

Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution License 4.0 International (CC BY 4.0)

Content is available under Creative Commons Attribution License 4.0 International (CC BY 4.0)



НАУЧНАЯ СМЕНА

Кorableв Олег Андреевич

В 2019 г. окончил Технический нефтегазовый институт Сахалинского государственного университета (СахГУ) по специальности «нефтегазовое дело». В настоящее время магистрант 2 курса Технического нефтегазового института СахГУ по специальности «геоэкология» направления подготовки «экология и природопользование». Проходит преддипломную практику в научно-исследовательской лаборатории дистанционного зондирования Земли СахГУ и РАН под руководством доктора технических наук, профессора Владимира Михайловича Пищальника, в качестве научного консультанта выступает доктор физико-математических наук, доцент Игорь Георгиевич Минервин. Основной деятельностью О.А. Кorableва в лаборатории является получение и обработка космических снимков в оперативном режиме. Область научных интересов магистранта – изучение взаимодействия океана и атмосферы, дистанционное зондирование Земли с помощью беспилотных летательных аппаратов.

УДК 551.32

<https://doi.org/10.30730/gtr.2021.5.1.060-066>

О новом предикторе, влияющем на ледообразование в Охотском море

© 2021 О. А. Кorableв

*Сахалинский государственный университет, Технический нефтегазовый институт,
Южно-Сахалинск, Россия*

E-mail: oleg.korablev.00@mail.ru

Резюме. При прогнозе динамики, дрейфа и перераспределения льдов необходимо принимать во внимание теплообмен между тремя средами – водой, льдом и воздухом. Известно, что составляющие теплового баланса меняются довольно сильно в зависимости от того, на границе каких сред они рассматриваются. На участках чистой воды велики испарение и турбулентный теплообмен с атмосферой. Испарение с поверхности льда и снега значительно меньше. Для изучения появления льда необходимо учитывать только те среды, между которыми происходит интенсивный теплообмен, – это вода и атмосфера. В статье на основе статистического метода корреляционного анализа по данным о температуре воздуха на гидрометеорологических станциях и площади льда с открытых источников проведено исследование термодинамических процессов, протекающих над акваторией моря. Найден новый предиктор, указывающий на высокую взаимосвязь 0.90–0.95 между суммой градусов суточной разности температур на гидрометеорологических станциях Оха и Оймякон и данными площади морского льда в северо-западном регионе Охотского моря на последний день месяца.

Ключевые слова: гидрометеорологические станции, сумма градусодней мороза, корреляции, морской лед

On a new predictor affecting ice formation in the Sea of Okhotsk

Oleg A. Korablev

Sakhalin State University, Technical Oil and Gas Institute, Yuzno-Sakhalinsk, Russia

E-mail: oleg.korablev.00@mail.ru

Abstract. Heat exchange between the three media – water, ice and air – must be taken into account when predicting the ice dynamics, drift and redistribution. It is known that the components of the heat balance vary quite strongly depending on the boundary of which media they are considered. Evapora-

tion and turbulent heat exchange with the atmosphere are great in the areas of pure water, while evaporation from the surface of ice and snow is much less pronounced. To study the appearance of ice, it is necessary to consider only those environments between which intense heat exchange takes place; these environments are water and the atmosphere. This article studies the thermodynamic processes occurring over the seawater area by the statistical method of correlation analysis using the data on air temperature collected at hydrometeorological stations and those on the ice area from open sources. A new predictor is proposed, indicating a high correlation of 0.90–0.95 between the sum of degrees of daily temperature difference at the hydrometeorological stations of Okha and Oymyakon and the data on the area of the sea ice in the northwestern region of the Sea of Okhotsk on the last day of the month.

