

Картирование радиолокационной аэросъёмкой разлива нефтепродуктов в Балтийском море после аварии танкера *Globe Asimi* в 1981 году

В. И. Горный¹, В. Л. Щербаков²

¹ Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр РАН
Санкт-Петербург, 199178, Россия
E-mail: v.i.gornyy@mail.ru

² Всесоюзный научно-исследовательский институт
космоаэрогеологических методов, Ленинград, СССР

В ноябре 1981 г. на выходе из порта г. Клайпеды (Литва) в условиях сильного шторма потерпел аварию британский танкер *Globe Asimi* с ~16 тыс. т топочного мазута на борту. В акваторию вылилось значительное количество этого топлива. В условиях продолжающегося шторма эффективным средством, позволившим оценить масштаб загрязнения и направить силы и средства для ликвидации последствий аварии, была аэросъёмка с применением радиолокатора бокового обзора «Нить», установленного на самолёте АН-24. Цель краткого сообщения состоит в изложении истории первого в мире применения радиолокационной аэросъёмки в условиях сильного шторма при катастрофическом загрязнении Балтийского моря мазутом и проектирование этого опыта на современную ситуацию, когда резко возросли объёмы танкерных перевозок нефтепродуктов, что определяет особую актуальность данной публикации.

Ключевые слова: Балтика, Клайпеда, 1981 г., шторм, танкер, авария, мазут, загрязнение, радиолокационная аэросъёмка, картирование

Одобрена к печати: 06.10.2025
DOI: 10.21046/2070-7401-2025-22-6-79-86

Введение

В конце 60-х гг. прошлого века в Ленинграде в Лаборатории аэрометодов (ЛАЭМ) АН СССР для решения задач геологии, геодезии и охраны окружающей среды началось развитие новых, нефотографических дистанционных методов: радиолокационной аэросъёмки (РЛ АС) системами бокового обзора; тепловой аэросъёмки; многоспектральной аэросъёмки. Научным руководителем исследований в области применения РЛ АС был кандидат технических наук Владимир Борисович Комаров — директор ЛАЭМ, преобразованной в дальнейшем во Всесоюзный научно-исследовательский институт космоаэрогеологических методов (ВНИИКАМ) Министерства геологии СССР.

В 1968 г. под научным руководством В. Б. Комарова впервые в мире для геологических целей была проведена площадная РЛ АС крупного региона — территории Полярного Урала, которая из-за сложных облачных условий ранее не была покрыта площадной аэрофотосъёмкой, что осложняло проводимые в этом регионе геологические работы. Проведение РЛ АС стало возможным благодаря созданию отечественных бортовых радиолокаторов бокового обзора «Торос» и «Нить» (k -диапазон электромагнитных волн, центральная частота $f = 13,3$ ГГц), устанавливавшихся на самолётах Ту-134 СХ и Ан-24 (Пустовойтенко и др., 2011). За рубежом только в 1971 г. в рамках проекта Бразилии и США по таксации лесных массивов была выполнена площадная РЛ АС обширной территории в бассейне р. Амазонки (<https://edepot.wur.nl/482668>).

К началу 1980-х гг. в ЛАЭМ был накоплен значительный опыт выполнения РЛ АС как при разработке методик, так и при производственном применении этого дистанционного метода при геологическом картировании обширных территорий.

В условиях сильного шторма 21 ноября 1981 г. на Балтийском море при выходе из литовского порта Клайпеда британский танкер *Globe Asimi* («Глобе Асими») был брошен волной

на бетонную правую сторону входного канала и разломился на две части. В море вылилось около 16 тыс. т топочного мазута (Катастрофа..., 1990; Shabad, 1982). Угроза экологической безопасности региона определялась тем, что эта часть прибрежной акватории и береговой зоны Балтийского моря представляет собой почти сплошную полосу особо охраняемых природных территорий и рекреационных зон (2 на рис. 1). Кроме того, была опасность миграции нефтяного загрязнения в сторону Швеции, что грозило международным эколого-юридическим конфликтом.

