Научная статья
Original article
УДК 656.6 (075.8)

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА В ПРОЛИВЕ ЛОНГА В ПЕРИОД НАВИГАЦИИ

ASSESSMENT OF THE STATE OF THE ICE COVER IN THE LONG STRAIT DURING NAVIGATION

Холопцев Александр Вадимович, Доктор географических наук, профессор, Севастопольское отделение ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н. Н. Зубова», г. Севастополь, E-mail: kholoptsev@mail.ru

Курочкин Леонид Егорович, Доцент, кафедра Судовождение и безопасность судоходства, Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, E-mail: l.kurochkin.mj@mail.ru

Борисов Кирилл, Студент кафедры Судовождения и безопасности судоходства Севастопольского государственного университета, г. Севастополь, E-mail: kirill-petrovich-20.borisoff@yandex.ru

Kholopcev Aleksandr, Doctor of Geographical Sciences, Professor, The Sevastopol branch of the FSBI "The State Oceanographic Institute named after NN Zubov"

Kurochkin Leonid, Associate professor of the Department of navigation and safety of shipping of Sevastopol State University, Sevastopol

Borisov Kirill

Student of the Department of navigation and safety of shipping of Sevastopol State University, Sevastopol.

Аннотация

Рассмотрена проблема плавания судов в Арктических районах на тех участках водных путей, где отмечается наличие сплоченных дрейфующих льдов, что значительно усложняет навигацию. Проведена оценка вероятностей появления в летне-осенние месяцы сплоченных дрейфующих льдов в проливе Лонга.

Annotation

The problem of navigation of vessels in the Arctic regions on those sections of waterways where the presence of cohesive drifting ice is noted, which significantly complicates navigation, is considered. The probability of occurrence of cohesive drifting ice in the long Strait in the summer and autumn months is estimated.

Ключевые слова: Северный морской путь, пролив Лонга, мониторинг ледяного покрова, дрейфующие льды, навигация в арктических районах.

Keywords: The Northern sea route, the Strait is long, the monitoring of the ice cover, drifting ice, navigation in Arctic regions.

Введение

Наличие на маршруте движения судна дрейфующих льдов существенно усложняет навигацию. При этом наибольшие проблемы возникают, если такие льды покрывают не менее 60% всей акватории (их принято относить к сплоченным). Поэтому оценка вероятностей их появления на любых водных путях Арктики и Антарктики (далее ВСЛ) является актуальной проблемой географии водных путей, океанографии, а также судовождения.

Наибольший интерес решение рассматриваемой проблемы представляет для участков подобных водных путей, миновать которые следующим по ним судам проблематично. Одним из них является пролив Лонга, на который приходится не менее 90% всего трафика важнейшей транспортной магистрали этого региона – Северного Морского пути (СМП). Пролив Лонга, соединяет Восточно-Сибирское море с Чукотским морем и отделяет от Евразии остров Врангеля. Длина пролива 128 км, наименьшая ширина 146 км.

С запада акватория пролива Лонга ограничена линией, соединяющей мыс Блоссом (70º47′с.ш., 178º46′в.д.) на юго-западной оконечности острова Врангеля, с мысом Якан (69º35′с.ш., 177º28′в.д.), который находится на арктическом побережье полуострова Чукотка. Восточная граница пролива пролегает от мыса Пиллар (70º53′с.ш., 179º41′з.д.), находящегося на южном берегу острова Врангеля, до мыса Шмидта (68°55′с. ш. 179°27′з. д.). Через западную часть акватории пролива проходит линия перемены дат, к востоку от которой расположены районы СМП №25 и №26.

Навигация через пролив Лонга осуществляется в основном в месяцы с июля по ноябрь, когда суммарная площадь его ледяного покрова достигает наименьших уровней. В результате современного потепления климата Арктики в это время здесь все чаще возникают ледовые условия, которые позволяют осуществлять навигацию без использования ледоколов.

Рекомендованный путь через пролив проходит по району №25 – вдоль границы припая, а после его взлома – вдоль побережья полуострова Чукотка.