Keywords: hydrometeorological stations, accumulated freezing degree-days, correlations, sea ice

Для цитирования: Кораблев О.А. О новом предикторе, влияющем на ледообразование в Охотском море. *Геосистемы переходных зон*, 2021, 5(1), с. 60–66. <https://doi.org/10.30730/grtz.2021.5.1.060-066>

For citation: Korablev O.A. On a new predictor affecting ice formation in the Sea of Okhotsk. *Geosistemy perhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2021, 5(1), pp. 60–66. (In Russ., abstr. in Engl.). <https://doi.org/10.30730/grtz.2021.5.1.060-066>

Введение

На шельфе Охотского моря в последние 20 лет идет активная разведка и добыча углеводородов. Специфика разработки морских месторождений нефти и газа предусматривает круглогодичное транспортное (в том числе и судовое) обслуживание производственных объектов, естественным препятствием для которого служит ледяной покров. Для устойчивого развития данного направления необходимо принимать во внимание как можно больше предикторов (прогностических параметров), которые помогут понять, как будет в дальнейшем изменяться ледовый режим.

Прогноз зимних ледовых процессов (нарастания толщины и увеличения количества льда) учитывает прежде всего два основных фактора: температуру воздуха и режим ветра. На интенсивность ледообразования к определенному моменту времени влияет сумма отрицательных температур воздуха, накопленная от дня перехода температуры воздуха через 0 °С к отрицательным значениям до дня, на который прогнозируется данная ледовая характеристика (даты появления льда, даты достижения льдом определенной толщины и т.д.). Эту величину принято называть суммой градусной мороза (СГДМ) [Думанская, Котилевская, 2009].

Охотское море расположено в умеренных широтах, к юго-востоку от полюса холода

Северного полушария, и подвержено влиянию муссонной циркуляции, формирующейся на границе самого большого материка и самого большого океана на земном шаре. Ввиду значительных пространственных размеров (протяженность с юго-запада на северо-восток более 2.5 тыс. км), особенностей циркуляции вод и воздушных масс, рельефа дна и конфигурации береговой черты, гидрометеорологические условия отдельных районов Охотского моря существенно различны. Определяющим фактором образования льда в Охотском море является влияние зимнего муссона, который не только доставляет на акваторию моря холодные воздушные массы, но и обуславливает постоянный дрейф льда на всей акватории моря с южной составляющей. Следует отметить, что в период действия зимнего муссона холодные воздушные массы поступают на акваторию моря по двум генеральным направлениям: с северо-запада – из районов, прилегающих к полюсу холода, центр которого находится в районе села Оймякон в Якутии, и с северо-востока – из районов Восточной Арктики. Данное обстоятельство обуславливает существенные различия в условиях генерации льда не только между северной и южной частями моря, но и между северо-западным и северо-восточным его районами, поскольку указанные воздушные потоки значительно различаются по своим метеорологическим характеристикам¹.

¹ *Моделирование динамики природных процессов в Охотском и Японском морях в целях обеспечения безопасности обустройства и эксплуатации месторождений углеводородов на шельфе о. Сахалин: отчет о НИР (заключит.). 2016. Рук. д.т.н. В.М. Пищальник. Южно-Сахалинск. № ГР НИОКР 114042140017; Рег. № ИКРБС АААБ16-216032270071-7. Modeling the dynamics of natural processes in the Sea of Okhotsk and the Sea of Japan to ensure the safety of development and operation of hydrocarbon fields on the shelf of the Sakhalin Island: research report (final). 2016. Research manager, Doctor in Engineering V.M. Pischalnik. Yuzhno-Sakhalinsk.*

Образующийся в северных районах ледяной покров на фоне зимнего муссона и под воздействием отмеченных выше воздушных потоков дрейфует в юго-восточном и юго-западном направлениях соответственно. При этом толщина льда под воздействием термических и динамических факторов постоянно нарастает. В результате формируется главная и характерная особенность ледяного покрова дальневосточных морей – увеличение толщины льда по мере продвижения его с севера на юг (Отчет о НИР, 2016²; [Думанская, 2013]).

