

# Восстановление поля морских течений по последовательным спутниковым оптическим изображениям сложных структур биогенного происхождения

О.А. Даниличева<sup>1</sup>, С.А. Ермаков<sup>1,2</sup>, О.В. Шомина<sup>1</sup>, И.А. Капустин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия

<sup>2</sup>Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект РНФ №18-77-10066), <https://rscf.ru/project/18-77-10066/>

## АННОТАЦИЯ

Одними из основных источников информации о процессах, происходящих в поверхностном слое океана, являются данные дистанционного зондирования, и поэтому в настоящее время активно обсуждается возможность использования этих данных, в частности для определения поля поверхностных морских течений. Информация о течениях в верхнем слое воды особенно важна в вопросе прогнозирования распространения загрязнений на поверхности воды. Одним из способов оценить такие течения является сравнение последовательных оптических изображений с характерными особенностями в поверхностном морском слое, например, биогенными “нитевидными” структурами/полосами (области повышенной концентрации фитопланктона), которые слабо меняют свою характерную форму в период между кадрами. Благодаря существованию мультиспектральных сенсоров есть возможность оценить скорости течений по изображениям, полученным в разных диапазонах длин волн, что будет соответствовать скоростям течений в поверхностном слое воды разной толщины.

## СПУТНИКОВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Были проанализированы два последовательных оптических спутниковых изображения центральной части Балтийского моря, полученных 25.07.2018. Первое изображение было получено в 09:47:50 UTC с помощью Landsat-8 OLI, второе изображение было получено с помощью Sentinel-2A MSI в 10:00:31 UTC. Пространственное разрешение в точке 30 м.

Согласно метеорологическим данным, ветер в данной области был Северо-Восточный порядка 3-4 м/с.

## АНАЛИЗ ДАННЫХ

Для восстановления поля приповерхностных течений использовался стандартный кросскорреляционный алгоритм или МСС (Maximum Cross-Correlation) метод (рис. 3). Расчётные ячейки были выбраны размером 64 пикселей с шагом 32 пикселей, для перекрытия между ячейками в 50%.

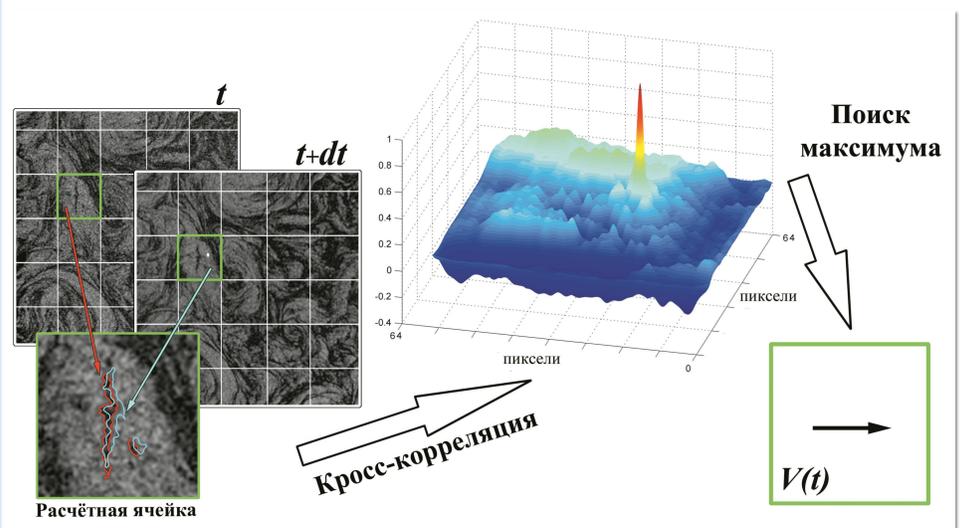


Рис. 3. Диаграмма стандартного кросскорреляционного алгоритма.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