ВСЛ определяется как среднее за некоторое количество лет отношение количество суток рассматриваемого месяца, в течение которых ледяной покров на изучаемом участке маршрута был сплоченным, к общему количеству его суток. Наибольший интерес представляет оценка ВСЛ для последних лет.

Мониторинг сплоченности ледяного покрова в проливе осуществляют вахтенные штурмана следующих по нему судов и (эпизодически), полярная

авиация, а с 1987 г. также искусственные спутники Земли (далее ИСЗ) серии DMSP (Defence Meteorological Satellite Program). Его результаты, которые характеризуются пространственным разрешением 25 км, поступают в Глобальный банк цифровых данных по морскому льду» (ГБЦДМЛ), сформированный Всемирной Метеорологической организацией. Так как эта информация обновляется всего 4 раза в месяц, непосредственно для оценки ВСЛ она применена быть не может. Вместе с тем она позволяет верифицировать математические модели, которые обеспечивают оценку сплоченности ледяного покрова любых акваторий с дискретностью 1 сутки, что для определения ВСЛ достаточно. Тем не менее, ранее распределения ВСЛ по акватории пролива Лонга для месяцев летне-осеннего навигационного периода определены не были, следовательно, их оценка представляет теоретический и практический интерес.

Цель данной работы – оценка современных значений ВСЛ для различных участков акватории пролива Лонга, которые соответствуют всем летне-осенним месяцам.

Для достижения указанной цели, как фактический материал применены ежесуточные оценки сплоченности того или иного участка акватории Мирового океана в период 1.01.93–31.12.2018 гг., представленные в ретроспективном анализе GLORYS12.v1 (Global Ocean Physics Reanalysis), который поддерживается сервисом Copernicus. Упомянутые оценки получены с использованием океанической модели NEMO и протестированы с применением данных ГБЦДМЛ. Они характеризуется разрешением по координатам - 5 угловых минут.

Для акватории пролива Лонга информация GLORYS12.v1 соответствует 34 параллелям (от 68,25°с.ш. и до 71,00°с.ш.), на каждой из которых она представлена для 72 пунктов, расположенных с шагом 0,08333°. (им соответствуют узлы координатной сетки GLORYS12.v1). Поскольку такие результаты имеются для каждых суток изучаемого месяца, по ним, для

всех таких пунктов могут быть определены ВСЛ, соответствующие требуемому количеству лет.

Состояние ледяного покрова пролива в современном периоде быстро меняется, значения ВСЛ оценивались за интервалы времени длиной 4 года. Так как к каждому месяцу за это время относилось всего 124 суток, значения ВСЛ для всех пунктов квадрата размерами 0,5°x0,5° (их всего 36) для повышения достоверности оценок, усреднены. Полученные результаты для каждого такого квадрата акватории представлены в виде таблиц.

Результаты исследования и их анализ

В соответствии изложенной методикой, для каждого квадрата акватории пролива Лонга размерами 0,5°x0,5° и каждого месяца с июля по ноябрь вычислены ВСЛ. В качестве примера на рисунке 1 приведены зависимости ВСЛ для квадрата с координатами центра 70°10′ с. ш. 178°03′ в. д. ,от года начала интервала времени, за который они оценены.

