

ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ АЙСБЕРГОВ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ В МОРЯХ ЗАПАДНОЙ АРКТИКИ

Е.В. Платонова¹, С.В. Михальцева¹, И.А. Бычкова¹, канд. геогр. наук, В.Г. Смирнов¹, канд. физ.-мат. наук, В.В. Степанов¹, д-р техн. наук, Л.А. Старцев¹

¹Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия

ASSESSMENT OF ICEBERG DETECTION RELIABILITY WITH THE USE OF SATELLITE DATA IN THE WESTERN ARCTIC SEAS

E.V. Platonova¹, S.V. Mikhaltseva¹, I.A. Bychkova¹, Cand. Sc., V.G. Smirnov¹, Cand. Sc., V.V. Stepanov¹, Dr. Sc., L.A. Starsev¹

¹Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia

Изложены результаты оценки достоверности обнаружения айсбергов с использованием радиолокационных и оптических снимков ИСЗ Sentinel 1, RADARSAT-2 Landsat-8. В качестве опорных данных использовалась информация судового радиолокатора и БЛА (квадрокоптер). Достоверность обнаружения айсбергов и точность определения их размеров оценивалась посредством сравнения с опорными наблюдениями. Обоснован наиболее эффективный способ обнаружения айсбергов и определения их размеров.

Results of assessing the reliability of icebergs detection using radar and optical images of the Sentinel 1, RADARSAT-2 Landsat-8 satellites are presented. Ship based and UAV information (drone) was used as reference data. The authenticity of icebergs detection and the accuracy of determining their dimensions was estimated by comparing with the reference observations. The most effective method for icebergs detection and determining their sizes is substantiated.

Введение.

Проведение хозяйственных работ на акватории арктических морей сопряжено с риском воздействия опасных ледяных образований (ОЛО) на суда и гидротехнические сооружения. Своевременное обнаружение стамух, айсбергов и их обломков позволяет уменьшить указанные риски при производстве инженерных работ и проведении навигации в Арктике. Наиболее эффективно эта задача может быть решена с использованием радиолокационных спутниковых данных и спутниковых данных оптического спектрального диапазона высокого пространственного разрешения.

Район исследования и методы проведения работ.

Для оценки достоверности обнаружения айсбергов по спутниковым данным применялась информация, полученная в сентябре 2017 г. вблизи восточного и западного побережий архипелага Новая Земля. Были использованы радиолокационные снимки спутников RADARSAT-2 (разрешение 8 м) и Sentinel-1 (разрешение 40 м). Дополнительно привлекались изображения видимого диапазона спутника LANDSAT-8 (разрешение 15 м). Для верификации спутниковой информации привлекались материалы судового радиолокатора и данные БЛА (квадрокоптер). Скорость ветра в период проведения исследований по данным судовой метеостанции не превышала 10 м/с, что позволило пренебречь влиянием ветра на РЛ-изображения подстилающей поверхности при обнаружении ОЛО [2].

Возможность обнаружения айсбергов по радиолокационным изображениям зависит от разности их удельной эффективной площади рассеяния (УЭПР) и УЭПР окружающей водной поверхности или морского льда, которая, в свою очередь, зависит от длины волны, угла зондирования, поляризации, используемой на передачу и прием излучения.

При использовании поляризации сигнала HV величина контраста «айсберг – вода» значительно меньше, чем при использовании HH - поляризации, для которой обратное рассеяние имеет более высокие энергетические характеристики [1].

Для повышения достоверности идентификации объектов на водной поверхности на основе радарных данных двойной поляризации строились композитные поляриметрические изображения. Из-за различий в поляризационных свойствах количество видимых объектов на снимках с HH – и HV – поляризацией отличается. Соответственно, наиболее эффективно

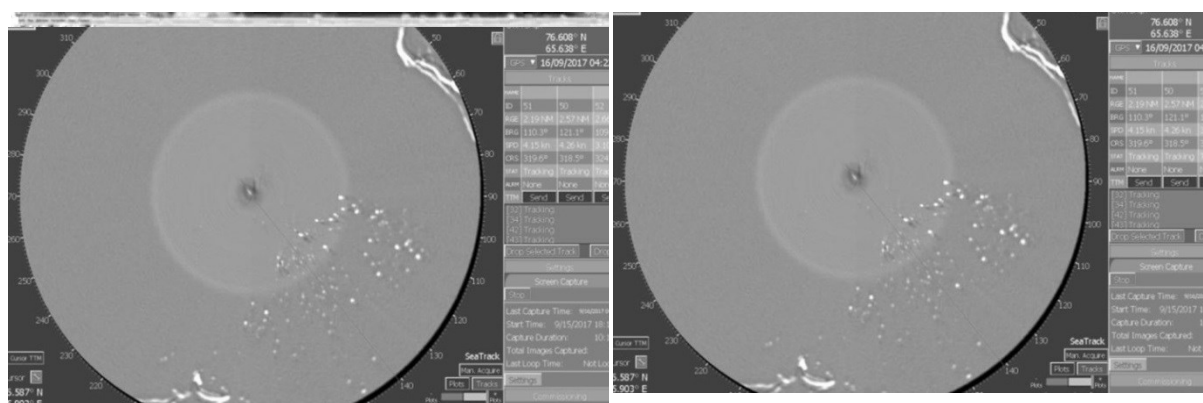
использовать синтезированное изображение, позволяющее улучшить процесс визуального дешифрирования снимков.

