

Смирнов К.А., Волков В.А.

Научный фонд «Центр по окружающей среде и дистанционному зондированию имени Нансена», Санкт-Петербург, Российская Федерация

Работа выполнена в рамках проекта «Суда и волны в полярных регионах», входящего в Федеральную Целевую Программу «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы», (Соглашение № 14.618.21.0005. Уникальный идентификатор проекта: RFMEFI61815X0005).

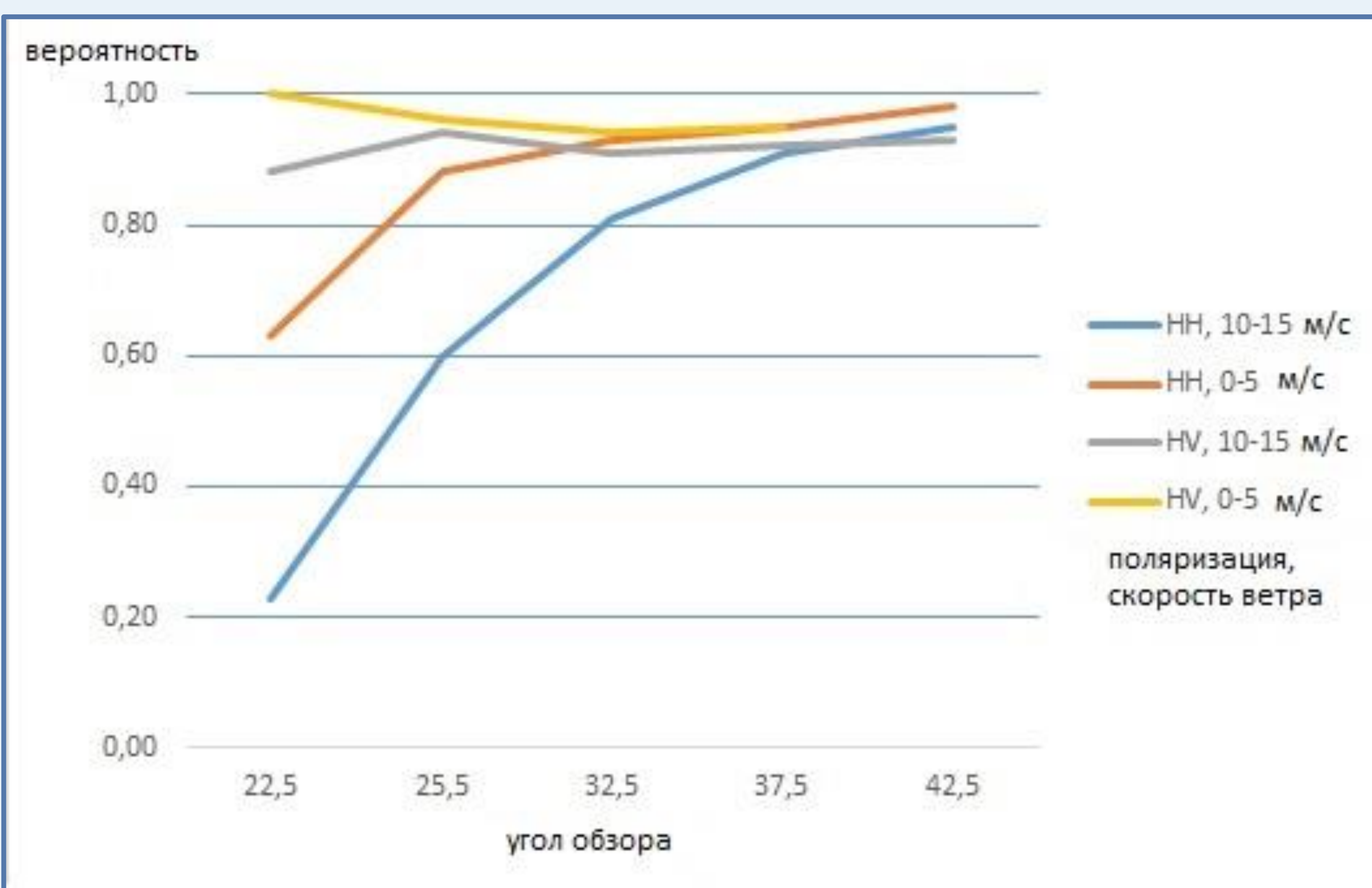
**Айсберги** представляют серьезную опасность для судоходства и эксплуатации инженерных сооружений в океане. Поэтому важно своевременно выявлять их наличие в акватории. Арктические айсберги обладают значительно меньшими характерными размерами (\*\*\*) в сравнении с антарктическими, поэтому их обнаружение представляет собой более сложную задачу. Визуальное обнаружение айсбергов на спутниковых снимках – задача ледовых экспертов, однако для глобального и системного мониторинга акватории арктических морей рационально использовать **автоматизированные методы**. Метод автоматического обнаружения айсбергов представлен в настоящей работе.

