

Д.В. Хлебников¹, А.Ю. Иванов¹, Б.В. Коновалов¹,
Д.М. Соловьев², Н.В. Терлеева¹

¹ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва
² Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь
dx@ocean.ru 8-985-952-46-18



Использование датчиков ДЗЗ на ИСЗ серий Landsat, Sentinel-1, -2, -3 и других в изучении стоков малых рек побережья Кавказа Черного моря, а именно областей выноса речных масс и их перемешивания с черноморскими водами, представляет собой большой практический и научный интерес. В докладе представлены результаты анализа спутниковых снимков оптического и инфракрасного (ИК) диапазонов, а также радиолокационных изображений (РЛИ), на которых отобразились выносы рек Шахе, Мзымта, Псоу, Бзыбь, Кодор, Хоб и др.; они получены и обработаны в последние несколько лет. При этом для большинства выносов рек одновременно с пролетами ИСЗ проводились морские экспедиционные исследования ИО РАН с получением экспериментальных данных in situ и лабораторных анализов для верификации спутниковых данных. Одновременный анализ данных ИСЗ, полученных в оптическом и ИК диапазонах вместе с радиолокационными данными (рис. 1-9), позволил:

- измерить параметры выносов рек - размеры, площадь и направление распространения речных вод в открытом море;
- восстановить по спутниковым данным общее содержание взвеси, хлорофилла и температуры поверхности моря в выносах рек;
- проследить их пространственно-временную эволюцию и трансформацию;
- уточнить особенности и структурные элементы выносов рек, более четко определить границы собственно плумов и выявить сопутствующие явления в прибрежной зоне моря.

Экспедиционные измерения гидрофизических, биогеохимических и оптических параметров поверхностного слоя моря в районах выноса малых рек, проведенные параллельно с измерениями датчиков ИСЗ, дают возможность более надежно интерпретировать спутниковые снимки и верифицировать международные алгоритмы и модели. Так, например, в прибрежной экспедиции ИО РАН "Черное море-Абхазия 2018" применение STD-зонда, биогеохимические и оптические измерения в лаборатории совместно с обработкой данных спутников Landsat-7/8 и Sentinel-2 позволили более точно определить границы температурного фронта, структуру и площадь выноса р. Кодор в Черное море, а также поля взвешенного вещества и хлорофилла (рис. 6-11).