При размере айсбергов, близком к разрешению датчика, их идентификация затруднительна. Минимальный размер объектов не должен быть менее 2–3 пикселей изображения. Косвенными признаками наличия айсбергов может служить тень, а также оставляемый ими характерный след во льдах (при их наличии), когда скорость дрейфа ОЛО отличается от скорости дрейфа окружающих льдов [2].

Полученные результаты.

Спутниковое детектирование ОЛО производилось с использованием разработанной в ААНИИ технологии [1]. Для определения количества обнаруженных ОЛО использовалась спутниковая информация высокого пространственного разрешения (два снимка Sentinel 1) сентябрь 2017 г. Разрешение спутниковых снимков – 20×40 м. В качестве района исследования была выбрана часть акватории на западе Баренцева моря вблизи архипелага Новая Земля (залив Иностранцева).

В качестве дополнительного источника данных о месте положения айсбергов были использованы данные судового радиолокатора за этот же период. Разница во времени проведения съемки составила около 2 часов. На рисунке 1а приведен фрагмент кадра Sentinel 1, выбранного для сравнения с подспутниковыми наблюдениями. На рисунке 1б показано изображение с экрана судового радиолокатора; область, видимая на экране радиолокатора, соответствует кругу с радиусом 4 мили.



а)

б)

Рис. 1. Пример мониторинга айсбергов в заливе Иностранцева на снимке Sentinel-1 (а), 16 сентября 2017 г. 02:25 UTC и на экране судового радиолокатора (б), 16 сентября 2017 г., 04:22 UTC

На подходах к заливу Иностранцева по данным судового радиолокатора было обнаружено 28 объектов с размерами более 50 м; по данным спутника Sentinel 1- 32 объекта с размерами от 50 до 130 м (на 12 % больше). Таким образом, количество обнаруженных айсбергов по спутниковым данным превышало число объектов на судовом радиолокаторе. Достоверность обнаружения айсбергов по данным судового радиолокатора при нормальных погодных условиях составила 81–87 % в сравнении со спутниковыми данными.

При обзоре морской поверхности, антенна радиолокационной станции, размещенная на борту судна, не обеспечивает максимально возможный «незатененный» обзор окружающего пространства. Многие айсберги могут попасть в зону тени от других объектов. Зачастую подобные ситуации наблюдаются в местах большого скопления ОЛО. В рассматриваемой ситуации наблюдался интенсивный вынос айсбергов и их обломков от ледника Иностранцева (западное побережье Новой Земли). Некоторые айсберги не были идентифицированы, т.к. находились в зоне тени.

Оценка точности определения линейных размеров айсбергов производилась при сопоставлении радиолокационных данных со снимками оптического диапазона, данными визуальных наблюдений и данными с БЛА. В первом случае рассматривались радиолокационные данные спутника RADARSAT-2 (разрешение 8 м) за 15 сентября 2017 г. Согласно метеосводке с судна, скорость ветра в этот день составила 1,6 м/с, волнение – 1 балл, что соответствует «нормальным» (для обнаружения айсбергов) погодным условиям.

В качестве опорных данных использовалась информация, полученная с БЛА. Из двадцати семи айсбергов, снятых квадрокоптером, одиннадцать удалось опознать на спутниковых снимках по координатам, характерным размерам и геометрической форме. На рисунке 2 приведен пример определения размеров айсберга, обнаруженного в заливе Иностранцева с помощью БЛА и трех разных спутников. Размер айсбергов по спутниковым данным (RADARSAT-2), в сравнении с данными квадрокоптера, оценивался со средним отклонением по длине 3 %, по ширине 6 %.