В исследованиях [Пищальник и др., 2016] наибольшие по абсолютной величине значения коэффициентов корреляции между площадью ледяного покрова Охотского моря и СГДМ для отдельных гидрометеорологических станций (ГМС) получены для ГМС Охотск и Магадан (соответственно 0.73 и 0.72).

При прогнозировании ледовых процессов необходимо понимать направленность изменений ледового режима как в Охотском море в целом, так и в отдельном конкретном ледовом районе. Основой любых прогностических оценок является также знание закономерностей изменчивости исследуемого явления в предшествующие временные периоды.

Известно, что при прогнозе динамики льдов, дрейфа и перераспределения льдов следует учитывать в первую очередь взаимодействие ветра, атмосферного давления, скорость подледных течений. Помимо учета динамических факторов, необходимо принимать во внимание и термические – теплообмен с атмосферой и водной средой. Учет этих факторов – сложная задача, так как необходимо рассматривать теплообмен между тремя средами – водой, льдом и воздухом.

Известно, что составляющие теплового баланса меняются довольно сильно в зависимости от того, на границе каких сред они рассматриваются. На участках чистой воды велики испарение и турбулентный теплообмен с атмосферой. Испарение с поверхности льда и снега значительно меньше. Потоки лучистого тепла также зависят от свойств среды. Например, весной большую роль в тепловом балансе на границе лед–воздух играет процесс отражения солнечной радиации, в то время как на границе вода–воздух влияние его гораздо меньше.

В статье на основе изучения термодинамических процессов, протекающих над акваторией Охотского моря, исследован в качестве предиктора параметр, связанный с влиянием холодных масс Оймякона и подстилающего температурного поля открытой поверхности моря.

Методы и материалы

Исследование термодинамических процессов, протекающих над акваторией Охотского моря, проведено на основе статистического метода корреляционного анализа по данным из открытых источников (указаны ниже) о температуре воздуха на гидрометеорологических станциях и площади льда. Для учета закономерностей распределения теплового баланса в исследуемом районе был построен и проанализирован многолетний ряд температур воздуха на ГМС Оймякон с ноября 1943 по апрель 2020 г., что позволило выявить наличие влияния Оймякона на ледовитость моря.

Исходя из этого, пришли к выводу, что необходимо изучить в качестве потенциального предиктора параметр, связанный с влиянием холодных масс Оймякона и подстилающего температурного поля открытой поверхности моря с температурой $-1.8\text{ }^{\circ}\text{C}$, так как при этой температуре начинает образовываться лед в условиях соленой морской воды. Поступление холодных масс с Оймякона (полюса холода) приводит к отбору тепла от открытой поверхности моря, а это, в свою очередь, к ледообразованию.

Наличие связи между количеством суточной теплоты, получаемой воздухом от поверхности моря, и суточным количеством теплоты ледообразования, выявляют уравнения, показывающие связь теплоемкости воздуха и теплоты ледообразования.

Количество суточной теплоты ΔQ , получаемой воздухом от поверхности моря, пропорционально разности между температурой холодных масс, приходящих с Оймякона, и температурой нагретого за счет моря воздуха на ГМС, оно выражается формулой

$$\Delta Q_{\text{возд}} = c_{\text{возд}} m_{\text{возд}} (t_2 - t_1) = c_{\text{возд}} m_{\text{возд}} \Delta t,$$

где c – удельная теплоемкость воздуха, m – масса воздуха, Δt – разница между температурой t_1 холодных масс, перемещающихся

² Моделирование динамики природных процессов в Охотском и Японском морях... , 2016.

за счет зимнего муссона с Оймякона³, и температурой t_2 на ГМС Оха⁴.

Количество теплоты ледообразования в первом приближении будет равно отобранной теплоте от воды, пошедшей на нагрев воздуха:

$$\Delta Q_{\text{льда}} = \Delta Q_{\text{возд}}$$

В свою очередь количество теплоты ледообразования выражается формулой:

$$\Delta Q_{\text{льда}} = \lambda_{\text{льда}} \Delta m_{\text{льда}},$$

где λ – удельная теплота ледообразования, Δm – прирост массы льда.

