

information as well as using the spatial query tool and different cartographic bases, including remote sensing materials.

KEYWORDS:

cartography, geo-information resources, spatial data base, Web-GIS, geomorphology, absolute dating of sediments

REFERENCES

1. Recurring flood distribution patterns related to short-term holocene climatic variability/ G. Benito, M.G. Macklin *et al.*, Scientific reports, 2015, Vol. 5, pp. 16398–1–16398–8.
2. Dickmann F. Kartographie in Internet, Möglichkeiten und Grenzen der neuen Informationstechnologie für die Kartographische Praxis, Kartogr.Nachr., 1994, 47, No 3, pp. 87–96 (in German).

УДК 551.467

DOI: 10.24057/2414-9179-2017-2-23-250-256

И.В. Шумилов¹, В.М. Пищальник², И.Г. Минервин³

О НОВОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «ЛЁД»

АННОТАЦИЯ

В работе представлено описание новой версии (1.2) программного комплекса «ЛЁД», предназначенного для расчёта площади морского льда различной сплошности по пентадным (один раз в пять дней) архивным картам-схемам ледяного покрова Охотского и Японского морей, создаваемых на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в универсальной полярной стереографической проекции (UPS) и публикуемых в свободном доступе Japan Meteorological Agency (JMA) после каждого ледового сезона, начиная с 1971 года. В процессе модификации базовой версии программного комплекса была реализована дополнительная возможность обработки оперативных ледовых карт-схем, публикуемых и в оперативном режиме на сайте JMA в период с декабря по май два раза в неделю (во вторник и пятницу) в поперечно-цилиндрической проекции Меркатора. Добавлены функции создания масок районирования для расчёта площади ледяного массива по оперативным картам-схемам в районах с произвольными границами для выборок любой длины и периодичности. Реализована возможность расчёта объёма льда, путем учёта средней толщины массива льда в выделенном районе, которая вычисляется ледовым экспертом по спутниковым снимкам в видимом и инфракрасном диапазонах. Приведено описание форматов файлов с исходными и выходными данными, содержащими информацию о районировании, толщине льда, площади ледяного покрова различной сплошности. Описана методика создания масок для районов с фиксированной толщиной льда на оперативных картах-схемах. Приведены формулы для расчёта объёма льда в выделенных районах с произвольными границами на акваториях Охотского и Японского морей.

¹ ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет»; 693000, Россия, Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290; e-mail: ilyarolevik1@yandex.ru

² ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет»; 693000, Россия, Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290; e-mail: vpishchalnik@rambler.ru

³ ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет»; 693000, Россия, Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290; e-mail: igor@minervin.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

ледовые карты, площадь, сплочённость, ледяной покров, районирование, объём льда, Охотское море, Японское море

ВВЕДЕНИЕ

Данные, получаемые с помощью дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) метеорологическим космическими аппаратами, уже более трёх десятилетий являются основным источником информации для мониторинга и изучения климатических изменений ледяного покрова.

Важной задачей исследований является оперативный мониторинг площади и сплочённости массива льда как в море в целом, так и в отдельных его районах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На основе принимаемых с космических аппаратов NOAA, MTSAT снимков Japan Meteorological Agency (JMA) составляет и публикует в открытом доступе на своём официальном сайте (www.data.jma.go.jp) карты-схемы ледяного покрова с учётом сплочённости льда, рассчитанного по 10-бальной шкале. Зоны льда различной сплочённости скомпонованы по градациям WMO (1-3, 4-6, 7-8 и 9-10 баллов) [6] и раскрашены на карте разными цветами (рисунок 1). Карты-схемы представлены изображениями формата GIF и публикуются в оперативном режиме в период с декабря по май два раза в неделю (во вторник и пятницу) в универсальной полярной стереографической проекции (UPS) с разрешением 640x448 пикселей. По окончании ледового сезона формируется коллекция пентадных (раз в пять дней) архивных карт в поперечно-цилиндрической проекции Меркатора с разрешением 512x512 (рисунок 2), которые обычно используются для расчёта климатических и режимных характеристик.