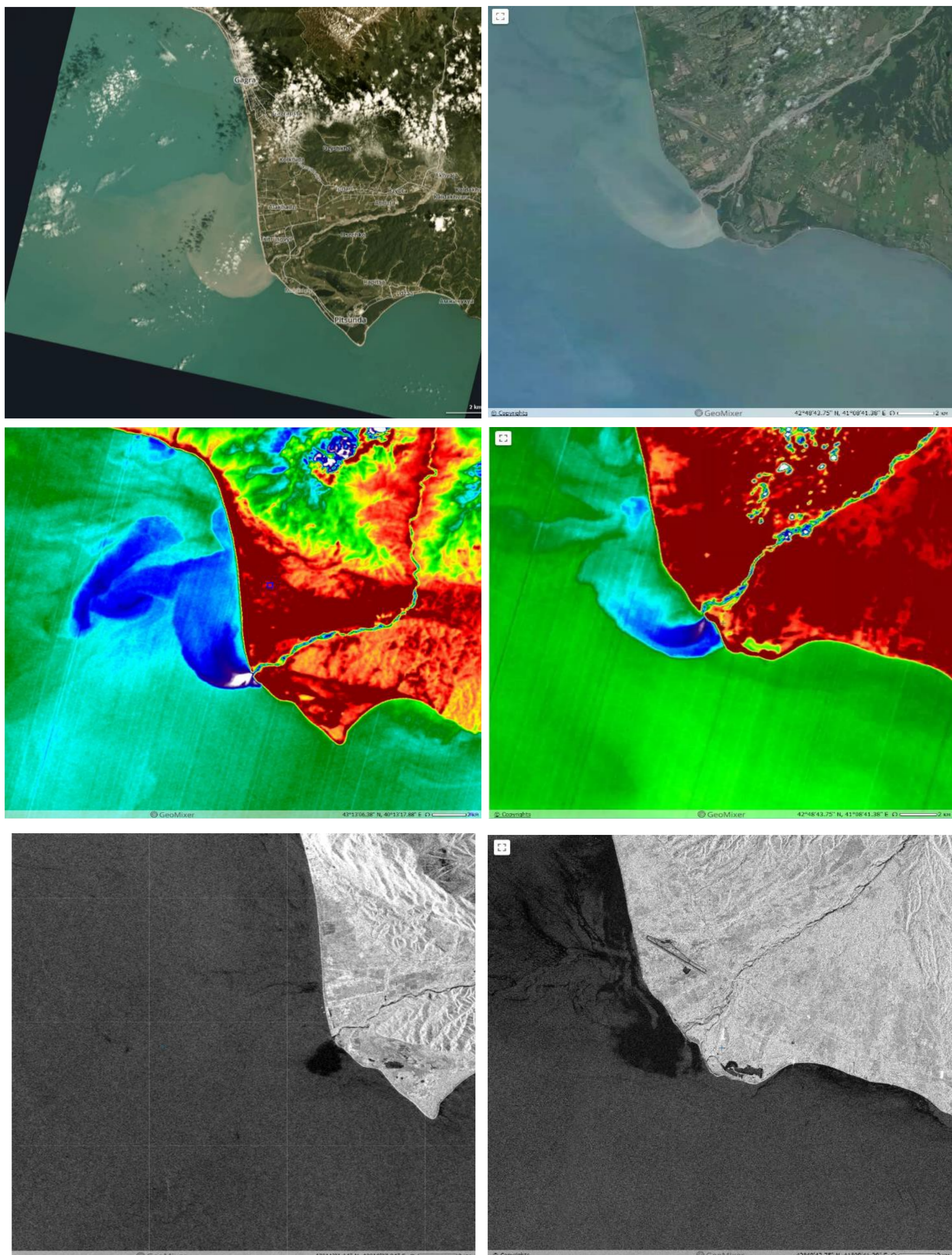


Рис. 1. Слева: вынос р. Бзыбь в данных ДЗЗ; а – на оптическом снимке PlanetScope от 30.05.2017 (07:22 UTC); б – в поле ТПМ по данным TIRS на ИСЗ Landsat-8 от 6.06.2017 (08:08 UTC); в – на РЛИ Sentinel-1A от 1.06.2017 в 03:26 UTC в виде темного пятна с резкими краями (ЮВ ветер 3-4 м/с). Справа: вынос р. Кодор (Абхазия) в данных ДЗЗ от 6.06.2017; а, б – на оптическом снимке Landsat-8 (08:10 UTC) и в поле ТПМ; ядро или собственно плум наиболее четко детектируются в поле температуры (цвета сине-фиолетово гаммы); в – на квазисинхронном РЛИ Sentinel-1B (03:23 UTC). © Planet, USGS, ESA, СКАНЭКС

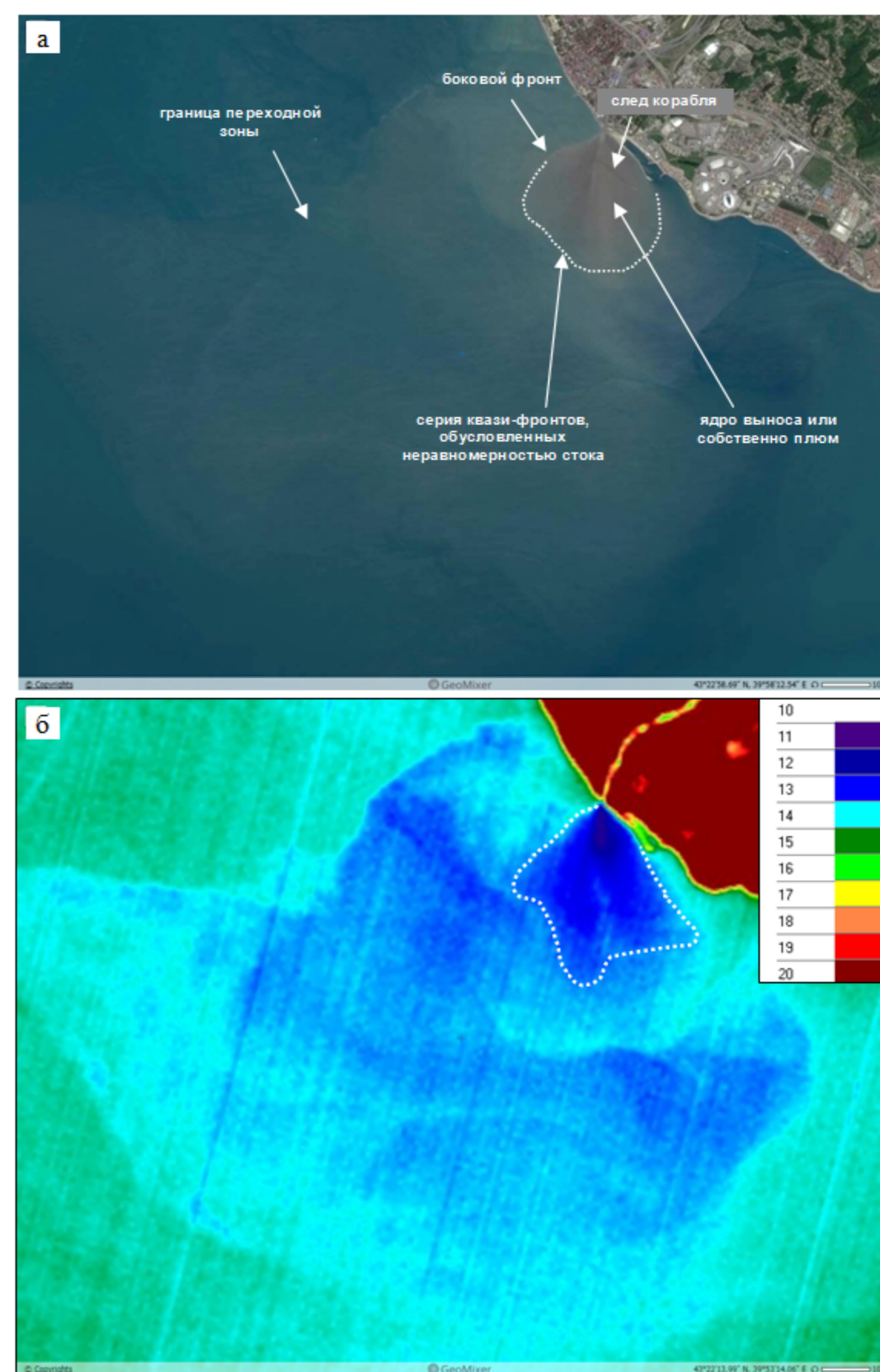


Рис. 2. Вынос р. Мзымта и его структура на фрагменте оптического снимка а) и в поле ТПМ б), восстановленного по данным TIRS (данные ИСЗ Landsat-8 от 12.05.2017, 08:07 UTC); пунктирной линией показаны контуры плума на снимке и на карте ТПМ. © USGS