Выразим массу льда, образовавшуюся за сутки:

$$\Delta m_{\text{льда}} = \rho_{\text{льда}} \Delta V_{\text{льда}} = \rho_{\text{льда}} h_{\text{льда}} \Delta S_{\text{льда}},$$

где ΔS – прирост площади льда, h – толщина льда, ρ – плотность льда, ΔV – прирост объема льда.

В зоне генерации льда толщину можно считать равномерно распределенной, тогда:

$$\rho_{\text{льда}} h_{\text{льда}} = \text{const}; c_{\text{возд}} m_{\text{возд}} = \text{const}.$$

Поэтому за каждый месяц сопоставили площадь льда на последний день календарного месяца (S) и сумму градусов суточной разницы температур (СГСРТ, $\sum \Delta t$). В отличие от СГДМ, где используется только температура с одной ГМС, в СГСРТ используется разница между температурами воздуха по данным двух гидрометеостанций.

Площади морского льда в северо-западном регионе [Минервин и др., 2015] Охотского моря были взяты по данным мультисенсорного анализа протяженности морского льда (MASIE), они размещены в свободном доступе на сайте Национального центра данных по снегу и льду⁵.

Результаты и обсуждение

Охотское море относится к категории замерзающих морей, в которых формируется сезонный ледяной покров. Все выборки по температурам и площади морского льда первоначально брались с октября по апрель.

На первом этапе был построен многолетний ряд СГДМ на метеостанции Оймякон с ноября 1943 г. по апрель 2020 г. Самые ранние общедоступные и открытые данные по ежедневной температуре воздуха на ГМС Оймякон были найдены с 1943 г. За столь продолжительный период времени в данных метеостанции было несколько пропусков в замерах. Пропуски восстанавливались мной по методу прямой интерполяции.

По графику видно, что СГДМ уменьшается, следовательно, температура воздуха растет. Особо теплыми были сезоны 1980–1981 и 2010–2011 гг. Суммы СГДМ многих сезонов хорошо согласуются с линией тренда (красная линия). Начиная с 1980 г. наблюдается повышение температуры воздуха на 0.25 % в год.



Рис. 1. График изменения суммы градусодней мороза на станции Оймякон с ноября 1943 по апрель 2020 г.

Figure 1. Graph of change in accumulated freezing degree-days at the Oymyakon station from November 1943 to April 2020

³ Архив данных температуры воздуха на ГМС Оймякон [Archive of the data on the air temperature on the Oymyakon HMS]. URL: http://thermo.karelia.ru/weather/w_history.php?town=oim&month=7&year/ (accessed 16.02.2020).

⁴ Архив данных температуры воздуха на ГМС Оха [Archive of the data on the air temperature on the Okha HMS]. URL: [https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Охе_\(аэропорт\)](https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Охе_(аэропорт)) (accessed 05.02.2020).

⁵ National Snow & Ice Data Centre. URL: http://masie_web.apps.nsidc.org/pub/DATASETS/NOAA/G02186/shapefiles/ (accessed 10.09.2020).

Поскольку Оймякон является полюсом холода для акватории Охотского моря, можно предположить, что потепление в этой точке влияет на ледовитость моря.

На втором этапе мы стали пробовать различные комбинации между данными СГДМ на станциях Оймякон и Оха и площадью льда в северо-западном регионе Охотского моря, чтобы найти наибольший коэффициент корреляции. Сначала сопоставили СГДМ станций Оймякон и Оха с данными площади морского льда в северо-западном регионе Охотского моря с 2006 г. (данные мультисенсорного анализа протяженности морского льда стали доступны лишь с 2006 г.). Коэффициент корреляции оказался очень низким. Коэффициент же корреляция СГДМ между станциями был ощутимый – более 0.8 (табл. 1).

