



Алексей Кучейко

ООО «РИСКСАТ»



Андрей Иванов

ИНСТИТУТ ОКЕАНОЛОГИИ
ИМ. П.П. ШИРШОВА РАН



Наталья Филимонова

ГК «СКАНЭКС»



Анна Кучейко

ООО «РИСКСАТ»



Елизавета Лисаченко

ООО «РИСКСАТ»



Анастасия Вишнякова

ООО «РИСКСАТ»

СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ СУДОВЫХ СБРОСОВ В ЛАДОЖСКОМ ОЗЕРЕ

Ладожское озеро является самым большим пресноводным озером в Европе. Площадь озера — 17,9 тыс. км². Озеро является частью водной магистрали, входящей в состав Беломорско-Балтийского канала и Волго-Балтийского водного пути. До 1970-х гг. Ладога считалась чистым озером, сегодня — умеренно загрязненным водоемом III класса в основном из-за промышленных стоков. Свой вклад в загрязнение открытой части озера вносит и судоходство, сбрасывая нефтесодержащие воды и прочие судовые отходы в озеро. Подходы и методы, разработанные в [1–4] для мониторинга пленочных загрязнений морских акваторий, могут успешно применяться для их обнаружения и идентификации также в пресноводных водоемах.

В данной работе на основе обработки и анализа радиолокационных изображений (РЛИ) спутников Sentinel-1 за 2015–2016 гг. с помощью геоинформационного (ГИС) подхода впервые проведена оценка пространственно-временного распределения пленочных загрязнений водной поверхности Ладожского озера судовыми сбросами нефтесо-

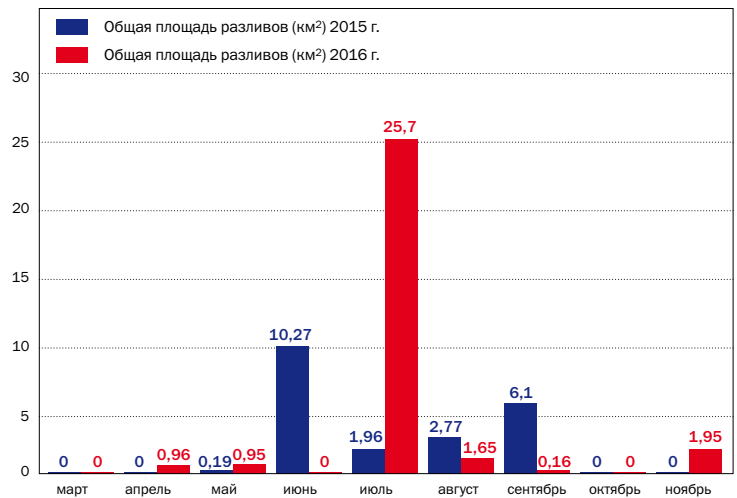
державших вод. С помощью веб-ГИС приложения «Геомиксер» проведен анализ РЛИ, составлена и проанализирована интегральная карта пленочных загрязнений и с помощью данных систем автоматической идентификации судов (АИС) установлено судно, причастное к самому крупному из обнаруженных судовых пленочных загрязнений (площадью 14 км²).

В проекте использовались РЛИ европейских радиолокационных спутников Sentinel-1A/1B, доступные через веб-портал Copernicus Open Access Hub (<https://scihub.copernicus.eu>) космического агентства ESA. Всего в 2015 г. было получено и обработано 119 РЛИ и в 2016 г. — 126 РЛИ, охватывающих поверхность Ладожского озера. Радиолокационные съемки выполнялись в интерферометрическом обзорном режиме (Interferometric Wide Swath Mode, IW) с пространственным разрешением 10x10 м и размером кадров на местности 250x250 км. Следует отметить, что благодаря данным программы Copernicus, и прежде всего свободному распространению данных, впервые удалось



