части шельфа, где плавучий лёд через 10 сут оказался на 13 км западнее первоначального положения. В восточной части Тайгской губы лёд практически оставался в течение 10 сут на одном месте.

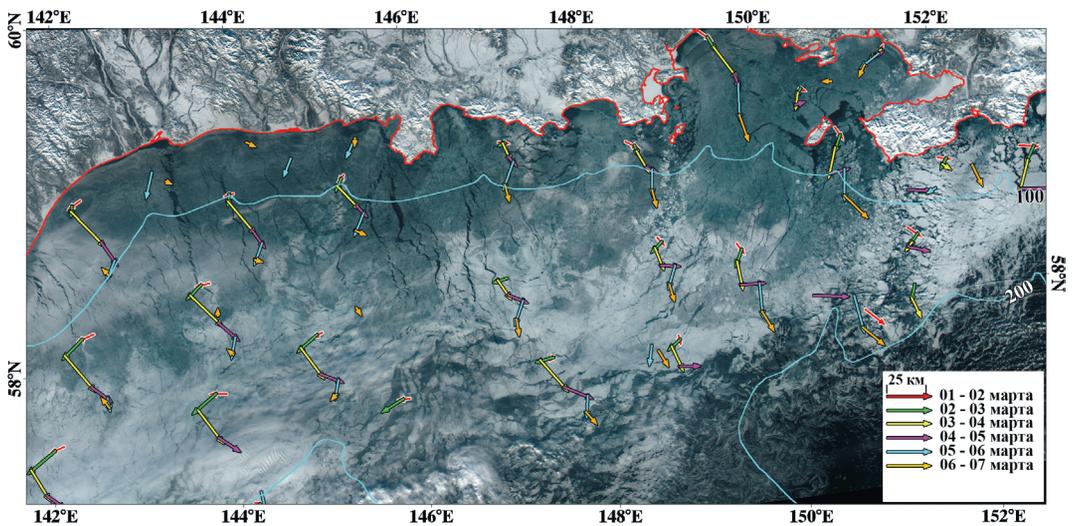


Рис. 2. Векторы смещения ледовых маркеров за период 1–7 марта 2015 г., наложенные на изображение, полученное спектро радиометром MODIS со спутника Aqua 1 марта в 02:15 Гр.

Fig. 2. Movement of the markers on the sea ice during March 1–7, 2015 on the background of the sea ice visible image received by spectroradiometer MODIS Aqua on March 1, 02:15 UTC

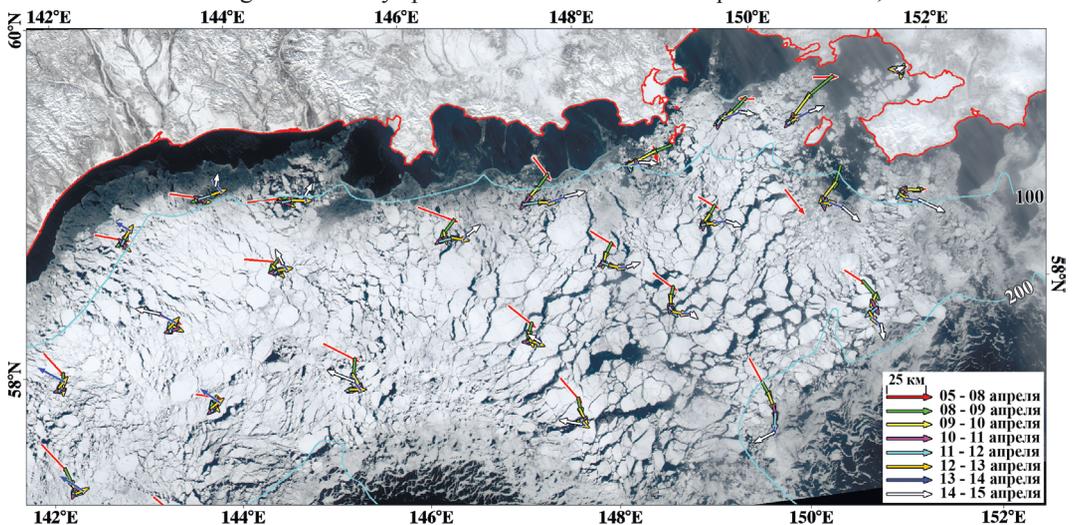


Рис. 3. Векторы смещения ледовых маркеров за период 5–15 апреля 2015 г., наложенные на изображение, полученное спектро радиометром MODIS со спутника Aqua 5 апреля в 02:45 Гр.

Fig. 3. Movement of the markers on the sea ice during April 5–15, 2015 on the background of the sea ice visible image received by spectroradiometer MODIS Aqua on April 5, 02:45 UTC

Таблица 7
Характеристика дрейфа льда на магаданском шельфе Охотского моря, м/с

Table 7

Velocity of the sea ice drift at Magadan, Okhotsk Sea, m/s

Показатель	Январь		Февраль		Март		Апрель		Общие	
	110 мин (218)	Сутки (57)	110 мин (356)	Сутки (109)	110 мин (699)	Сутки (239)	110 мин (439)	Сутки (180)	110 мин (1712)	Сутки (585)
Средняя скорость	0,25	0,10	0,15	0,05	0,20	0,10	0,20	0,05	0,20	0,10
Максимальная скорость	0,50	0,30	0,60	0,20	0,75	0,55	0,70	0,20	0,75	0,55
Минимальная скорость	0,00	> 0,00	0,00	> 0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Дисперсия	0,009	0,003	0,013	0,002	0,018	0,006	0,010	0,001	0,014	0,004

Примечание. В скобках указано количество измерений.