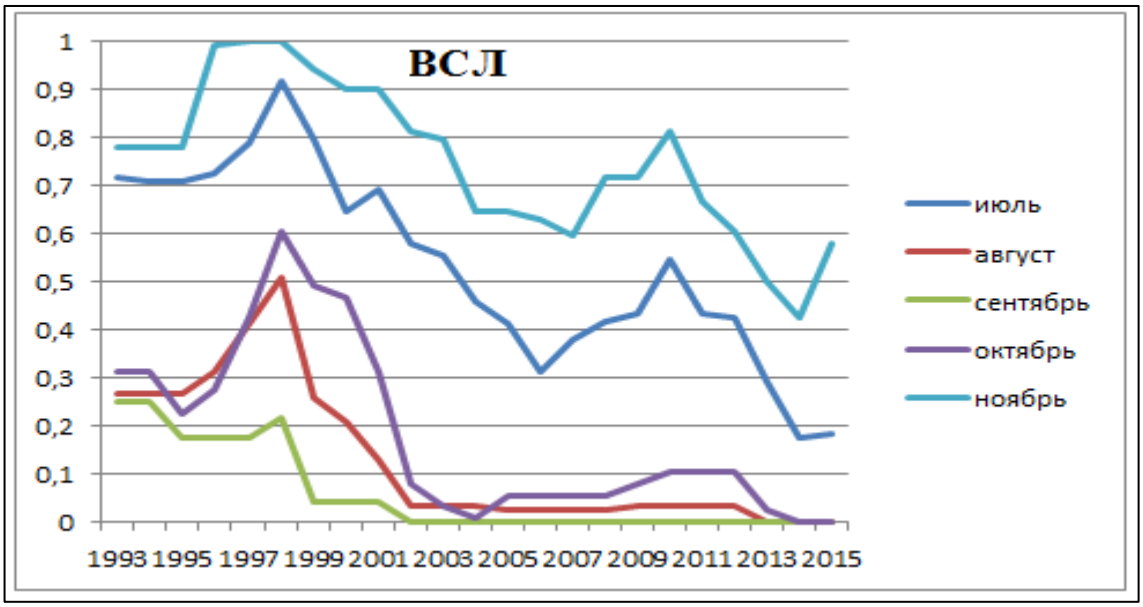


Рисунок 1. Сглаженные за 4 года, многолетние изменения ВСЛ для квадрата акватории пролива Лонга с координатами центра 70°10′ с. ш. 178°03′ в. д.

Из рисунка 1 видно, что в многолетних изменениях ВСЛ рассматриваемого участка акватории пролива Лонга для всех рассматриваемых месяцев присутствует убывающий тренд. Нетрудно видеть, что зависимости, соответствующие июлю, октябрю и ноябрю, не являются монотонными. В них присутствуют максимумы, соответствующие отрезкам времени 1998-2001 гг. и 2010-2013 гг.

Характер графиков с рисунка 1 позволяет предположить, что в многолетних изменениях ВСЛ рассматриваемого участка акватории пролива Лонга для всех рассматриваемых месяцев присутствует квазигармоническая составляющая с периодом приблизительно 12-13 лет. Следовательно, при осуществлении сценария будущего, при котором выявленные тенденции и периодичности сохранятся, следующий максимум ВСЛ в июле и ноябре в рассматриваемом районе вероятен в 2022-2023 гг.

Из рисунка 1 понятно, что значения ВСЛ для августа, сентября и октября, соответствующие 4-х летнему интервалу, начинающемуся в 2015 г. равны нулю. Указанная особенность характерна и для прочих квадратов акватории пролива Лонга. Поэтому оценки ВСЛ для разных квадратов приведены лишь для месяцев июль и ноябрь.

В таблице 1 такие оценки, соответствующие интервалу времени 2015-2018 гг., представлены для июля.

Таблица 1. Оценки ВСЛ, для квадратов размером 0,5°x0,5° акватории пролива Лонга, которые соответствуют июлю 2015-2018 гг.

Долготы /широты	178,3 °в.д.	178,8 °в.д.	179,3 °в.д.	179,8 °в.д.	179,8 ° з.д.	179,3 ° з.д.	178,8 °з.д.	178,3 °з.д.	177,8 °з.д.	177,3 °з.д.
71°с.ш.	0,39	0,29	0,31	0,3	0,29	0,24	0,22	0,16	0,08	0,07
70,5 °с.ш.	0,39	0,36	0,36	0,35	0,3	0,23	0,2	0,16	0,12	0,14
70,0 °с.ш.	0,16	0,2	0,3	0,27	0,18	0,11	0,12	0,09	0,1	0,11
69,5 °с.ш.	0,04	0,05	0,12	0,13	0,09	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07
69,0 °с.ш.	*	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,05	0,06	0,06
68,5 °с.ш.	*	*	*	*	*	0	0	0,01	0,02	0,03

*суша

Из таблицы 1 нетрудно заметить, что значения ВСЛ для июля в западной части изучаемого района (Восточно-Сибирское море) заметно больше, чем в его восточной части (Чукотское море), а у южного берега острова Врангеля Лонга больше, чем у северного берега полуострова Чукотка.