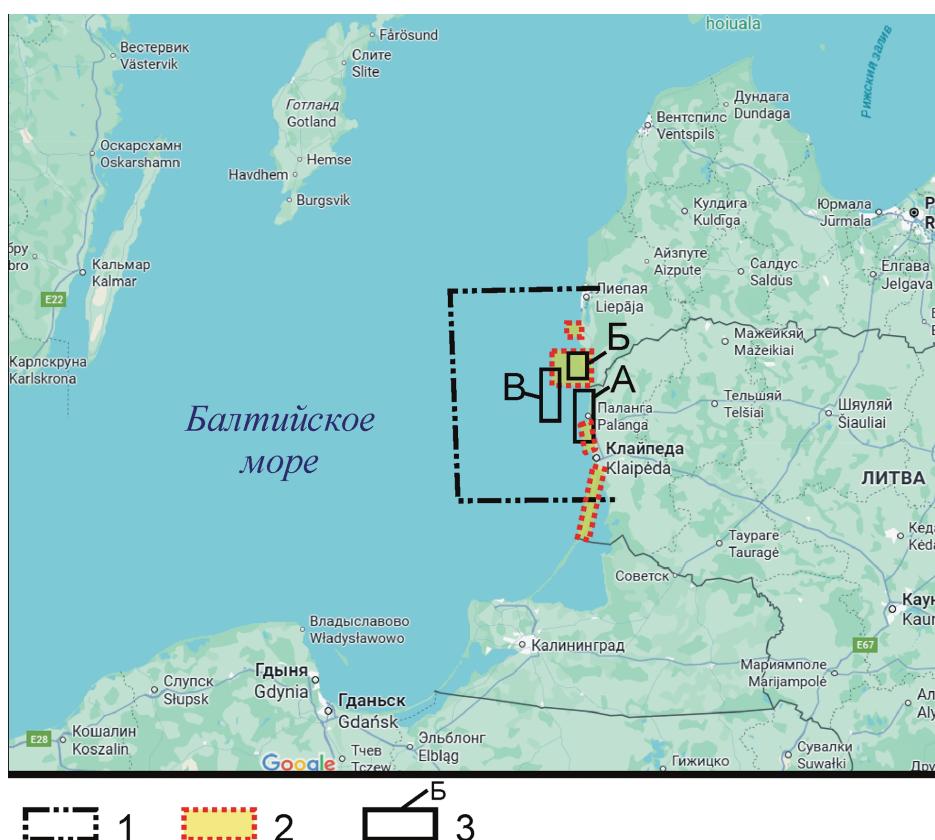


Рис. 1. Схема площадной РЛ АС, выполненной при картировании загрязнений мазутом акватории Балтийского моря после аварии танкера *Globe Asimi* в порту г. Клайпеды (картографическая основа — Google Earth). 1 — границы РЛ АС акватории; 2 — особо охраняемые природные территории; 3 — положение радиолокационных аэроснимков, представленных на рис. 2 (соответственно А, Б и В)

Для направления сил и средств с целью ликвидации последствий аварии требовалось оперативно выяснить истинные масштабы бедствия. Но низкая облачность в условиях длительно продолжавшегося шторма не позволяла использовать самолёты-аэрофотосъёмщики, ожидавшие ясной погоды на аэродроме г. Паланги.

Задача казалась не решаемой. Именно поэтому цель данного краткого сообщения — показать, как и на каком управлении уровне эта сложнейшая задача была решена в СССР. Учитывая возрастающие объёмы перевозки нефтепродуктов танкерным флотом, возрастает и риск аварийных ситуаций. Это определяет актуальность настоящей публикации.