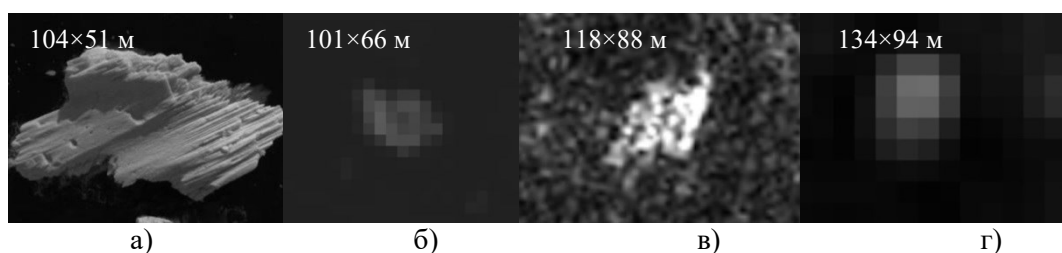


Рис. 2. Сравнение геометрических параметров айсберга, обнаруженного в сентябре 2017 г. с помощью различных средств дистанционного зондирования: а) данные БЛА; б) LANDSAT-8; в) RADARSAT-2, Fine; г) Sentinel-1, Wide

Во втором случае для оценки погрешности измерений айсбергов были использованы данные ИСЗ RADARSAT-2 и Sentinel 1 за 15 сентября 2017 г., в том же районе (залив Иностранцева). Результаты измерений айсбергов по данным Sentinel 1 были, преимущественно завышены по сравнению с RADARSAT-2 в силу худшего пространственного разрешения снимка Sentinel1 (эффект частично заполненных краевых пикселей объекта). Длина айсбергов по данным Sentinel-1 в 10 случаях из 15 была выше, чем по данным RADARSAT-2; среднее отклонение составило 27 %. Ошибки в определении ширины объекта были около 70 %.

В случае сравнения данных визуальных наблюдений с борта судна и спутниковой информации (Sentinel 1) были выявлены достаточно большие расхождения при оценке геометрических параметров. Значение среднего отклонения линейных размеров ОЛО, полученных на основе спутниковой информации и данных визуальных наблюдений, составило 44 % при общей тенденции занижения линейных размеров объектов со стороны наблюдателя. При выполнении визуальных наблюдений существует большая вероятность ошибки, связанная с дальностью расположения объекта, погодными условиями, субъективностью зрительного восприятия эксперта, поэтому они не могут использоваться как эталон. При этом наблюдатель оценивает длину проекции айсберга на перпендикуляр к направлению визирования. Такая оценка может варьировать от минимального до максимального линейного размера объекта в зависимости от его расположения.

Для оценки достоверности обнаружения айсбергов и их обломков по спутниковым данным видимого диапазона использовалась информация ИСЗ LANDSAT-8 за 15 сентября 2017 г. с пространственным разрешением 15 м, полученная по району вблизи западного побережья Новой Земли. Данные ИСЗ RADARSAT-2 использовались для сравнения. Разница во времени проведения съемки составила 6 ч. Расхождение в параметрах объектов, определяемых по кадрам LANDSAT-8 и RADARSAT-2, для крупных айсбергов (свыше 50 м) не превышали 40%, а для мелких айсбергов (менее 30 м) могли достигать 85%. Среднее отклонение по ширине не превысило 20 %, по длине 10 %.

Снимки в видимом диапазоне также дают больше информации об айсбергах, однако это преимущество оптической съемки может быть реализовано только при отсутствии облачности и хорошем освещении.

Выводы.

В результате сравнения данных визуальных наблюдений с информацией, полученной с различных ИСЗ, были выявлены достаточно большие расхождения в оценке параметров айсбергов. Высокую согласованность между собой показали результаты измерений айсбергов, выполненные с помощью аппаратуры RADARSAT-2 и БЛА, а также RADARSAT-2 и LANDSAT-8. Ошибка в оценке параметров была минимальной по сравнению с другими источниками информации. Однако круглогодичное использование данных оптических наблюдений затруднено, поэтому наиболее полную информацию об айсбергах дают радиолокационные спутниковые снимки высокого пространственного разрешения.

Данные судового лоатора также оказались менее эффективны для количественной оценки ОЛО по сравнению со спутниковыми радиолокационными данными высокого пространственного разрешения. В процессе проведения съемки судовым радиолокатором многие айсберги попали в зону тени от других объектов, в результате чего количество обнаруженных айсбергов оказалось меньше, чем в действительности. Это обстоятельство должно учитываться судоводителями при оценке риска столкновения с ОЛО во время использования судового радара.

Литература

1. Смирнов В.Г., Бычкова И.А., Платонова Е.В. и др. Обнаружение по спутниковым данным опасных ледяных образований вблизи инженерных объектов хозяйственной деятельности на шельфе арктических морей. Методическое пособие. Санкт-Петербург. ААНИИ. 2017. С. 40.
2. Бушуев А.В., Александров В.Ю., Лоцилов В.С. Исследование айсбергов и морских льдов в Антарктике по данным РСА спутника «Алмаз-1» // Айсберги Мирового Океана / Под ред. И.К. Попова, В.А. Воеводина. СПб.: Гидрометеоздат, 1996. С. 30–36.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 18-05-60124\18 от 31.05.2018 г.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research Grant No. 18-05-60124 \ 18 dated 05.31.2018.