В таблице 2 представлены оценки ВСЛ для ноября, соответствующие интервалу времени 2015-2018 гг.

Таблица 2. Оценки ВСЛ, для квадратов размером 0,5°x0,5° акватории пролива Лонга, которые соответствуют ноябрю 2015-2018 гг.

Долготы /широты	178,3 °в.д.	178,8 °в.д.	179,3 °в.д.	179,8 °в.д.	180,3 °в.д.	180,8 °в.д.	181,3 °в.д.	181,8 °в.д.	182,3 °в.д.	182,8 °в.д.
71°с.ш.	0,38	0,39	0,13	0,13	0,1	0,12	0,08	0,14	0,18	0,23
70,5 °с.ш.	0,45	0,37	0,31	0,25	0,18	0,14	0,12	0,13	0,11	0,1
70,0 °с.ш.	0,55	0,5	0,43	0,41	0,37	0,3	0,22	0,13	0,06	0,02
69,5 °с.ш.	0,51	0,52	0,48	0,46	0,43	0,38	0,31	0,27	0,16	0,08
69,0 °с.ш.	*	0,51	0,51	0,47	0,49	0,46	0,4	0,39	0,22	0,13
68,5 °с.ш.	*	*	*	*	*	0,4	0,38	0,36	0,32	0,2

*суша

Как видно из таблицы 2, в ноябре значения ВСЛ в проливе Лонга, как и в июле, являются монотонно возрастающими функциями долготы, однако по мере увеличения широты они уменьшаются. В результате этого маршрут движения судов вдоль южного берега острова Врангеля в ноябре более безопасен, чем путь вдоль северного побережья полуострова Чукотка.

Справедливость данного вывода подтверждают карты схемы ледовой обстановки в Чукотском море, пример которой, соответствующей 2-3. 12. 2015 г. приведен на рисунке 2.

Рисунок 2 показывает, что к началу декабря 2015 г. весь пролив Лонга со стороны Восточно-Сибирского моря был перекрыт серо-белым льдом толщиной до 30 см, однако на восточной части его акватории преобладали нилас и склянка. Следует отметить, что в западной части акватории пролива, расположенной вдоль южного берега острова Врангеля, ледяной покров был также образован ниласом и склянкой, а потому навигация здесь была безопасней.

Обсуждение полученных результатов

В целом полученные результаты соответствуют представлениям, о происходящих изменениях климата и ледяного покрова Арктики. Наличие убывающего тренда в изменениях ВСЛ для любого ее района, а значит и для пролива Лонга, описано в работах многих авторов.