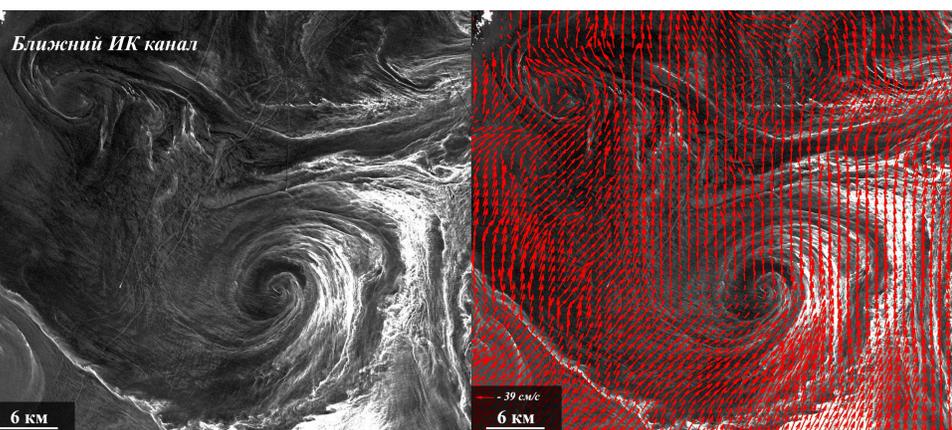
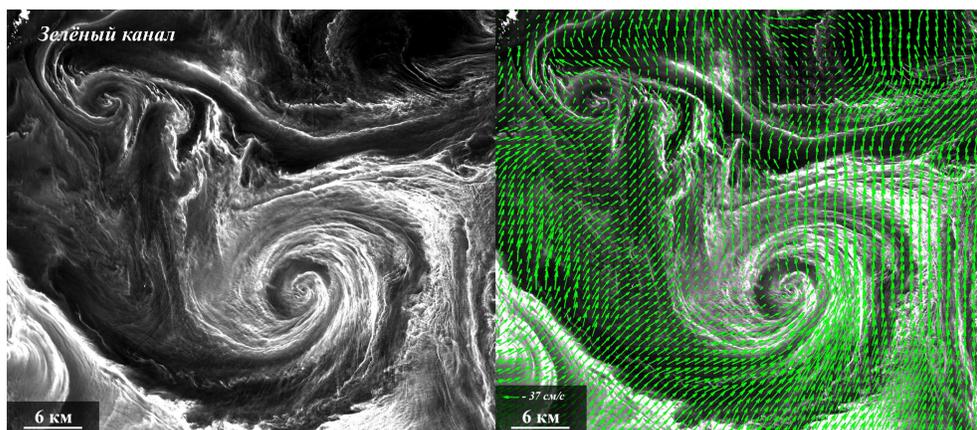


Рис. 1. Фрагменты изображения демонстрирующие сликовые структуры (слева), восстановленные поля скоростей приповерхностных течений (справа). Верхнее изображение – зелёный канал, нижнее – ближний инфракрасный.

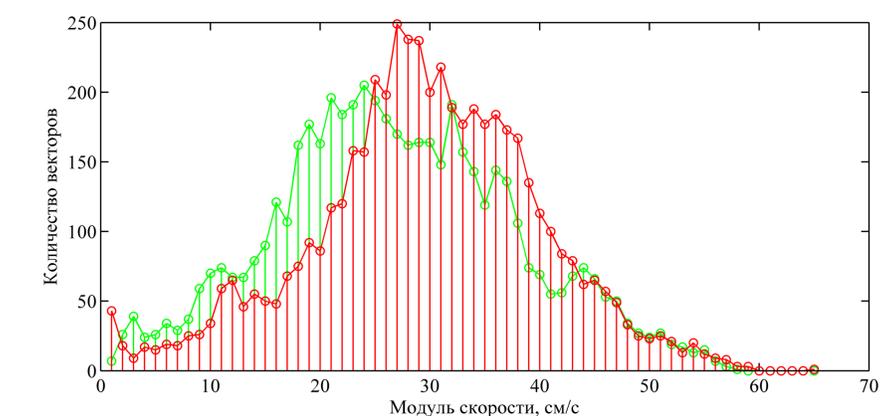


Рис. 2. Гистограмма модулей восстановленных скоростей течений в зелёном канале (зелёный цвет) и ближнем ИК (красный цвет).

Изображения анализировались в зелёном (560 нм) и ближнем инфракрасном (860 нм) диапазонах длин волн. Выбор зелёного канала обусловлен тем, что в случае Балтийского моря минимум поглощения света лежит в жёлто-зелёном участке спектра, а не в синем, как у менее мутных морей, и глубина проникновения зелёного участка спектра в толщу воды может достигать десятков метров, в отличие от ближнего инфракрасного диапазона, который практически не проникает в воду.

Полученные скорости изображения в зелёном и ближнем ИК каналах продемонстрированы на рис. 1.

Полученный диапазон скоростей от 0 см/с до 60 см/с.

Было получено, что для некоторых сликовых структур их геометрия хорошо согласуется с линиями тока течений, а для других нет. Предположительно такое слабое сходство между геометрией сликов и поверхностными течениями может объясняться тем, что течения не являются стационарными и могут меняться во времени достаточно быстро, в отличие от сликовых структур, которые не могут изменять свою форму мгновенно в соответствии с быстрыми изменениями условий окружающей среды.

Кроме того, показано, что приповерхностный слой (зелёный канал) движется медленнее поверхностного (ближний инфракрасный), что хорошо согласуется с данными приведёнными в литературе (рис. 2).

## ВЫВОДЫ

В ходе работы было получено, что структура течений лишь частично согласуется с геометрией биогенных “нитевидных” структур, то есть форма биогенных полос только в некоторых случаях характеризует линии тока восстановленных течений. Кроме того, показано, что приповерхностный слой (зелёный канал) движется медленнее поверхностного (ближний инфракрасный), что хорошо согласуется с данными приведёнными в литературе.