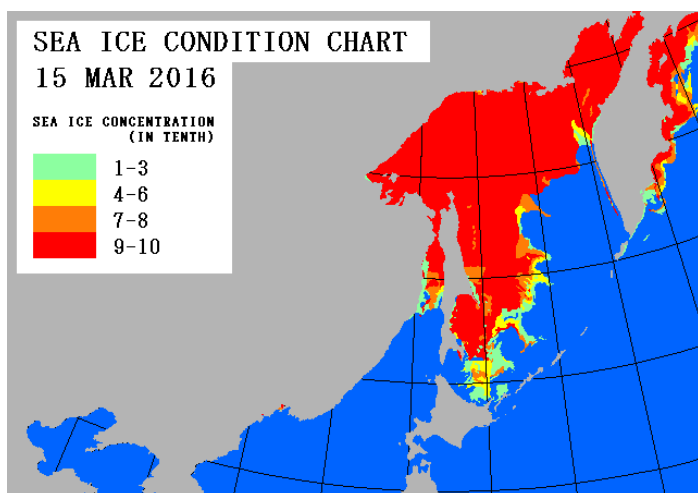


Рисунок 1. Пример оперативной карты-схемы JMA на 15 марта 2016 г.

Figure 1. Example of JMA operational map-scheme as of March 15, 2016

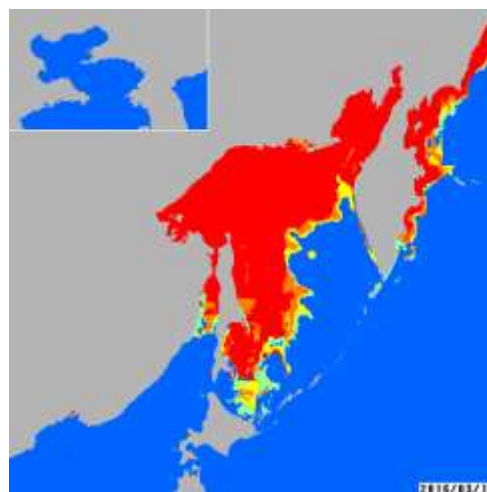


Рисунок 2. Пример архивной карты-схемы JMA на 15 марта 2016 г.

Figure 2. Example of JMA archive map-scheme as of March 15, 2016

В работах [Минервин, 2015; Плотников, 1998, 2002] установлено, что ледовый режим на различных участках акватории морей может существенно различаться. Это обусловлено характером гидрометеорологических условий и разными пространственно-временными масштабами явлений. Программное обеспечение для решения задач такого класса отсутствовало, поэтому в Сахалинском государственном университете (СахГУ) был разработан программный комплекс «ЛЕД» (ПК «ЛЕД») [Пищальник, 2015], ставший удобной платформой для изучения ледового режима Охотского, Японского морей [Границы..., 2000] и расчёта характеристик ледяного покрова в различных пространственных масштабах.

Базовая версия ПК «ЛЕД» – комплекс программ для расчёта площади ледяного покрова в районах с произвольными границами, разработана в среде Borland Delphi 7 с помощью языка Delphi и представлена двумя модулями RegionMap и IceMap для работы с архивными картами-схемами ледяного покрова [Пищальник, 2015].

Для решения нового класса задач – вычисления площади ледяного покрова по оперативным картам и расчёта объёма льда в районах с произвольными границами – ПК «ЛЕД» был модифицирован до версии 1.2. Описание изменений, внесённых в программный код процедур и функций в ходе разработки версии 1.2, и является целью данной работы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В существующий модуль ПК «ЛЕД» – RegionMap, с помощью которого создаются произвольные маски районирования, были добавлены панели (рис. 3), предназначенные для выбора формата карт-схем – оперативных в формате 640x448, или архивных 512x512 пикселей, и выбора назначения создаваемой маски – карта районирования или карта толщины льда.

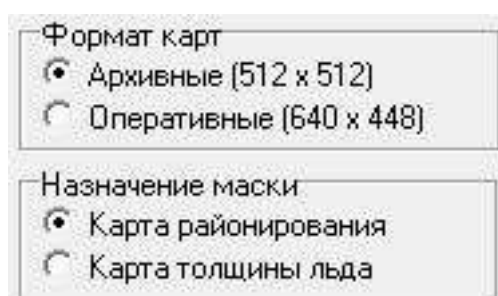


Рисунок 3. Панель выбора формата карт-схем и назначения создаваемой маски

Figure 3. Schematic chart (maps) format and the purpose of the created mask selection panel

В ПК «ЛЕД» были внесены изменения, позволяющие создавать совместимые с оперативными картами ЖМА произвольные маски районирования в формате BMP разрешения 640x448 пикселей и соответствующие им конфигурационные TXT-файлы, которые содержат характеристики создаваемых карт (имена районов, количество районов, информация о цветокодировании). Для установления соответствия и преобразования координат для оперативных карт-схем ЖМА были определены и добавлены в отдельный конфигурационный файл координаты в пикселях точек оперативных карт-схем ЖМА, и соответствующие им координаты точек карты, используемой для работы в RegionMap. Для корректного преобразования

координат были определены географические координаты угловых точек оперативных карт-схем и занесены в программный код модуля RegionMap. Внесены изменения в процедуры обработки событий главной формы и компонентов, расположенных на ней, в том числе процедуру btReadyClick, срабатывающую при нажатии на кнопку «Готово» и предназначенную для формирования файла маски районирования. Также изменён код процедуры PX_PY_to_XY() пересчёта положения пикселей для работы с оперативными картами ЖМА.