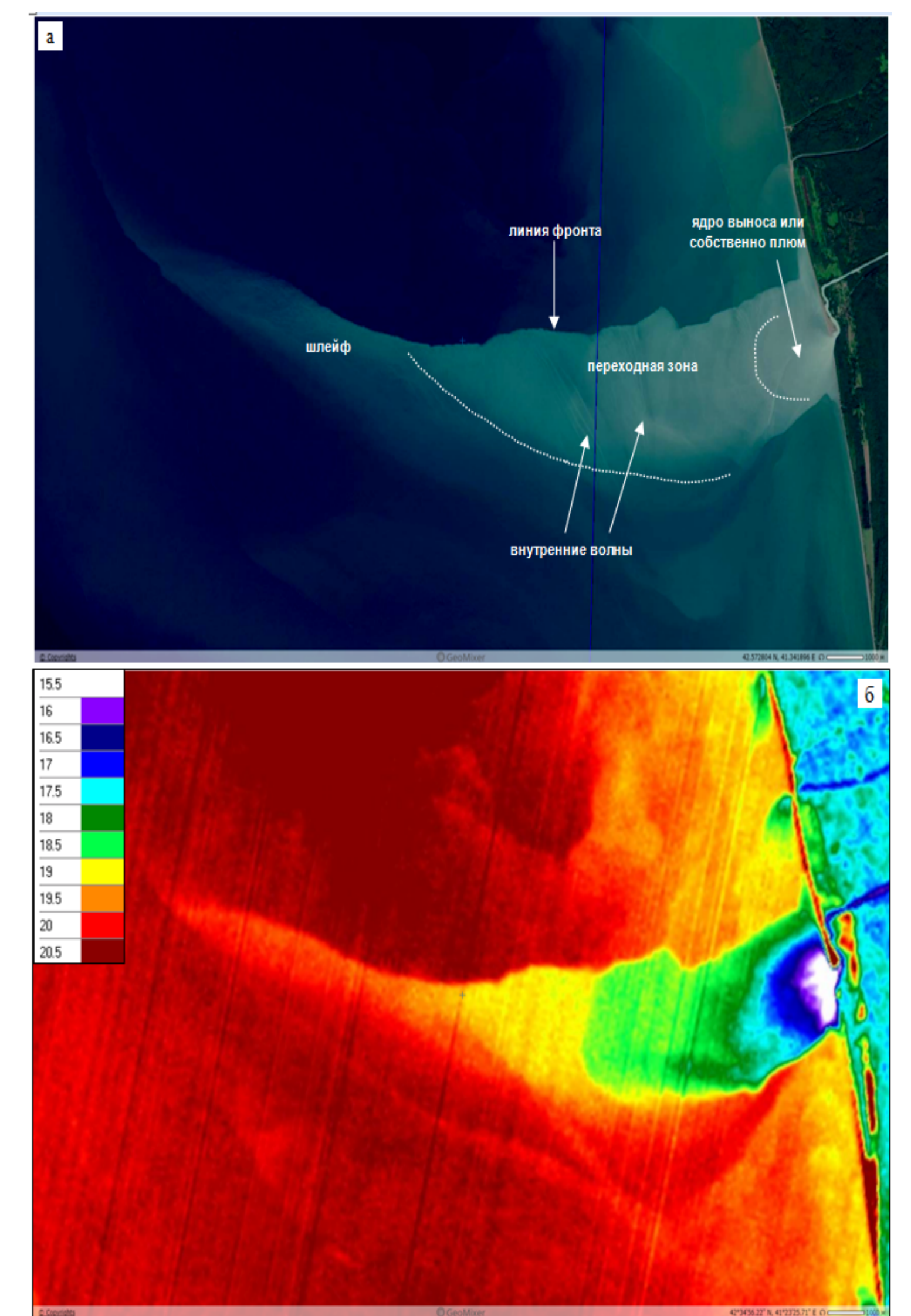


Рис. 3. Вынос р. Хоб (Абхазия) на оптическом снимке Sentinel-2A от 05.10.2017 (08:10 UTC) и в поле ТПМ по данным ИСЗ Landsat-8 05.10.2017 (07:55 UTC) и его характерная структура; на оптическом снимке хорошо видны поверхностные проявления внутренних волн. © ESA, USGS, СКАНЭКС