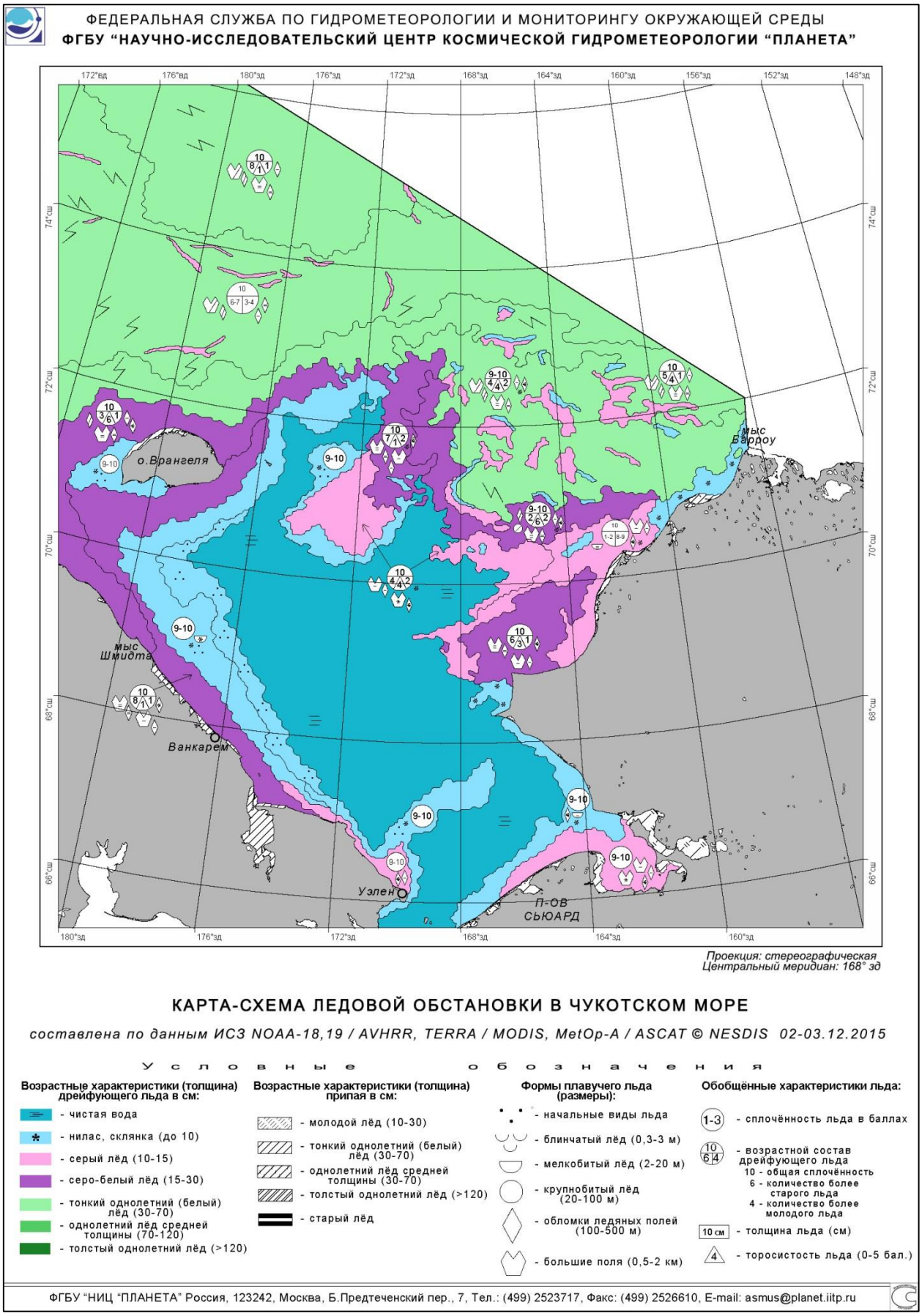


Рисунок 2. Карта-схема ледовой обстановки в Чукотском море 2-3.12.2015г.

Тем не менее, упоминаний о существенном увеличении ВСЛ в проливе Лонга, для июля октября и ноября, которое происходило в 1998-2001гг и 2010-2013 гг, в литературе не выявлено. Повышение на любом участке водного пути ВСЛ свидетельствует об увеличении на нем навигационного риска. Следовательно, вопрос о том, где именно расположены участки акватории пролива Лонга, где происходило упомянутое явление, представляет не только теоретический, но и практический интерес.

Для ответа на него рассмотрены расположения всех участков акватории пролива, где в 1998-2001гг и 2010-2013 гг., значения ВСЛ для июля, октября и ноября были повышенными. При этом, для каждого участка изучаемого района оценены значения показателей Δ_1 и Δ_2, которые определяются соотношениями:

$$\Delta_1 = \text{ВСЛ}(1998\text{-}2001) - \text{ВСЛ}(1997\text{-}2000);$$

$$\Delta_2 = \text{ВСЛ}(2010\text{-}2013) - \text{ВСЛ}(2009\text{-}2012),$$

где ВСЛ (а-б) – среднее значение ВСЛ для того или иного месяца, которое рассчитано за период времени а-б гг..

Очевидно, что, если для некоторого участка значения ВСЛ для периодов времени 1998-2001гг. и 2010-2013 гг. являются повышенными, соответствующие ему значения Δ_1 и Δ_2 положительны.

Распределения по акватории изучаемого района значений Δ_1 и Δ_2, для июля, октября и ноября отображены на его контурных картах с применением метода триангуляции Делоне. В качестве примера, на рисунке 3 отображены распределения по акватории пролива Лонга значений Δ_1 и Δ_2, которые соответствуют ноябрю.

Из рисунка 3 следует, что на отрезках времени, соответствующих обоим максимумам ВСЛ, наибольшее повышение значений этих показателей произошло на одних и тех же участках акватории изучаемого района.

