



УДК 556.044

**О ПРОЯВЛЕНИЯХ ПЕРЕНАСЫЩЕННЫХ ПЛЁНОК ПАВ И ТОЛСТЫХ
БИОГЕННЫХ ПЛЁНОК НА МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ СПУТНИКОВЫХ
ИЗОБРАЖЕНИЯХ ВНУТРЕННЕГО ВОДОЁМА**

Даниличева Ольга Аркадьевна, младший научный сотрудник отдела радиофизических методов в гидрофизике ИПФ РАН
Институт прикладной физики РАН
603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46

Ермаков Станислав Александрович, д.ф.-м.н., зав. отделом радиофизических методов в гидрофизике ИПФ РАН, зав.кафедрой ГТКиЭБС ВГУВТ
Институт прикладной физики РАН
603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46
Волжский государственный университет водного транспорта
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда
(проект № 23-17-00167) <https://rscf.ru/project/23-17-00167/>.*

Аннотация. Анализ спутниковых мультиспектральных изображений Горьковского водохранилища в период активного цветения фитопланктона и в присутствии перенасыщенных плёнок ПАВ на поверхности воды. Анализ полученных спектральных контрастов толстых и тонких биогенных плёнок/плёнок ПАВ. Показано существенное различие спектральных контрастов между плёнками разного происхождения и толщины.

Ключевые слова: биогенные плёнки, пленки ПАВ, спутниковые изображения, мультиспектральные данные, Sentinel-2

Обнаружение и идентификация зон цветения фитопланктона является важной задачей экологического мониторинга водоемов. Перспективными для решения этой задачи являются спутниковые методы дистанционного зондирования, особенно в оптическом и/или микроволновом диапазоне. Интенсивное цветение на радиолокационных изображениях может проявляться в связи с наличием на поверхности воды биогенных пленок, способных подавлять мелкомасштабные ветровые волны. Однако такие области могут быть связаны и с зонами безветрия, морским мусором, нефтяными пятнами и т.д. Наблюдение областей цветения в оптическом диапазоне основано на анализе изменения цветности верхней части воды. В настоящее время только радиолокаторы, без измерений в других областях электромагнитного спектра, не позволяет отличить биогенные пленки от антропогенных пленочных загрязнений, в частности нефтяных. Дополнительное использование оптических/инфракрасных (ИК) датчиков и спектральных характеристик отраженного от воды излучения может позволить отличить биогенные пленки от антропогенных плёночных загрязнений.

Типичные спектры отражения для внутренних водоемов с преобладанием цветения цианобактерий изучались в ряде работ [1,2], в литературе в основном представлены спектры отражения для таких водоемов в диапазоне от 400 до 800 нм с пиком в районе 700 нм, величина которого коррелирует с концентрацией хлорофилла-а [3]. Другие диапазоны, например коротковолновый инфракрасный (SWIR, длина волны 1-3 мкм), также представляют интерес для дистанционного зондирования водоемов, в том числе для мониторинга толстых биогенных пленок на поверхности воды, однако данные диапазоны на данный момент изучены слабо, что связано с сильным поглощением излучения водой.

На примере Горьковского водохранилища проведен анализ имеющихся спутниковых мультиспектральных наблюдений эвтрофированного водоема, особенно в ближнем (NIR) и коротковолновом (SWIR) инфракрасных диапазонах, в областях интенсивного цветения фитопланктона (рис.1а) и присутствия на поверхности воды плёнок поверхностно-активных веществ (ПАВ) (рис.1б). Для анализа использовались данные Sentinel-2 MSI и соответствующие подспутниковые наблюдения.