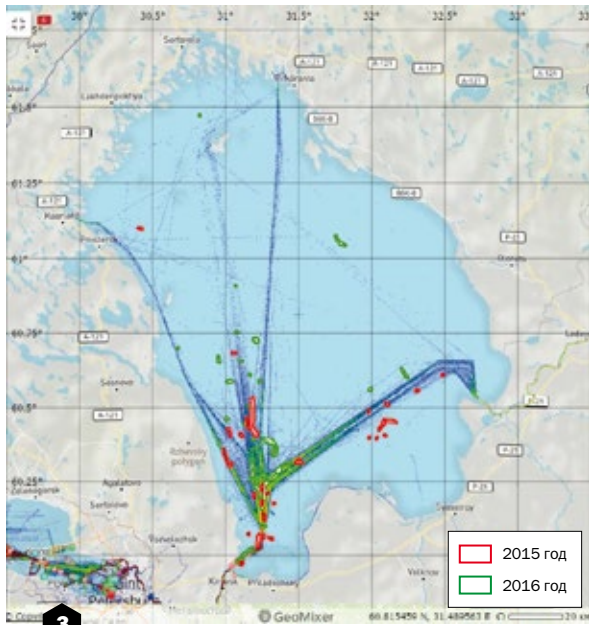
1

Рис. 1. Общее число обработанных РЛИ (синий) и число РЛИ с обнаруженными пятнами судового происхождения (красный) за 2015–2016 гг.



2

Рис. 2. Распределение РЛИ с обнаруженными пятнами судового происхождения в 2015 г. (синий) и в 2016 г. (красный) по месяцам



3

Рис. 3. Интегральная карта обнаруженных пятен-сликов (красный цвет — 2015 г., зеленый — 2016 г.), совмещенная с картой интенсивности судоходства на Ладожском озере, составленной по данным АИС (www.marinetraffic.com)

исследовать пространственно-временные особенности распределения пленочных загрязнений Ладожского озера с детальным разрешением и высокой частотой съемки.

Основные результаты

Число РЛИ с обнаруженными пятнами-сликами, имеющими признаки антропогенного происхождения, незначительно и составляет около 8% от общего числа полученных и обработанных РЛИ (рис. 1). Для сравнения: аналогичный показатель для акватории Черного моря может составлять 40–50%. Самыми благоприятными для обнаружения пятен являются летние месяцы — июль, август и сентябрь (рис. 2), что обусловлено отсутствием ледового покрова и ветрами от слабых до умеренных. Суммарная площадь пятен, обнаруженных на Ладоге в 2015 г., составила 21,3 км² и выросла в 2016 г. на 10%, т.е. до 31,4 км². Площадь самых обширных загрязнений составила 10,3 км² в 2015 г. и 14,1 км² в 2016 г.

По результатам обработки РЛИ средствами веб-ГИС приложения «Геомиксер» была составлена интегральная карта пленочных загрязнений Ладоги за 2015–2016 гг. и совмещена с картой интенсивности судоходства, созданной на основе ежедневных данных АИС за тот же период (рис. 3). Большинство обнаруженных пятен имеют линейчатый вид и располагаются вдоль основных судоходных трасс на озере, поэтому их можно классифицировать как пленочные загрязнения, возникшие из-за сбросов нефтесодержащих вод с судов, проходящих по маршрутам Волго-Балтийской транспортной системы и по трассам внутренних водных путей. Кроме того, характерные форма и размер, наличие перьевидного края (т.н. ветровая раз-