Из исследуемых сезонов пришлось исключить октябрь, так как в этом месяце еще нет льда и учет данных по нему искажает зависимости, снижая показатель корреляции (табл. 2). Коэффициент корреляции снижается также в марте и апреле, практически в 2 раза, поскольку в середине марта и начале апреля каждый год резко меняется теплообмен между холодными массами воздуха и моря из-за перекрытия водных масс в этой акватории льдами. Поэтому март и апрель из расчетов тоже исключили (табл. 2).

Выяснив хорошую корреляционную зависимость СГДМ Оймякона и Охи, разность между СГДМ этих станций сравнили с площадью морского льда за последний день месяца с 2006 по 2019 г. в северо-западном регионе Охотского моря (табл. 1).

С учетом того, что коэффициент корреляции СГДМ между станциями составил 0.8, на третьем этапе провели расчет корреляции между суммой градусов суточной разницы температур (СГСРТ) на ГМС Оха и Оймякон с площадью морского льда за последний день месяца в северо-западном регионе Охотского моря. При таком подходе коэффициент корреляции достиг величины 0.90–0.95.

Сравнив корреляции, полученные за 2 периода времени, с ноября по февраль (табл. 2) и с марта по апрель (табл. 3), можно сказать, что гипотеза относительно предиктора работает. С ноября по февраль происходит нарастание льда, холодные воздушные потоки с Оймякона забирают тепло у поверхности моря и образуется лед. А с марта по май открытая поверхность северо-западного региона Охотского моря закрывается льдом и холодному воздуху больше не с чем контактировать, поэтому коэффициент корреляции получается с противоположным знаком.

Для составления прогноза и предупреждения аварийных ситуаций важна детальная проработка вопросов, связанных с начальной стадией ледообразования, которая фактически является основой формирования всего ледообразования в Охотском море. Особенно важно это для районов, где производится обслуживание буровых платформ судами в зимний период. Принято решение не рассматривать в целом все Охотское море, а только первый район, потому что там происходит генерация льда и следует уточнить, как это происходит. Мы рассматриваем период времени с ноября по февраль, когда вода еще не закрыта льдом,

Таблица 1. Корреляции СГДМ на станциях Оймякон и Оха с данными площади морского льда в северо-западном регионе Охотского моря с 2006 по 2019 г.

Table 1. Correlations of the accumulated freezing degree-days at the Oymyakon and Okha stations with the data on the sea ice area in the northwestern region of the Sea of Okhotsk from 2006 to 2019

Корреляция	2006– 2007	2007– 2008	2008– 2009	2009– 2010	2010– 2011	2011– 2012	2012– 2013	2013– 2014	2014– 2015	2015– 2016	2016– 2017	2017– 2018	2018– 2019	Ср. знач. *100 %
Оймякон СГДМ – S _{льда}	–0.16	–0.02	0.10	0.39	0.39	0.32	0.0	0.03	0.43	0.33	–0.28	0.38	0.04	22.59
Оха СГДМ – S _{льда}	–0.35	–0.22	–0.27	–0.23	–0.31	–0.38	–0.43	–0.50	–0.28	–0.29	–0.39	–0.12	–0.35	32.29
СГДМ _{Ойм} – СГДМ _{Оха}	0.95	0.94	0.90	0.71	0.48	0.71	0.89	0.78	0.63	0.76	0.97	0.80	0.89	82.04

Таблица 2. Корреляции СГСРТ на ГМС Оха и Оймякон с площадью морского льда ($S_{\text{льда}}$) за последний день месяца в северо-западном регионе Охотского моря в зимние сезоны с ноября по февраль 2006–2019 гг.