Для идентификации арктических айсбергов используются радиолокационные снимки (РСА) и снимки оптического диапазона.



В автоматизированном алгоритме, представленном в данной работе, используются снимки космического аппарата **Sentinel-1**, запущенного в апреле 2014 г. Наиболее подходящим является режим **Extra Wide Swath Mode** с разрешением **40 м** и полосой обзора **400 км**. Спутник предоставляет снимки в **поляризациях HH и HV**.

Используются снимки спутника **Landsat-8**. Снимки обладают рядом недостатков: в темное время суток, в условиях полярной ночи и при наличии облачности их использование невозможно. Снимки оптического диапазона выполняют вспомогательную функцию: используются при валидации результатов.



Для обнаружения арктических айсбергов используется поляризация HV, поскольку она позволяет обнаружить большее количество айсбергов по сравнению с HH

Для обнаружения айсбергов на радиолокационных снимках использован и усовершенствован алгоритм **“Blob detection”**, написанный на Python.

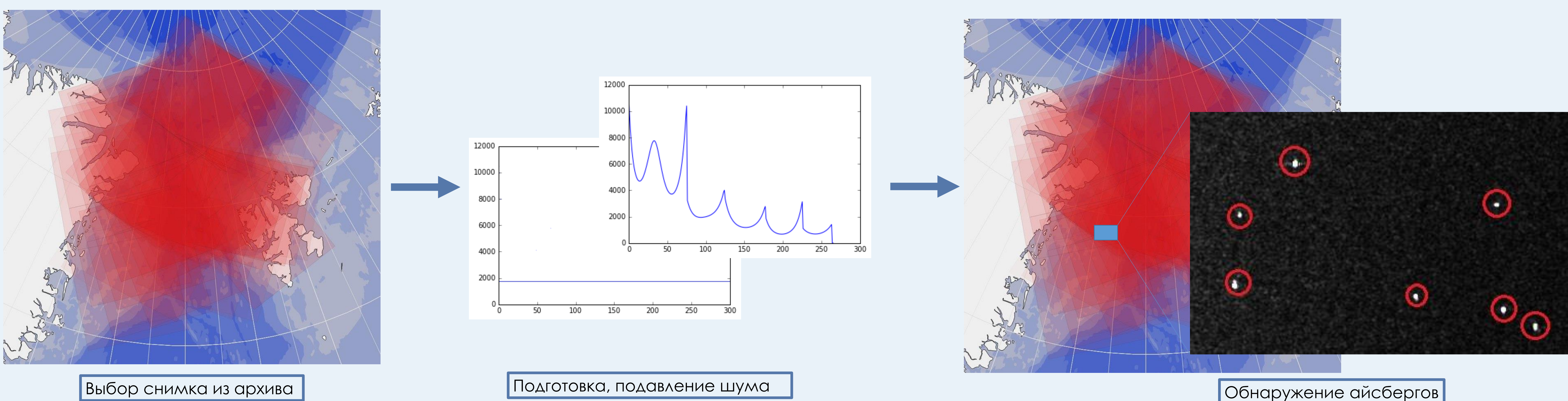


Блобы (**Blobs**) – яркие области на темном фоне или темные на ярком фоне. В исходном алгоритме реализовано 3 подхода к обнаружению блобов:

- Difference of Gaussian
- Laplasian of Gaussian
- **Determinant of Hessian** (определитель матрицы Гессе)

Последний признан наиболее эффективным и используется в работе.

Детерминант матрицы Гессе (**Determinant of Hessian**) достигает **экстремума** в точках максимального изменения **градиента яркости**. Алгоритм проходит фильтром с Гауссовым ядром по всему изображению и находит точки, в которых достигается максимальное значение детерминанта матрицы Гессе. Перед применением программного алгоритма снимок проходит **подготовку**: выполняется угловая коррекция и операции по **снижению термического шума**. В результате применения алгоритма к предварительно обработанному радиолокационному снимку возвращается массив, содержащий **координаты «блобов»** и радиусы описанных вокруг них окружностей, которые отражают **характерные размеры обнаруженных айсбергов**. Алгоритм настраивается с помощью нескольких параметров. Это позволяет применять алгоритм к снимкам с разными характеристиками интенсивности.



Метод позволяет уверенно **обнаруживать айсберги** как на **открытой воде**, так и **в припае**. Доступность и хорошая дискретность данных, предоставляемых спутником Sentinel-1 дают возможность использовать метод в системном мониторинге арктических морей.