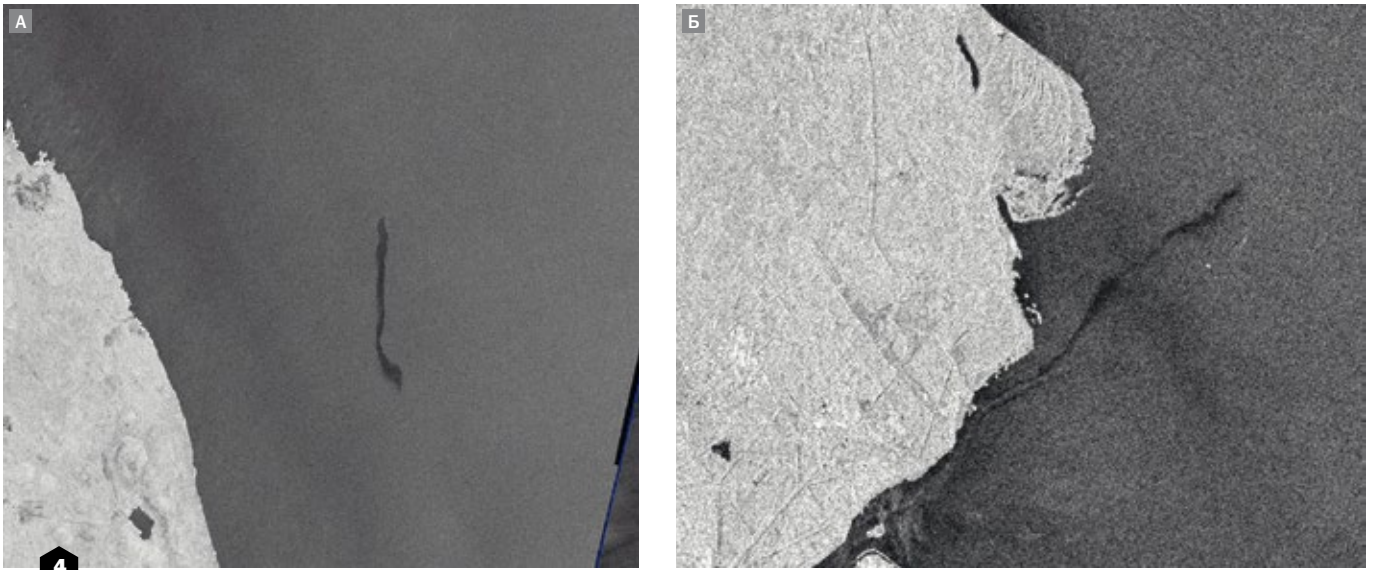


Рис. 4. Примеры типичных судовых разливов, обнаруженных в юго-западной части Ладожского озера на РЛИ спутника Sentinel-1A: а) 03.06.2015 (04:25 UTC); б) 20.08.2016 (04:25 UTC). © ESA

мазка) у большинства пятен [3, 4] также однозначно указывают на их судовое происхождение. Вполне очевидно, что наибольшая плотность пятен и самые обширные из них по площади приходятся на юго-западную часть Ладоги, на район с самым интенсивным судоходством.

При анализе средствами «Гео-миксер» крупноразмерных снимков, с учетом данных судоходства,

в некоторых случаях можно идентифицировать суда, причастные к сбросам нефтесодержащих вод. Например, самый большой по площади судовый разлив обнаружен на РЛИ Sentinel-1A от 15.07.2016 в 07:25 UTC на судовой трассе р. Нева — р. Свирь, причем длина пятна составила 18 км, ширина — около 1 км, площадь — 14 км² (рис. 5). Ширина пятна в разных

его частях (узкая в точке разлива и более широкая на некотором удалении от источника) позволяет определить направление движения судна (р. Свирь — устье р. Невы). Примерное время появления разлива рассчитано на основе его ширины и оценки скорости растекания нефтепродуктов по поверхности воды под действием ветрового переноса по упрощенной формуле без учета