Table 2. Correlation of the accumulated degrees of daily temperature difference (ADDDT) at the Okha and Oymyakon hydrometeorological stations with the sea ice area for the last day of the month in the northwestern region of the Sea of Okhotsk during winter seasons from the November to the February of 2006–2019

Ме- сяц	2006– 2007	2007– 2008	2008– 2009	2009– 2010	2010– 2011	2011– 2012	2012– 2013	2013– 2014	2014– 2015	2015– 2016	2016– 2017	2017– 2018	2018– 2019
XI	–623 1.7	–829 2.6	–799 1.08	–759 4.2	–962 1.02	–966 2.2	–772 1.7	–834 1.5	–976 3.5	–849 1.9	–734 17.1	–792 10.1	–725 1.2
XII	–1511 29.2	–1632 23.5	–1755 8.8	–1756 19.3	–1896 14.1	–1993 27.9	–1734 28	–1773 14.1	–2050 19.7	–1951 13.9	–1577 34.3	–1720 17.4	–1633 18.9
I	–2456 41	–2517 43.7	–2717 28.9	–2725 30.9	–2816 30.3	–2874 27.9	–2578 35.9	–2499 40	–2732 30.2	–2703 33	–2540 41.1	–2522 30.8	–2562 33
II	–3164 43.5	–3352 43.7	–3427 42.9	–3387 39.9	–3722 42.6	–3510 43.7	–3429 41.8	–3064 43.5	–3509 34	–3387 43.6	–3259 41.2	–2952 43	–3241 43.7
K_{κ}	–93.97	–94.20	–98.29	–99.88	–99.87	–94.41	–94.63	–97.18	–98.08	–98.62	–91.08	–96.80	–99.82

Примечание. Здесь и в табл. 3 первая строка – СГСРТ, вторая – $S_{\text{льда}}$.

Note. Here and in the Table 3, first line is ADDTD, second one is ice area ($S_{\text{льда}}$).

Таблица 3. Корреляции СГСРТ на ГМС Оха и Оймякон с площадью морского льда ($S_{\text{льда}}$) за последний день месяца в северо-западном регионе Охотского моря в зимние сезоны с марта по май 2006–2019 гг.

Table 3. Correlation of the accumulated degrees of daily temperature difference at the Okha and Oymyakon hydrometeorological stations with the sea ice area for the last day of the month in the northwestern region of the Sea of Okhotsk during winter seasons from the March to the May of 2006–2019

Ме- сяц	2006– 2007	2007– 2008	2008– 2009	2009– 2010	2010– 2011	2011– 2012	2012– 2013	2013– 2014	2014– 2015	2015– 2016	2016– 2017	2017– 2018	2018– 2019
III	–3753 40.4	–3950 29.48	–3940 23.42	–3943 40.98	–4183 40.40	–4052 43.7	–3956 38.22	–3694 33.9	–4196 27.7	–3920 38.61	–3790 25.2	–3454 42.4	–3826 41.8
IV	–3973 19.9	–4302 22.18	–4208 17.57	–4174 32.05	–4446 25.89	–4290 29.9	–4202 16.59	–4031 14.2	–4496 17.9	–4164 27.8	–3976 13.5	–3641 28.2	–4009 18.8
V	–3913 6.48	–4230 7.9	–4248 8.4	–4005 11.3	–4429 8.4	–4241 11.6	–4076 15.6	–4039 6.1	–4479 7.4	–4186 6.5	–3979 7.3	–3646 5.29	–3974 4.13
K_{κ}	78.51	62.05	86.3	3.52	80.6	69.5	83.8	96.3	83	80.6	94.2	80.5	83.6

потому что лед является изолятором и, когда он перекрывает открытую воду, процесс теплообмена совершенно меняется.

Предыдущие работы различных авторов показали связь между СГДМ и площадью льда, однако, как можно видеть на практике, кривые роста льда и СГДМ не всегда отражают истинную картину. Также указывают начальной стадией образования льда дату перехода через 0 °С, но вода может быть сильнее переохлаждена, и ее температура может постоянно колебаться в зависимости от внешних факторов. А вот предиктором ледообразования можно считать между температурами воздуха в направлениях, откуда дует ветер и куда он дует, это и есть температура, необходимая для формирования льда

и его последующего нарастания. Этот показатель учитывает время задержки переноса воздушных масс и не зависит от случайных переходов температуры через 0 °С.