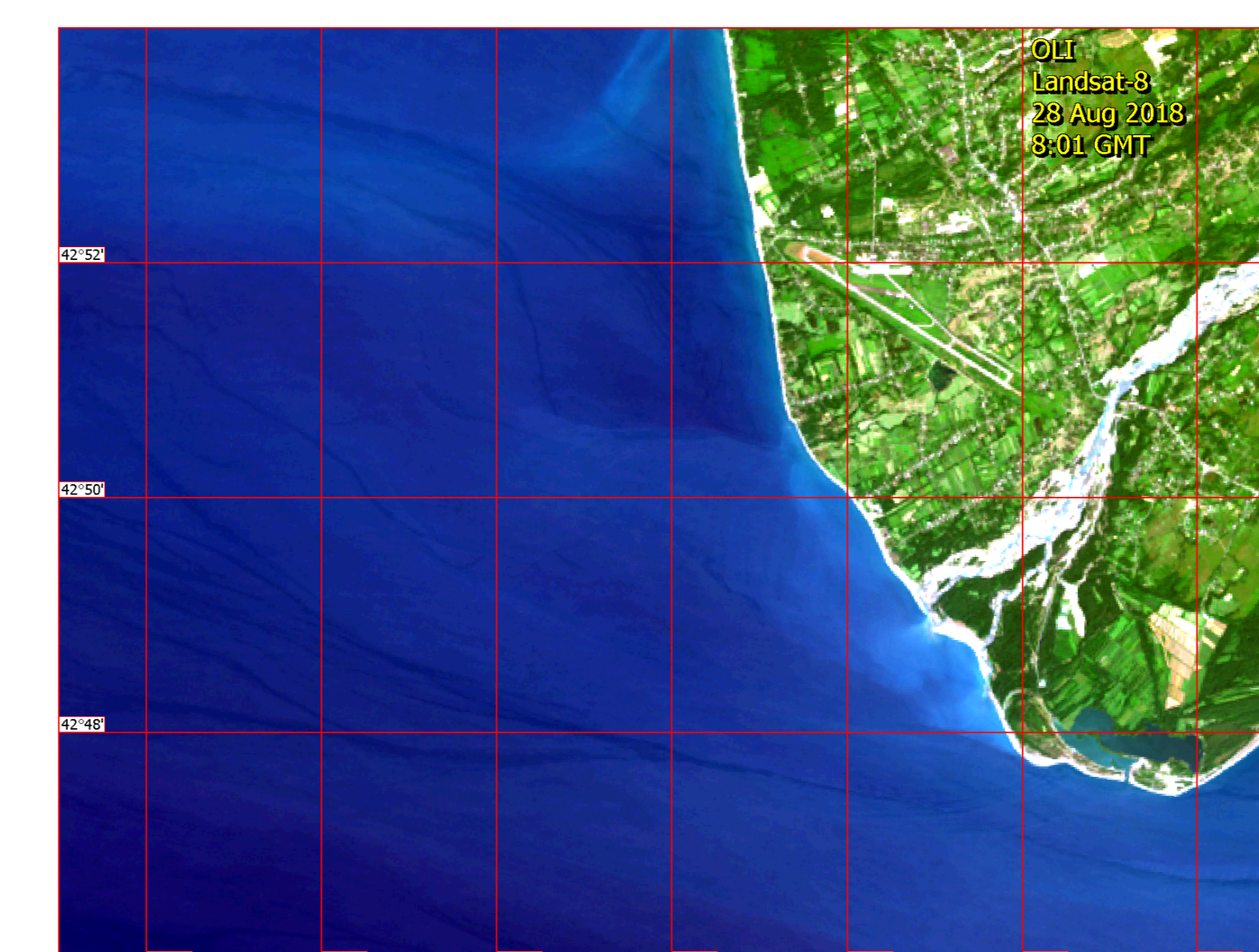


Рис. 4. Вынос р. Кодор. Оптический снимок сканера OLI на ИСЗ Landsat-8, 28.08.2018 (08:01 UTC). © USGS

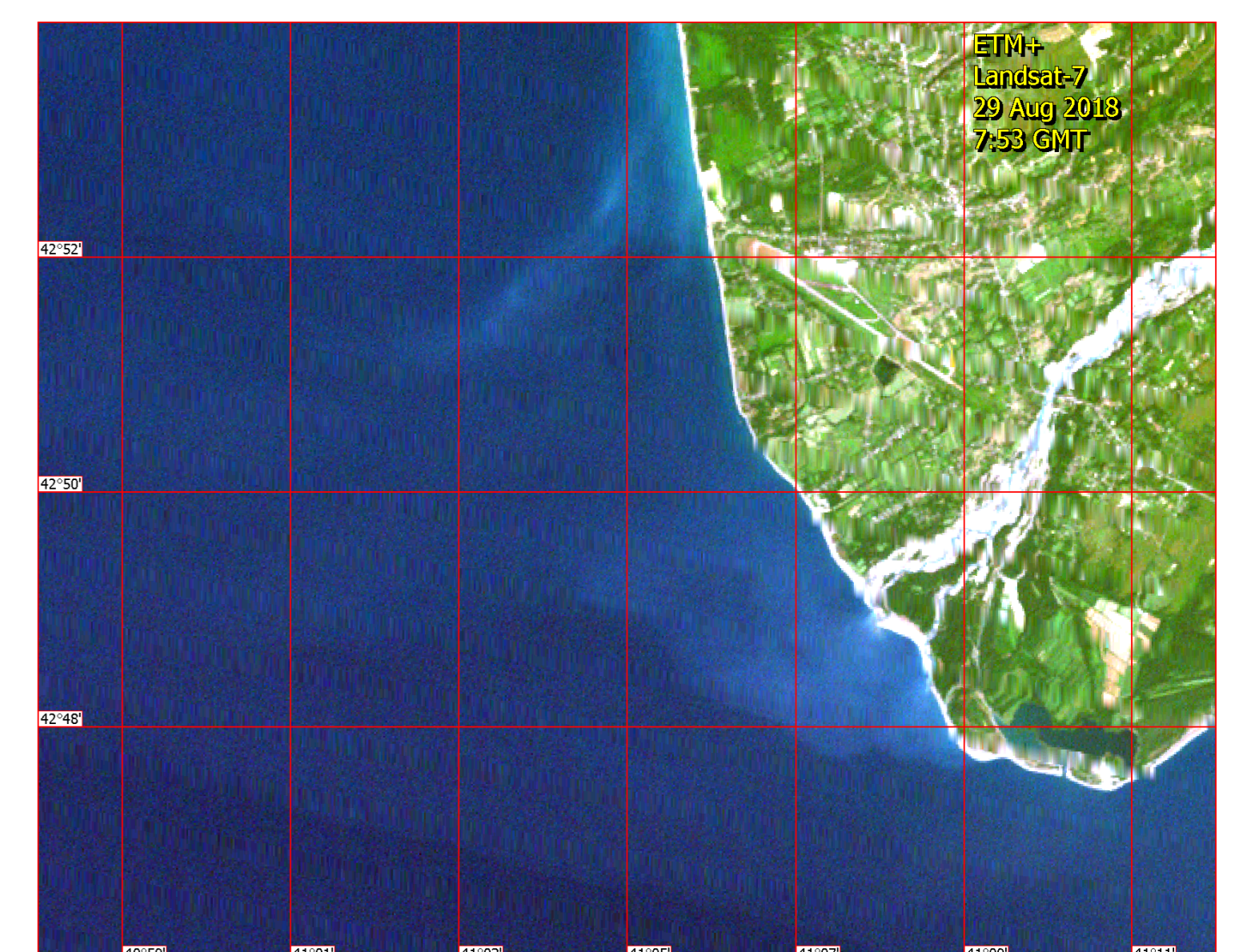


Рис. 5. Вынос р. Кодор. Оптический снимок сканера ETM+ на ИСЗ Landsat-7, 29.08.2018 (07:53 UTC). © USGS