Для мониторинга ледовой обстановки в Охотском и Японском морях используется жёсткая схема иерархического районирования с тремя уровнями классификации [Минервин, 2015]. Обновлённая версия RegionMap позволяет создавать маски районирования ледяного покрова для карт любого указанного выше формата как в границах строго иерархического районирования, так и в границах любой произвольной формы.

В модуль RegionMap была добавлена функция расчёта объёма льда на выделенной акватории. Толщина льда определяется ледовым экспертом по спутниковым снимкам, а затем заносится через интерфейс RegionMap в конфигурационный файл маски толщины льда. Для работы алгоритма были внесены изменения в процедуры обработки событий компонентов главной формы.

Модуль IceMap предназначен для расчёта площадей ледяного покрова по маскам районирования произвольной формы. Данный модуль позволяет в выделенных районах проводить расчёт площади морского льда по градациям сплочённости и генерировать из полученных данных Excel-файлы с соответствующей информацией.

Объёмы льда		Ледовый сезон 2015-2016 гг.	
		Охотское море	Татарский пролив
15.12		13.1	1.2
15.01		97.6	
15.02		191.4	4.6
15.03		421.4	7.0
15.04		242.3	
15.05		73.2	

Рисунок 4. Таблица Excel-файла Ice Map с результатами расчётов объёма льда
Figure 4. Table of the Ice Map Excel-file with the results of calculations of the volume of ice

В ПК «ЛЁД» версии 1.2 модуль IceMap был доработан таким образом, что программе не требуется указывать формат входных данных. Определение формата (архивные или оперативные карты) и расчёт площадей льда в интересующих районах на основе цветокодированной информации производятся автоматически. При работе программа определяет наличие льда в данном районе карты и рассчитывает площадь льда для разных градаций сплочённости. Для корректной работы алгоритма при обработке оперативных карт-схем ЖМА были пересчитаны коэффициенты для корректировки площади районов на картах-схемах и внесены в конфигурационный файл, изменены процедуры обработки событий кнопки импорта оперативных карт-схем ЖМА. Внесены изменения в процедуру Calc и процедуру Коef, предназначенную для расчёта площадей районов на карте-схеме ЖМА.

Так как оперативные карты-схемы публикуются на сайте ЖМА в оперативном режиме и имеют периодичность, отличную от архивных карт-схем, то в новой версии устранены ограничения, требующие фиксированного размера серии ледовых карт-схем. Для использования входных данных из любого количества оперативных или архивных карт-схем любой периодичности и корректного формирования результирующего Excel-файла были внесены изменения в процедуры обработки событий кнопки формирования Excel-файла. Результаты расчёта площадей льда для районов на основе полученных данных формируются файлы Microsoft Office Excel.

В модуль IceMap ПК «ЛЁД» новой версии была добавлена функция расчёта объёма льда (км³) в произвольных районах с помощью маски толщины льда, ранее созданной с помощью модуля RegionMap или вручную в любой программе для работы с растровой графикой. Расчёты объёмов льда в отдельном пикселе карты производятся с помощью формулы (1):

$$V = S * k * Th, \quad (1)$$

где V – объём льда в пикселе, S – площадь пикселя, k – коэффициент приведённой площади, Th – толщина льда (в см).

Для корректной работы алгоритма внесены изменения в процедуру Calc(), позволяющие рассчитывать объём льда для отдельных районов, добавлена функция SearchIndexThickness для определения толщины льда в соответствующем пикселе, которая считывает данные из конфигурационного файла маски толщины льда. В интерфейс добавлена кнопка выбора директории с масками толщины льда. После расчётов объёмы льда для пикселей, принадлежащих одному району, складываются. Выходные данные записываются на отдельный лист Excel-книги (рисунок 4).