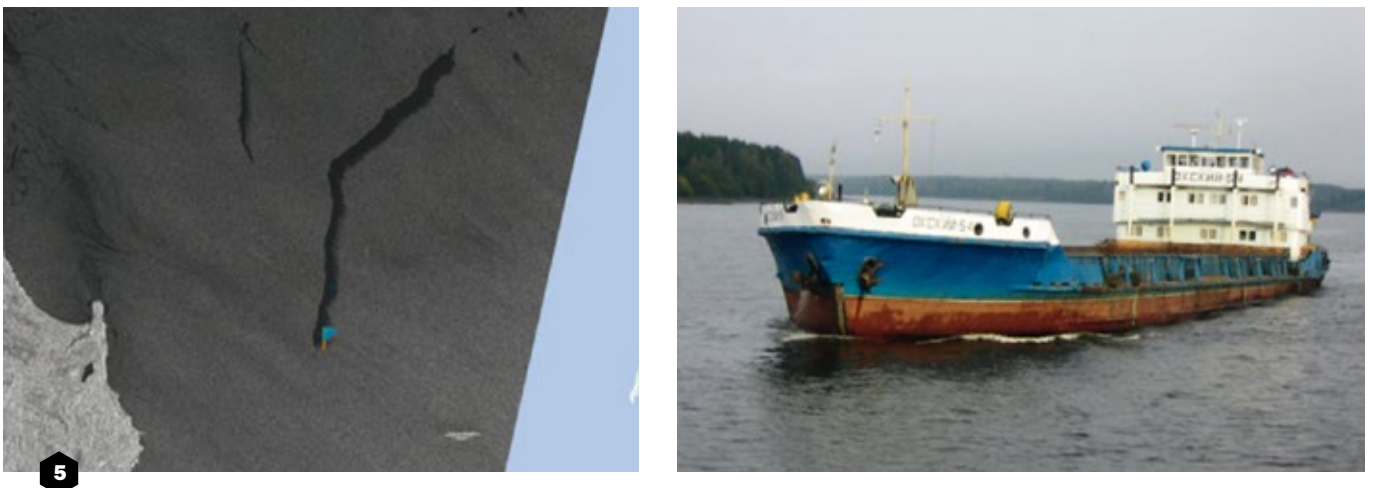


Рис. 5. Речной балкер «Окский-54», причастный к крупному судовому загрязнению, которое обнаружено 15.07.2016 на РЛИ спутника Sentinel-1A (показано флажком). © ESA

скорости поверхностных течений. По данным АИС выявлены все суда, проходившие через район обнаружения загрязнения в рассматриваемый период времени, определен вероятный нарушитель природоохранного законодательства, которым оказался балкер «Окский-54» (рис. 5).

Выводы

В результате обработки и анализа спутниковых радиолокационных изображений выявлен определенно высокий уровень пленочных загрязнений водной поверхности Ладожского озера. В результате обработки 240 РЛИ, полученных спутниками Sentinel-1A и Sentinel-1B в 2015-2016 гг., пленочные загрязнения обнаружены примерно на 8% из них. Судовое происхождение обнаруженных пятен

очевидно, так как в озере нет объектов нефтегазового комплекса, как нет и естественных источников нефти. Составлена интегральная карта пленочных загрязнений за двухлетний период и проанализировано их пространственно-временное распределение. По данным анализа, больше всего судовых разливов обнаружено в июле, августе и сентябре. Самыми загрязненными участками Ладоги являются районы, расположенные вдоль судоходных трасс в юго-западной части озера. Суммарная площадь загрязнения в 2016 г. увеличилась на 10% по сравнению с 2015 г. — до 31,3 км². Самое большое пятно площадью 14 км² и длиной 18 км обнаружено на РЛИ от 15.07.2016 на судоходной трассе Свирь — Нева. По результатам идентификации про-

ходивших через данный район судов установлен наиболее вероятный нарушитель природоохранного законодательства — балкер «Окский-54» (судоходная компания «Ладога»). В целях усиления контроля нелегальных сбросов неочищенных нефтесодержащих и прочих сточных вод с судов необходимо проводить регулярный космический мониторинг состояния водной поверхности Ладожского озера и ужесточить ответственность судовладельцев.

Результаты исследования представлены на конференции ESA «Baltic from Space Workshop» 29–31.03.2017 г. в г. Хельсинки (Финляндия). В сборе и обработке радиолокационных данных приняли участие Е. Лисаченко и А. Вишнякова (гимназия им. Н.В. Пушкина, г. Троицк). ¶

Список литературы:

1. Ivanov A.Yu., Zatyagalova V.V.. A GIS approach to mapping of oil spills in the marine environment. *Int. J. Remote Sensing*, 2008, 29, pp. 6297–6313.
2. Ivanov A., Potanin M., Filimonova N., Antonyuk A., Evtushenko N. Operational maritime monitoring: new geoinformation solutions and internet technologies. *Earth from Space*, 2014, 18, pp. 37–42. http://www.zikj.ru/images/archive/no18/no18_full.pdf
3. Иванов А.Ю., Кучейко А.А., Филимонова Н.А., Евтушенко Н.В., Антонюк А.Ю., Терлеева Н.В. Использование космической радиолокационной съемки и данных автоматических систем идентификации судов для выявления судовых разливов в Черном море. *Исслед. Земли из космоса*, 2013, № 5. С. 84–96.
4. Ivanov A.Yu., Kucheiko A.A. Large discharges from ships in the Black Sea studied by synthetic aperture radar with the support of automated identification systems. *Int. J. Remote Sensing*, 2014, 35, pp. 5513–5526.