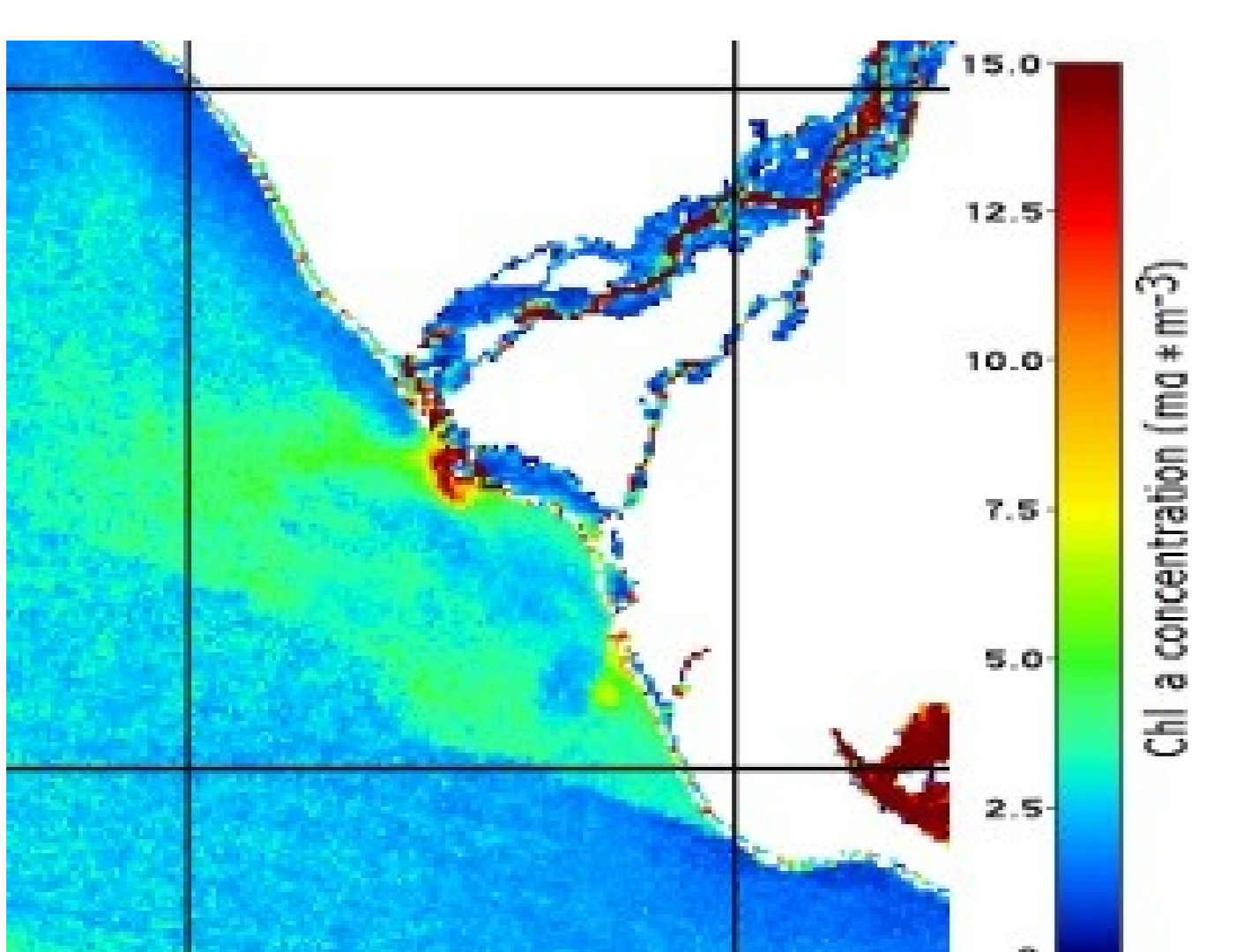


Рис. 6. Вынос р. Кодор. Поле концентраций хлорофилла по данным сканера OLI на ИСЗ Landsat-8, 28.08.2018 (08:01 UTC)