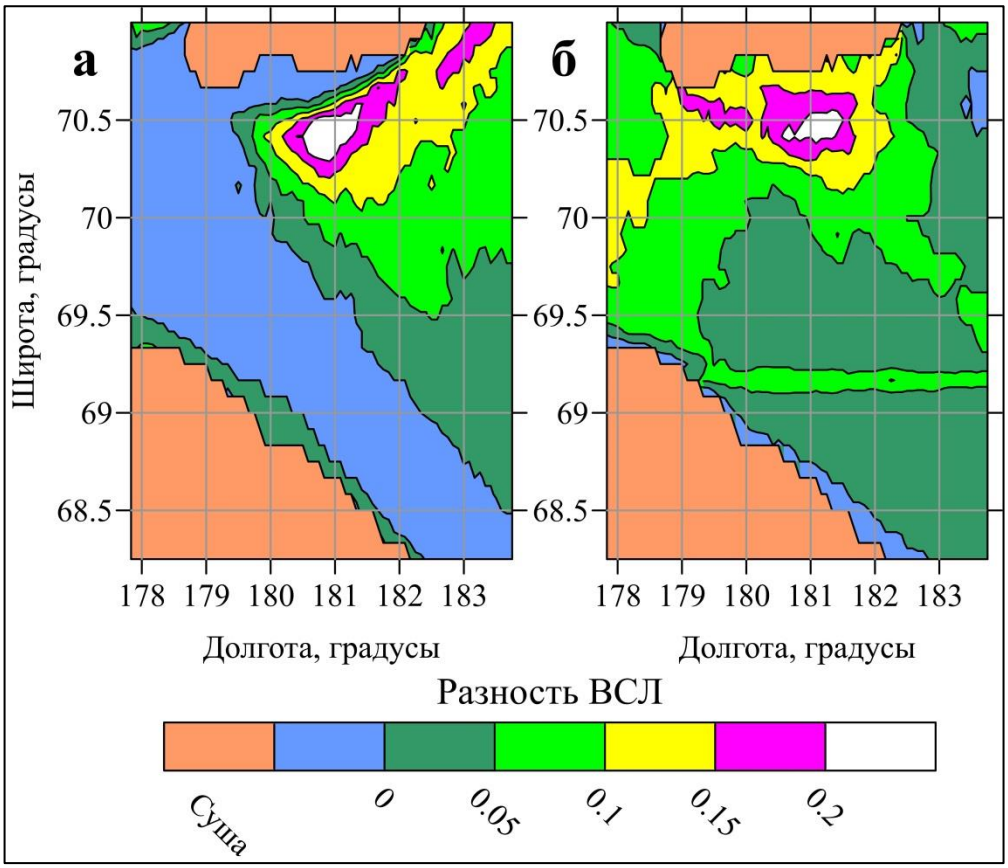


Рисунок 3. Распределения по акватории пролива Лонга значений Δ_1 и Δ_2, которые соответствуют ноябрю.

А) Δ_1; Б) Δ_2

Эти участки располагались в северной части пролива Лонга, у южного берега острова Врангеля, на траверзе бухт Красина и Сомнительная (несколько восточнее линии перемены дат). Именно через них проходит возможный маршрут движения судов, на котором, в 2015-2018 гг. значения ВСЛ в ноябре были минимальными. Аналогичный вывод справедлив и для октября. Таким же образом установлено, что на интервалах времени, соответствующих максимумам многолетних изменений ВСЛ для июля, повышение значений этих показателей произошло в центральной зоне изучаемого района (северней рекомендованного пути).

Выводы

1. В августе-октябре 2015-2018 гг. в проливе Лонга льда не было.

2. Представляется вероятным, что при дальнейшем потеплении регионального климата в это время здесь будет возможна безледокольная навигация.

3. И в июле, и в ноябре, значения ВСЛ в изучаемом районе уменьшались по мере увеличения долготы. В июле они уменьшались также по мере уменьшения широты, но в ноябре при этом они возрастали.