Заключение

Анализ показал хорошую корреляцию суммы градусов суточной разницы температур на ГМС Охи и Оймякона за 2006–2019 гг. с данными площади морского льда в северо-западном регионе Охотского моря, коэффициент корреляции составляет порядка 0.90–0.95. Это обосновывает выбор данного параметра в качестве предиктора, влияющего на ледообразование в данном регионе. Параметр СГСРТ может использоваться в будущем для выработки

прогностического правила предсказания начала образования и нарастания льда. При этом он может работать только в условиях интенсивного теплообмена между водой и атмосферой. В качестве подтверждающего фактора было

выяснено, что при нарушении этого условия коэффициент корреляции меняет знак.

В связи с этим необходимо в дальнейшем детально исследовать этот параметр для других частей Охотского и Японского морей.

Список литературы

1. Думанская И.О. **2013**. Изменение климатических ледовых характеристик Охотского моря в конце XX – начале XXI века. *Труды Гидрометцентра России*, 350: 110–141.
2. Думанская И.О., Котилевская А.М. **2009**. Оценка возможности использования прогностических методик XX века в современной практике ледового обслуживания мореплавания на неарктических морях России. *Труды ГМЦ РФ*, 343: 67–88.
3. Минервин И.Г., Романюк В.А., Пищальник В.М., Трусков П.А., Покрашенко С.А. **2015**. Районирование ледяного покрова Охотского и Японского морей. *Вестник Российской академии наук*, 85(1): 24–32.
4. Пищальник В.М., Романюк В.А., Минервин И.Г., Батухтина А.С. **2016**. Анализ динамики аномалий ледовитости Охотского моря в период с 1882 по 2015 г. *Известия ТИНРО*, 185: 228–239. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2016-185-228-239>

References

1. Dumanskaya I.O. **2013**. [Change in climatic ice characteristics of the Sea of Okhotsk in the late XX – early XXI century]. *Trudy Gidromettsentra Rossii [Proceedings of the Hydrometcenter of Russia]*, 350: 110–141.
2. Dumanskaya I.O., Kotilevskaya A.M. **2009**. [Estimation of possibility of the use of forecasting methods of the 20th century in contemporary practice of the ice service of navigation in non-arctic seas of Russia]. *Trudy Gidromettsentra Rossii [Proceedings of the Hydrometcenter of Russia]*, 343: 67–88.
3. Minervin I.G., Romanyuk V.A., Pishchalnik V.M., Truskov P.A., Pokrashenko S.A. **2015**. Zoning of the ice cover of the Sea of Okhotsk and the Sea of Japan. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk = Herald of the Russian Academy of Sciences*, 85: 132–139.
4. Pishchalnik V.M., Romanyuk V.A., Minervin I.G., Batuhina A.S. **2016**. Analysis of dynamics for anomalies of the ice cover in the Okhotsk Sea in the period from 1882 to 2015. *Izvestiya TINRO*, 185: 228–239. (In Russ.). <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2016-185-228-239>

Об авторе

КОРАБЛЕВ Олег Андреевич, студент 2 курса Технического нефтегазового института направления подготовки «экология и природопользование» (магистратура), лаборатория дистанционного зондирования Земли СахГУ и РАН, Сахалинский государственный университет, Южно-Сахалинск, oleg.korablev.00@mail.ru

About Author

KORABLEV Oleg A., second year Student of Technical Oil and Gas Institute, “Ecology and Nature management” specialty (master’s program), Research laboratory of remote sensing of the Earth of Sakhalin State University and Russian Academy of Sciences, Sakhalin State University, Yuzno-Sakhalinsk, oleg.korablev.00@mail.ru