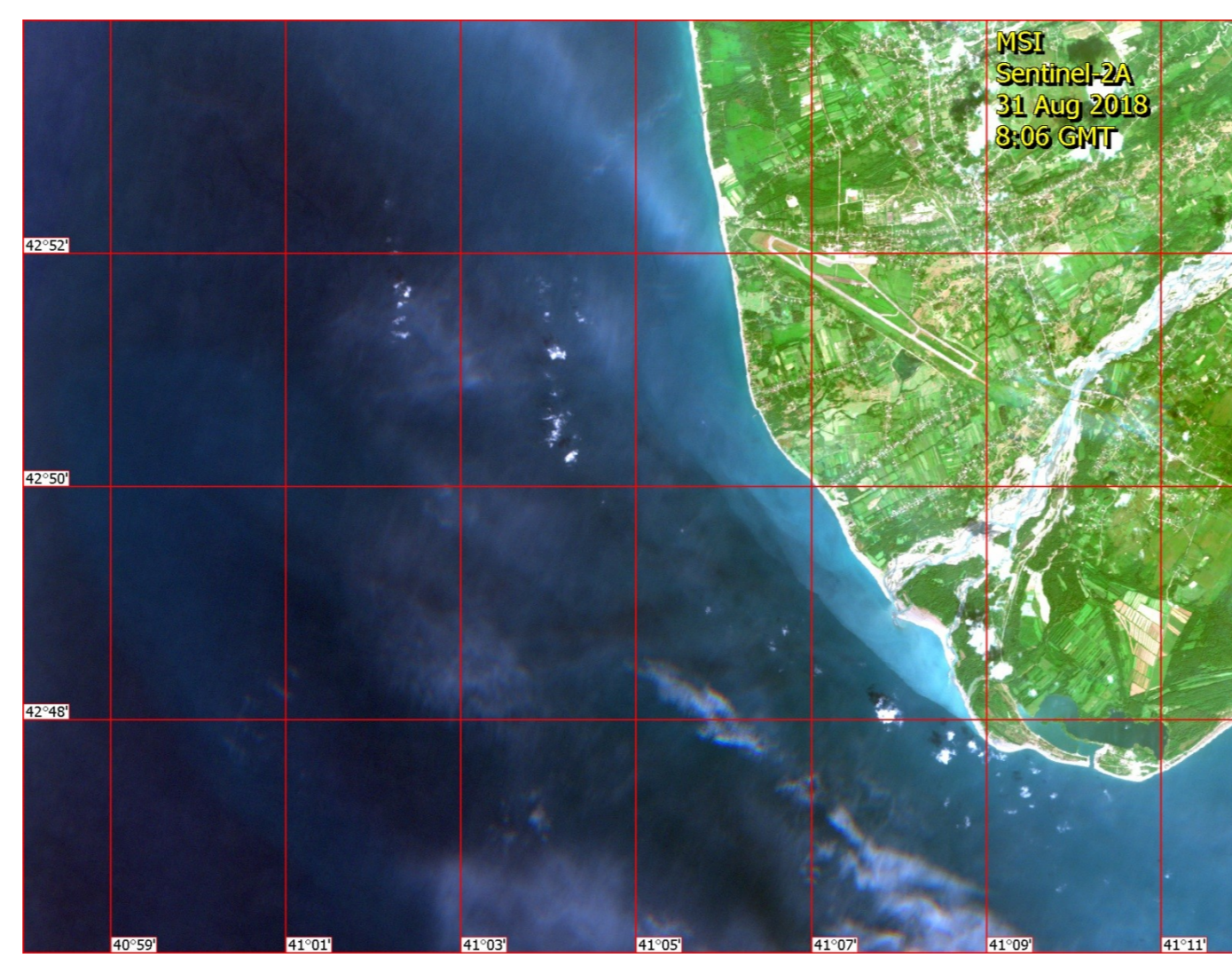


Рис. 7. Вынос р. Кодор. Оптический снимок сканера MSI Sentinel-2A, 31.08.2018 (08:06 UTC). © ESA

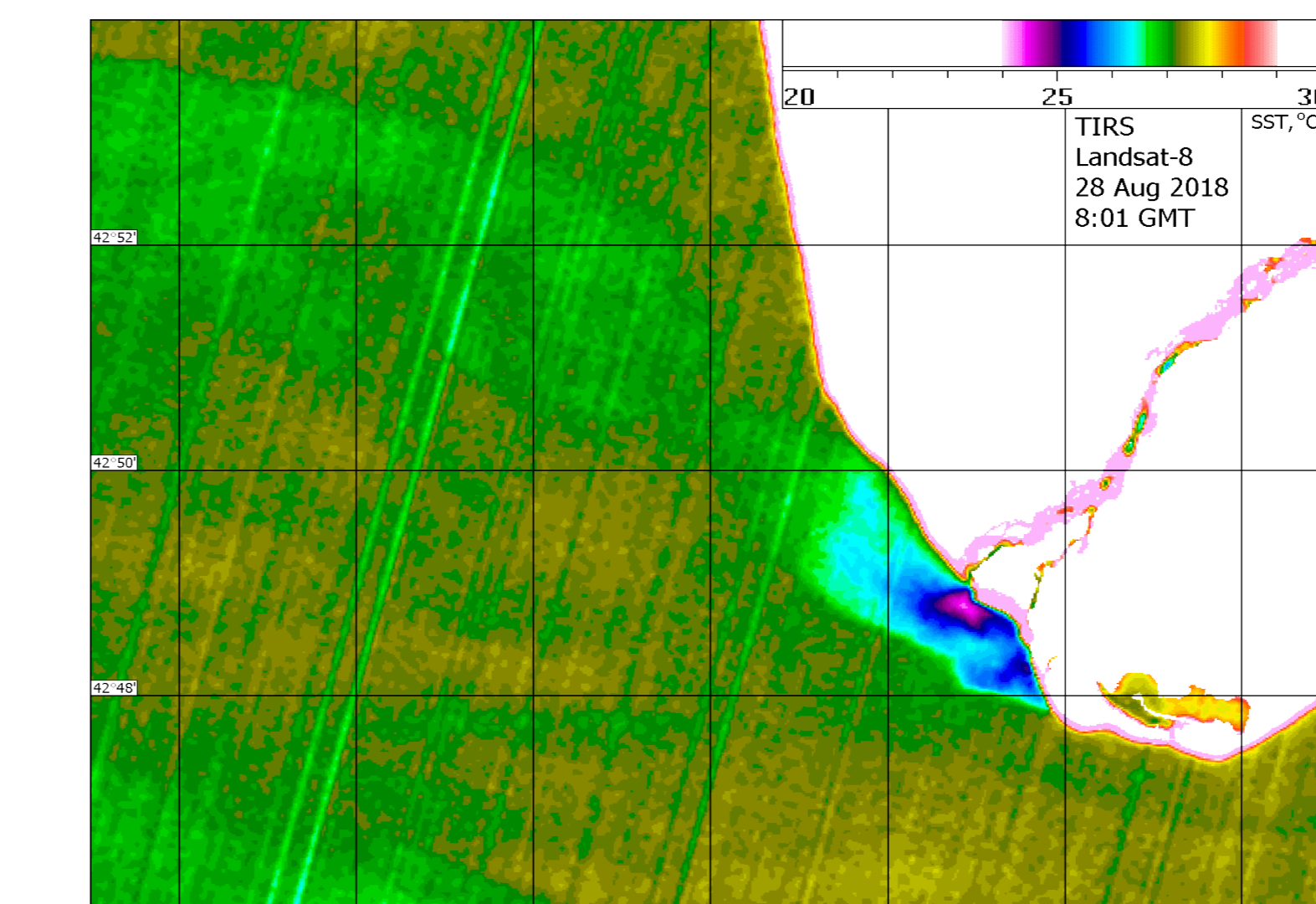


Рис.8. Вынос р. Кодор. ИК-снимок сканера TIRS на ИСЗ Landsat-8, 28.08.2018 (08:01) UTC.