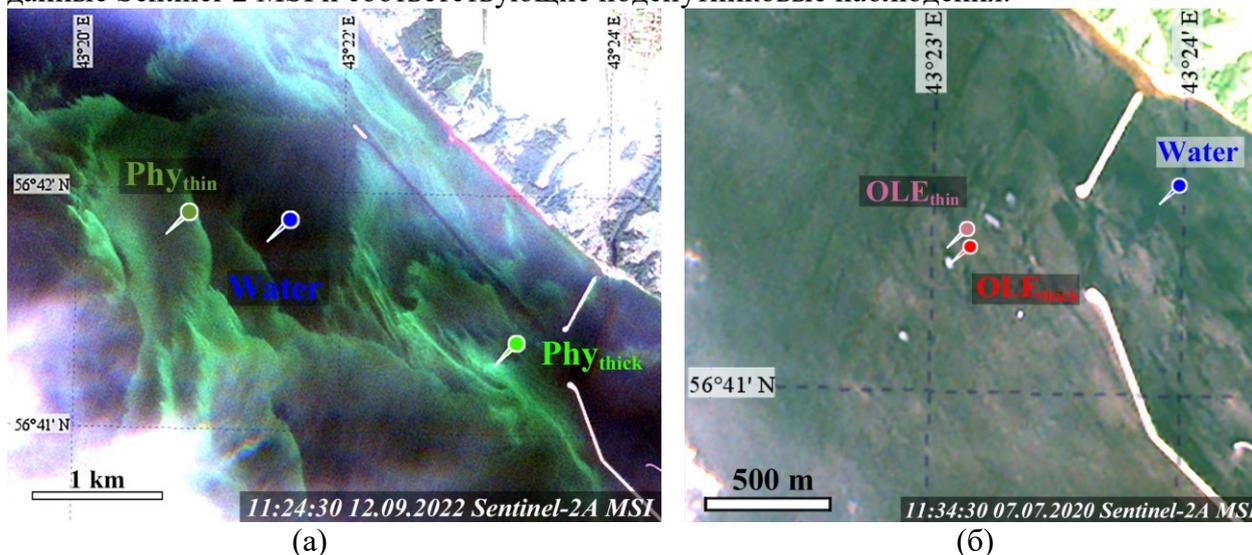


Рис. 1. Пример спутникового оптического изображения Горьковского водохранилища полученное с помощью Sentinel-2A MSI: а) в период активного цветения фитопланктона 12.09.2022, б) в период проведения подспутниковых экспериментов с искусственными разливами ПАВ (OLE) на 07.07.2020.

Анализировались спектральные контрасты пленок различных свойств и толщины в видимом и ближнем/коротковолновом инфракрасном диапазоне (рис. 2). Полученные результаты показывают, что области с высокой концентрацией фитопланктона могут проявляться в виде биогенных пленок на поверхности воды, которые имеют достаточно большую толщину и наблюдаются на NIR и SWIR изображениях в виде ярких областей. Тонкие биогенные пленки, которые можно считать мономолекулярными, в SWIR-диапазоне проявляются также, как мономолекулярные пленки ПАВ, чей контраст близок к 1 во всех диапазонах. В NIR-области контраст тонких биогенных пленок более выражен и близок к значению немомолекулярных (пересыщенных) пленок ПАВ. С другой стороны, контраст последних, в отличие от тонких биогенных пленок, также более выражен в SWIR диапазоне.

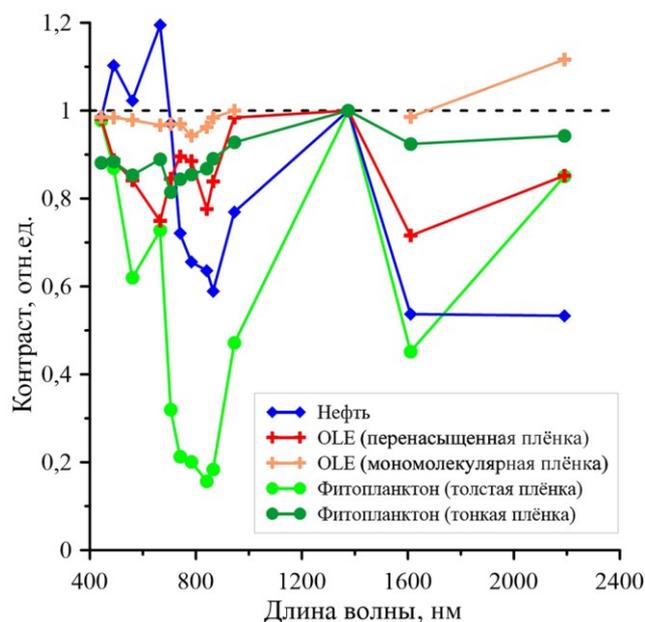


Рис. 2. Сравнение типичных спектральных контрастов толстых и тонких биопленок и ПАВ

Эти особенности мультиспектральных наблюдений биогенных плёнок могут быть использованы в качестве дополнительной информации для решения задачи дистанционной диагностики загрязнений, в том числе, например, с помощью микроволновых радаров.

Список литературы:

1. Hu C. Hyperspectral reflectance spectra of floating matters derived from Hyperspectral Imager for the Coastal Ocean (HICO) observations //Earth System Science Data. – 2022. – Т. 14. – №. 3. – С. 1183-1192.
2. Molkov A. A. et al. Regional models for high-resolution retrieval of chlorophyll a and TSM concentrations in the Gorky Reservoir by Sentinel-2 imagery //Remote Sensing. – 2019. – Т. 11. – №. 10. – С. 1215.
3. Gitelson A. A. Nature of the peak near 700-nm on the radiance spectra and its application for remote estimation of phytoplankton pigments in inland waters //8th Meeting on Optical Engineering in Israel: Optical Engineering and Remote Sensing. – SPIE, 1993. – Т. 1971. – С. 170-179.

ON MANIFESTATIONS OF SUPERSATURATED SURFACTANT AND THICK BIOGENIC FILMS IN MULTISPECTRAL SATELLITE IMAGES OF AN INLAND WATER BODY

Olga A. Danilicheva, Stanislav A. Ermakov

Abstract. Analysis of satellite multispectral images of the Gorky Reservoir during the period of active phytoplankton blooming and in the presence of supersaturated surfactant films on the water surface. Analysis of the obtained spectral contrasts of thick and thin biogenic/surfactant films. A significant difference in spectral contrasts between films of different origin and thickness is shown.

Keywords: biogenic films, surfactant films, satellite images, multispectral data, Sentinel-2.