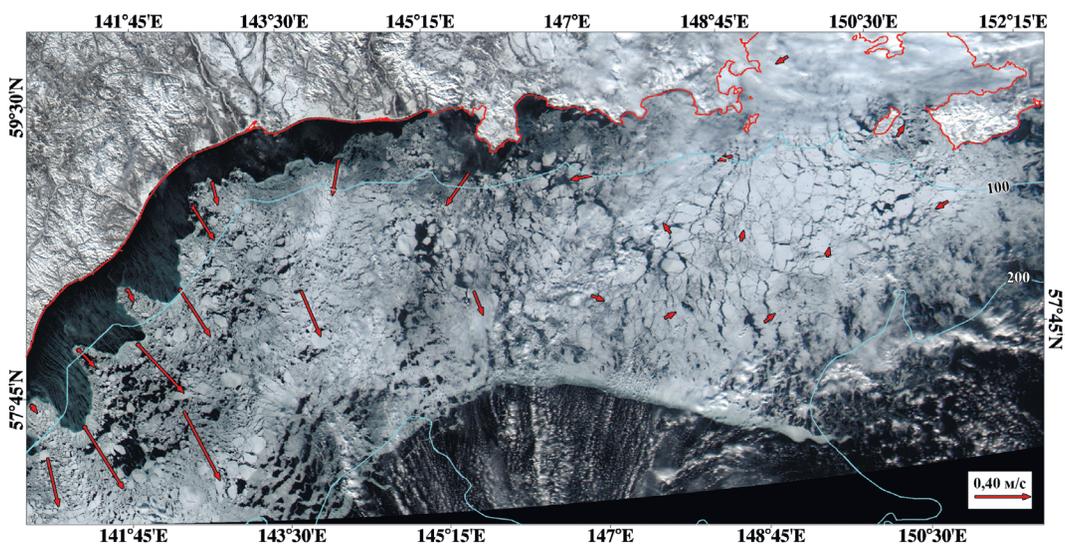


Рис. 4. Изображение спектрометриста MODIS, полученное со спутника Terra 28 марта 2015 г. в 01:45 Гр. Стрелками показаны векторы дрейфа льда за предыдущие сутки

Fig. 4. Image of spectroradiometer MODIS Terra received on March 28, 2015 (01:45 UTC). Arrows — the sea ice drift during the previous day

По сравнению с северо-восточным шельфом Сахалина по направлению дрейфа льда на магаданском шельфе довольно однороден, но часто наблюдаются ситуации, при которых вариации направления перемещения плавучего льда приводят к образованию зон сжатия и разрежения ледяного покрова. Зимой 2015 г. чаще всего область разрежения льда образовывалась в центральной части исследуемого района примерно вдоль меридиана 146° в.д., как, например, 1–2 марта, когда в западной части магаданского шельфа лёд дрейфовал на юго-запад, а в восточной — на юго-восток (см. рис. 2).

Заключение

Проведенные исследования выявили пространственную неоднородность режимных характеристик и дрейфа льда магаданского шельфа Охотского моря. По исторической базе данных, в которой ледовые характеристики усреднены по одноградусным квадратам, даты появления льда и окончательного очищения от него в соседних ячейках различаются на 1–2 декады. А сезонное распределение сплочённости, возраста и форм льда в зависимости от месяца и градации повторяемости даже в центральной части исследуемого района на масштабе 100 км варьирует в пределах 10–50 %.

Средняя скорость дрейфа льда, рассчитанная по изображениям MODIS на временных интервалах 110 мин и 23–25 ч, в январе-апреле 2015 г. на магаданском шельфе составляла соответственно 0,20 и 0,10 м/с, что в 1,5–2,0 раза ниже соответствующих значений, рассчитанных для тех же месяцев для северо-восточного шельфа Сахалина (Дубина и др., 2015). Максимальная скорость 0,75 м/с зарегистрирована 12 марта в 100 км к югу от зал. Шельтинга. Скорости дрейфа, рассчитанные на длительном промежутке времени (6 и 10 сут), на магаданском шельфе варьируют от 1,3 до 12,5 км/сут (0,02–0,15 м/с).

Работа частично поддержана грантом ДВО РАН 15-I-1-038 «Дальний Восток».

Список литературы

Ваганов Р.Х., Гаврило В.П., Козлов А.И. и др. Дистанционные методы исследования морских льдов : моногр. — СПб. : Гидрометеиздат, 1993. — 342 с.

Дубина В.А., Плотников В.В., Вакульская Н.М. Пространственная изменчивость дрейфа льда на северо-восточном шельфе острова Сахалин // Изв. ТИНРО. — 2015. — Т. 183. — С. 227–235.

Поступила в редакцию 2.09.16 г.