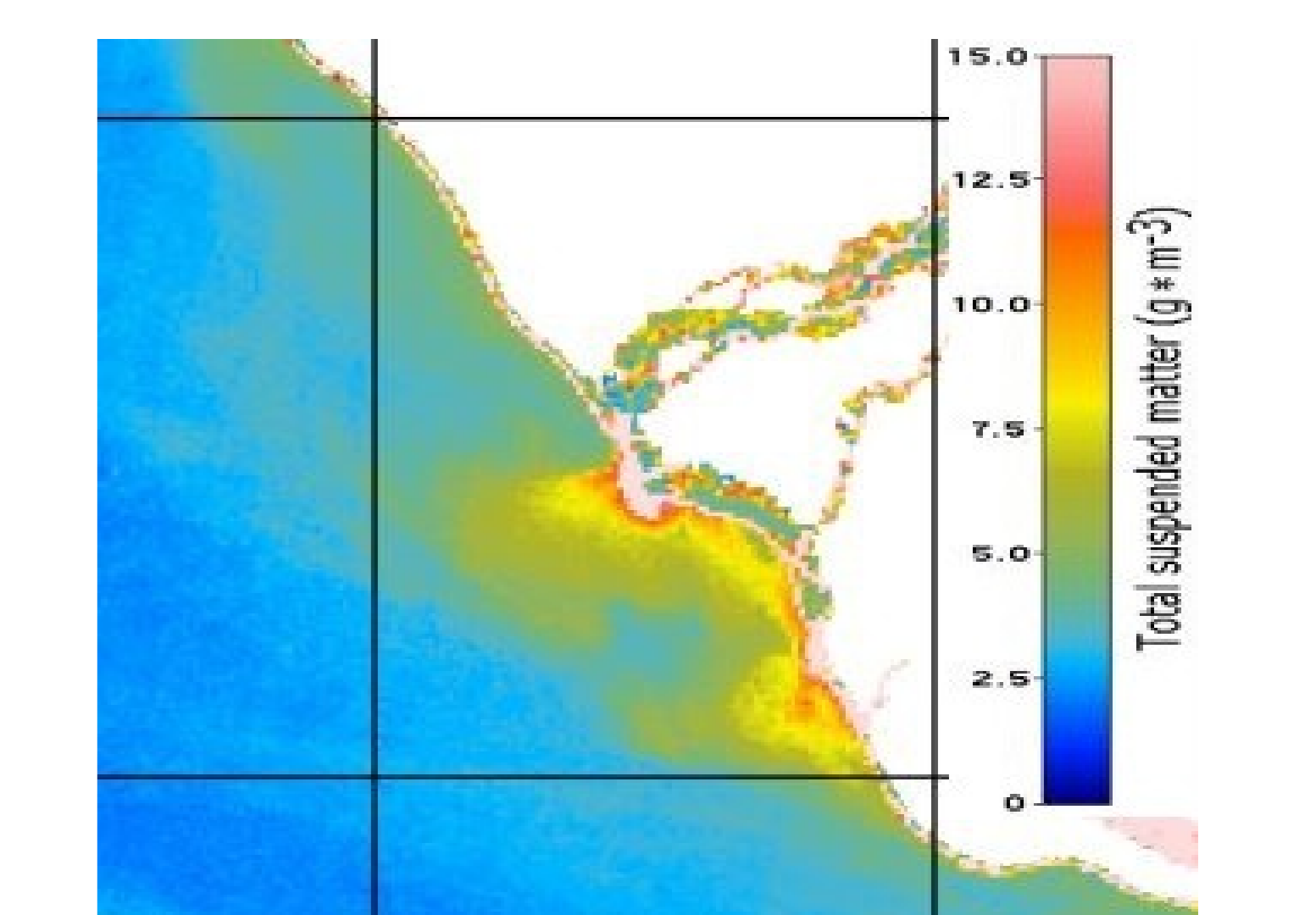
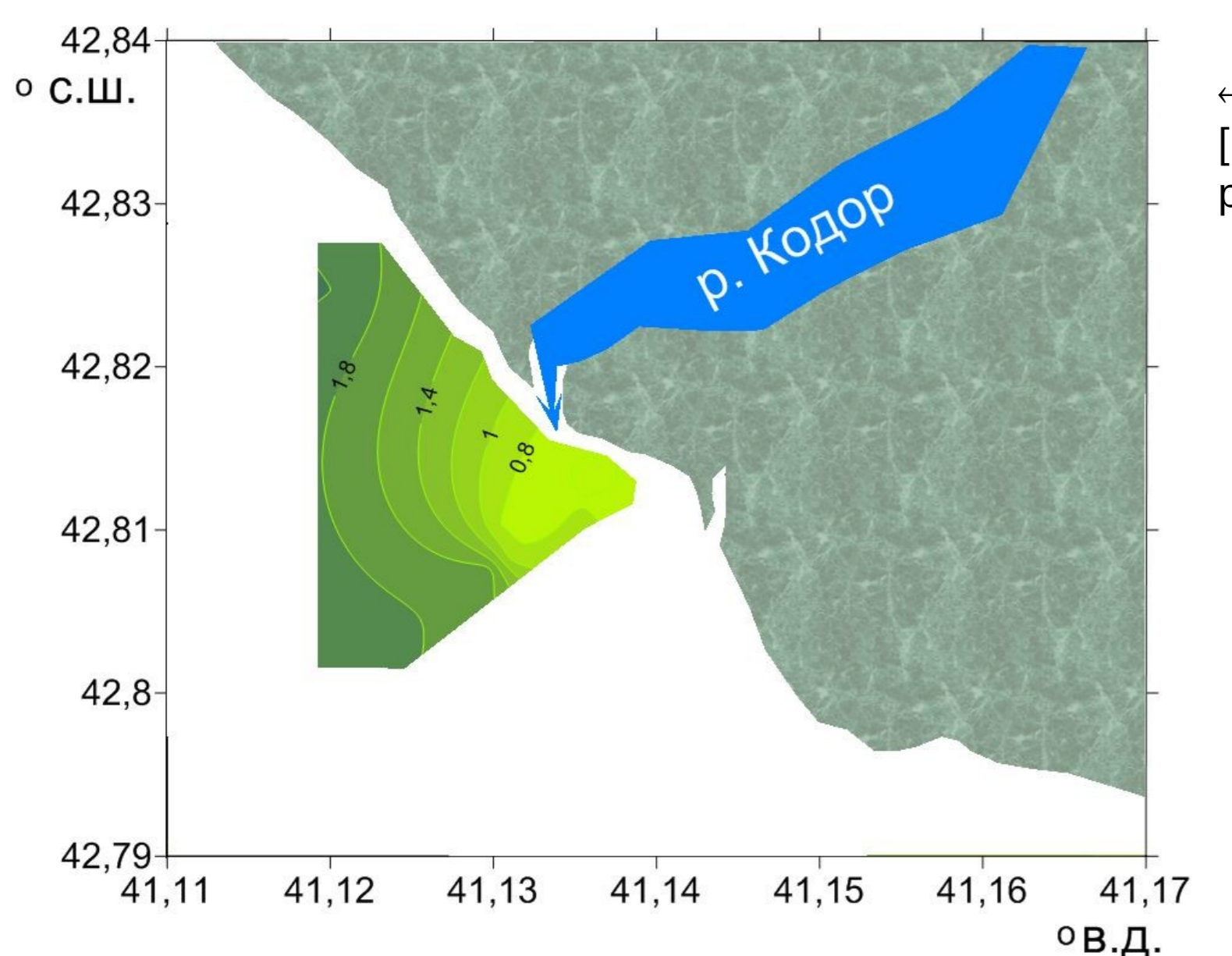