4. В 1998-2001 гг и 2010-2013 гг. максимальное увеличение ВСЛ (более чем на 0,2) имело место в ноябре – у южного берега о. Врангеля (на траверзе бухты Сомнительная), в июле – в зоне, расположенной в средней части пролива, к северу от рекомендованного маршрута.

Литература

1. Правила плавания в акватории Северного морского пути, утвержденные Постановлением Правительства РФ от 18 сентября 2020 г. N 1487 "Об утверждении Правил плавания в акватории Северного морского пути"[Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.nsra.ru/ru/ofitsialnaya_informatsiya/pravila_plavaniya.htm
2. Трипольников В.П. О регистрации рисков ледовой навигации на Северном Морском пути//Арктика экология и экономика. -2018. - №2, (30). – С.125-130.
3. Aksenov Y. On the Future Navigability of Arctic Sea Routes: High-resolution Projections of the Arctic Ocean and Sea Ice / Y. Aksenov, E. E. Popova, A. Yool. A.G. Nurser, T. D. Williams, L. Bertino, J. Bergh // Marine Policy. — 2017. — Vol. 75. — Pp. 300–317. DOI: 10.1016/j.marpol.2015.12.027
4. Overland J.E., Wang M., Walsh J.E., Stroeve J.C., Future Arctic climate changes: Adaptation and mitigation times cales, Earth’s Future 2(2) (2013) 68–74, http: //dx.doi.org/10.1002/2013EF000162.

5. Vichi M., Lovato T., Gutierrez Mlot E., McKiver W. Coupling BFM with Ocean models: the NEMO model (Nucleus for the European Modelling of the Ocean). Bologna: BFM Consortium, 2015
6. Карты-схемы ледовой обстановки в Чукотском море [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://planeta.infospace.ru/prod-cgi/last.pl?product=120
7. Результаты реанализа GLORYS12v.1 (База данных об изменениях сплоченности и других характеристик различных районов Мирового океана.
[Электронный ресурс]. Режим доступа: http://resources.marine.copernicus.eu/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_REANALYSIS_PHY_001_030 (дата обращения 11 декабря 2019).

Literature

1. Rules of navigation in the waters of the Northern Sea Route, approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated September 18, 2020 N 1487 "On approval of the Rules of navigation in the waters of the Northern Sea Route"[Electronic resource]. Access mode: http://www.nsra.ru/ru/ofitsialnaya_informatsiya/pravila_plavaniya.htm
2. Tripolnikov V.P. On registration of risks of ice navigation on the Northern Sea Route//Arctic ecology and economics. -2018. - №2, (30). – Pp.125-130.
3. Aksenov Y. On the Future Navigability of Arctic Sea Routes: High-resolution Projections of the Arctic Ocean and Sea Ice / Y. Aksenov, E. E. Popova, A. Yool. A.G. Nurser, T. D. Williams, L. Bertino, J. Bergh // Marine Policy. — 2017. — Vol. 75. — Pp. 300–317. DOI: 10.1016/j.marpol.2015.12.027
4. Overland J.E., Wang M., Walsh J.E., Stroeve J.C., Future Arctic climate changes: Adaptation and mitigation times cales, Earth’s Future 2(2) (2013) 68–74, http: //dx.doi.org/10.1002/2013EF000162.

5. Vichi M., Lovato T., Gutierrez Mlot E., McKiver W. Coupling BFM with Ocean models: the NEMO model (Nucleus for the European Modelling of the Ocean). Bologna: BFM Consortium, 2015
6. Maps-diagrams of the ice situation in the Chukchi Sea [Electronic resource]. Access mode: http://planeta.infospace.ru/prod-cgi/last.pl?product=120
7. Results of GLORYS12v reanalysis.1 (Database of changes in cohesion and other characteristics of various areas of the World Ocean. [electronic resource].Access mode: http://resources.marine.copernicus.eu/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_REANALYSIS_PHY_001_030 (accessed December 11, 2019).

© Курочкин Л.Е., Холопцев А.В., Борисов К.И., 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №1/2022.

Для цитирования: Курочкин Л.Е., Холопцев А.В., Борисов К.И. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА В ПРОЛИВЕ ЛОНГА В ПЕРИОД НАВИГАЦИИ //Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №1/2022.