ВЫВОДЫ

Новые возможности ПК «ЛЁД» версии 1.2 позволяют:

1. Обработать оперативные ледовые карты-схемы ЖМА и получать информацию о площади льдов разной сплочённости в отдельных районах Охотского и Японского морей.
2. Создавать маски районирования с произвольными границами для последующей работы с оперативными ледовыми картами-схемами ЖМА.
3. Рассчитывать объёмы морского льда в районах Охотского и Японского морей с произвольными границами.
4. Обработать серии оперативных и архивных ледовых карт-схем ЖМА любой периодичности и любого временного периода.
5. Формировать отчёты в виде XLS-файлов Microsoft Office Excel, которые содержат таблицы с вычисленными значениями площадей и объёмов льда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Границы океанов и морей. – № 9031. – СПб.: ГУНиО МО, 2000. – С. 127–137.
2. Минервин И.Г. Районирование ледяного покрова Охотского и Японского морей // Вестник РАН, 2015. – Т. 85. – № 1. – С. 24–32.
3. Пицальник В.М. Основные принципы работы программного комплекса «Лёд» // Физика геосфер: Девятый Всероссийский симпозиум, 31 августа – 4 сентября 2015 г., г. Владивосток, Россия: мат. докл. / Учреждение Российской академии наук Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения РАН. – Владивосток: Дальнаука, 2015. – С. 556–561.

4. Плотников В.В. Изменчивость ледовых условий дальневосточных морей России и их прогноз. – Владивосток: Дальнаука, 2002. – 172 с.
5. Плотников В.В. 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. WMO Sea-Ice Nomenclature. – Geneva. – 1970. – WMO # 259. – TP. 145. – P. 1. – E-3-E-8.

Илья В. Shumilov¹, Vladimir M. Pishchal'nik², Igor G. Minervin³

ABOUT THE NEW VERSION OF THE “ICE” SOFTWARE PACKAGE

ABSTRACT

The paper describes the new version (1.2) of the “Ice” software designed for calculating the sea ice area of different cohesion according to pentad (once in five days) archival maps of the ice cover of the Sea of Okhotsk and the Sea of Japan, based on remote Earth-sensing data in the universal polar stereographic projection (UPS) and published in free access by the Japan Meteorological Agency (JMA) after each ice season since 1971. In the process of modifying the basic version of the software an additional possibility of processing operational ice map-schemes, which are being published operatively on the JMA website between December and May twice a week (on Tuesday and Friday) in a transversely cylindrical Mercator projection, has been added. Functions of creating zoning masks for calculating ice massif area according to operational map-schemes in regions with arbitrary borders for samples of any length and periodicity have been added. The possibility of calculating the volume of ice is realized by taking into consideration the average thickness of the ice massif in the selected area, which is calculated by the ice expert according to satellite imagery in the visible and infrared ranges. The description of formats of files with initial and target data containing information about zoning, thickness of ice, area of ice cover of various cohesion has been given. A technique for creating masks for regions with a fixed ice thickness on operational maps is described. Formulas and basic parameters for calculating the volume of ice in selected areas with arbitrary borders in the waters of the Sea of Okhotsk and the Sea of Japan are given.

KEYWORDS:

ice maps, area, cohesion, ice cover, regionalization, ice value, Sea of Okhotsk, Sea of Japan

REFERENCES

1. Granici okeanov i morei [Borders of the oceans and seas]. № 9031. – St. Petersburg: GUNiO MO, 2000, pp. 127–137 (in Russian).
2. 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, Vol. 85, No 1, pp. 24–32 (in Russian).
3. Pishchal'nik V.M., Bobkov A.O., Minervin I.G., Romanyuk V.A. Osnovnie principii raboti programmnoogo kompleksa “Lyod” [The basic principles of the “Ice” software], Fizika geosfer, Devyatii Vserossiiskii simpozium, 31 avgusta – 4 sentyabrya 2015, Vladivostok, Rossiya, mat. dokl., Uchrejdenie Rossiiskoi akademii nauk Tihookeanskii okeanologicheskii institut im. V.I. Ilicheva Dalnevostochnogo otdeleniya RAN, Vladivostok, Dalnauka: 2015, pp. 556–561 (in Russian).

¹ Sakhalin State University; 693000, Lenin st., 290, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, e-mail: ilyarolevik1@yandex.ru

² Sakhalin State University; 693000, Lenin st., 290, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, e-mail: vpishchalnik@rambler.ru

³ Sakhalin State University; 693000, Lenin st., 290, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, e-mail: igor@minervin.ru

4. Plotnikov V.V. *Izmenchivost ledovih uslovii dalnevostochnih morei Rossii i ih prognoz* [Variability of ice conditions in the Far Eastern seas of Russia and their forecast], Vladivostok: Dalnauka, 2002, 172 p (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 gidrokhimiya morei. Tom IX. Ohotskoe more, Vyp. 1. Gidrometeorologicheskie usloviya*, St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1998, pp. 291–340 (in Russian).
 6. WMO Sea-Ice Nomenclature, Geneva, 1970, WMO # 259, TP. 145, P. 1, E-3–E-8.
-