Рис. 9. Вынос р. Кодор. Поле концентраций общего взвешенного вещества по данным сканера OLI на ИСЗ Landsat-8, 28.08.2018 (08:01 UTC)

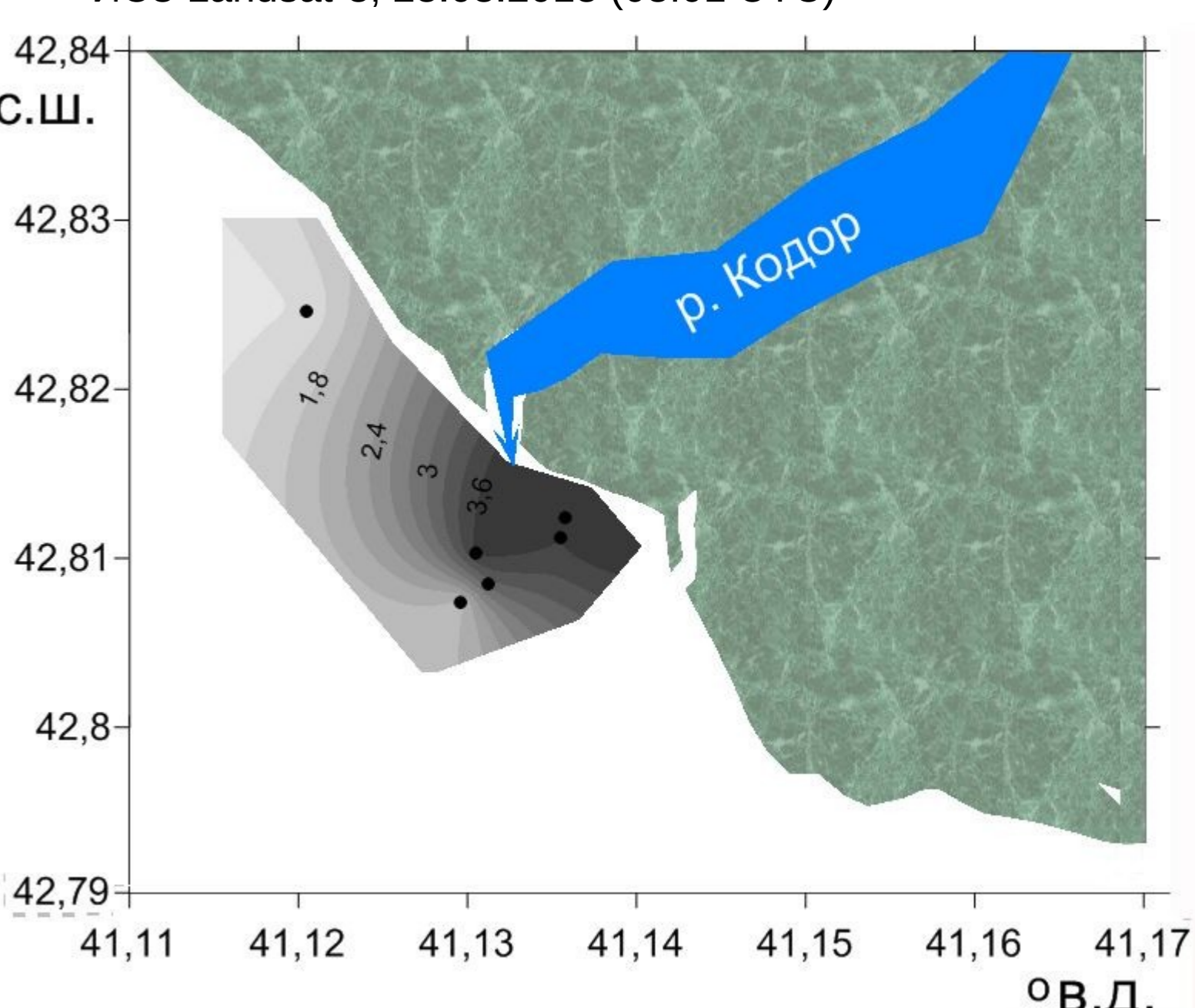


← Рис. 10. Распределение концентраций хлорофилла [мг/л] в поверхностном слое воды в приустьевой зоне р. Кодор 02.09.2018

Заключение. В итоге набор спутниковых данных, полученных в оптическом, инфракрасном и микроволновом диапазонах электромагнитного спектра позволяет полностью охарактеризовать выносы рек Кавказского побережья, как качественно, так и количественно. Среди современных спутниковых данных следует отметить датчики OLI и TIRS на ИСЗ Landsat-8, MSI на ИСЗ Sentinel-2A и Sentinel-2B и радиолокаторы с синтезированной апертурой на ИСЗ Sentinel-1A и Sentinel-1B. Их синхронные и квазисинхронные продукты в виде карт распределения взвешенного вещества, хлорофилла и температуры поверхности моря, а также РЛИ, характеризующие шероховатость морской поверхности, следует рекомендовать для исследований подобного рода.

Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-50-00095), предоставленного Институту океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

Рис.11. Распределение концентраций взвешенного вещества [мг/л] в поверхностном слое воды в приустьевой зоне р. Кодор 02.09.2018 →



°В.Д.