Основная часть

Об экологическом бедствии на Балтике во ВНИИКАМ узнали 21 ноября 1981 г. из вечерней телевизионной программы «Время». К тому времени было известно, что в Швеции получены первые положительные результаты по применению РЛ АС для обнаружения нефтя-

ного загрязнения Балтийского моря после нелегальной промывки танкеров (Backlund, 1979). Директором ВНИИКАМ В. Б. Комаровым 22 ноября было собрано совещание. Обсуждение проблемы показало, что опыт применения радиолокационной аэросъёмки у специалистов ВНИИКАМ достаточен для решения этой новой трудной задачи. В результате было принято решение оказать немедленную помощь в определении масштаба бедствия. Поэтому В. Б. Комаров:

- связался со штабом Комиссии по чрезвычайной ситуации в г. Клайпеде. Выяснилось, что такая помощь в оценке масштабов загрязнения очень нужна;
- согласовал перенаправление финансовых средств с научно-исследовательской темы экологического содержания на оплату РЛ АС Балтики;
- связался с командиром Быковского объединённого авиаотряда Гражданской авиации, которому принадлежал самолёт Ан-24, бортовой номер 47195, оборудованный радиолокатором бокового обзора «Нить», и договорился о немедленном возвращении в Ленинград этого самолёта с последующим перелётом в аэропорт г. Паланги. Самолёт находился в Норильске пролётом из Ленинграда на Чукотку для выполнения по заданию ВНИИКАМ площадной РЛ АС.

Самолёт вернулся в Ленинград вечером 22 ноября. В тот же день во ВНИИКАМ был сформирован полевой отряд в составе: В.Л. Щербаков — начальник экспедиции, штурман-аэросъёмщик 1-го класса и уже находившиеся на борту самолёта при полёте на Чукотку В.И. Горный — заведующий Сектором радиолокационной аэросъёмки ВНИИКАМ и Н.А. Комаров — фотолаборант.* Днём 23 ноября самолёт вылетел в Клайпеду.

Сложности с выполнением работ начались с момента приземления в г. Клайпеде. Для выполнения аэросъёмки необходимо было иметь ряд разрешений на этот вид работ. При стихийных бедствиях эти разрешения могла выдать Комиссия по чрезвычайной ситуации. Но начальник штаба Комиссии не хотел брать на себя эту ответственность. После безуспешных двухсуточных переговоров В.Л. Щербаков был вынужден по телефону напрямую выйти на Первого секретаря ЦК Компартии Литовской ССР П.П. Гришкевичюса, который немедленно решил вопрос. Письменное разрешение на аэросъёмку было доставлено вечером 25 ноября специальным курьером в гостиницу аэропорта Паланги. Уже ранней ночью 26 ноября 1981 г. самолёт поднялся в воздух для выполнения РЛ АС загрязнения Балтики нефтепродуктами.

Сначала на пробных залётах были определены оптимальные для картирования нефтяного загрязнения при сильном морском волнении режимы работы радиолокатора и азимут маршрутов. При этом отклонение на 10° от курса оптимального для картирования загрязнения кардинально снижало радиолокационный контраст границы вода — мазут. Радиолокационная аэросъёмка выполнялась с высоты ~ 1200 м одним бортом одновременно в режимах вертикальной, горизонтальной и двух перекрёстных поляризаций с пространственным разрешением на местности 25×25 м и шириной полосы съёмки 15 км (масштаб 1:100 000). После трёх часов полёта было выполнено 16 маршрутов, покрывавших прибрежную акваторию Балтийского моря от г. Клайпеды до г. Лиепая (см. рис. 1). После приземления в аэропортовской гостинице был проявлен аэрофильм и стало ясно, что нефтяное загрязнение отчётливо дешифрируется (рис. 2, см. с. 82). В салоне самолёта на светостоле была подготовлена схема загрязнения прибрежной акватории, которую передали в штаб Комиссии по чрезвычайной ситуации. На следующий день был выполнен повторный вылет и определены вектора перемещения пятен нефтепродуктов в пределах морской акватории (см. рис. 2), позволившие оценить скорость движения полей мазута и прогнозировать перемещение загрязнений.

* Регистрация на радиолокаторе «Нить» проводилась на аэрофотоплёнку шириной 19 см, протягиваемую над линией сканирования на электронной трубке со скоростью, пропорциональной скорости полёта.

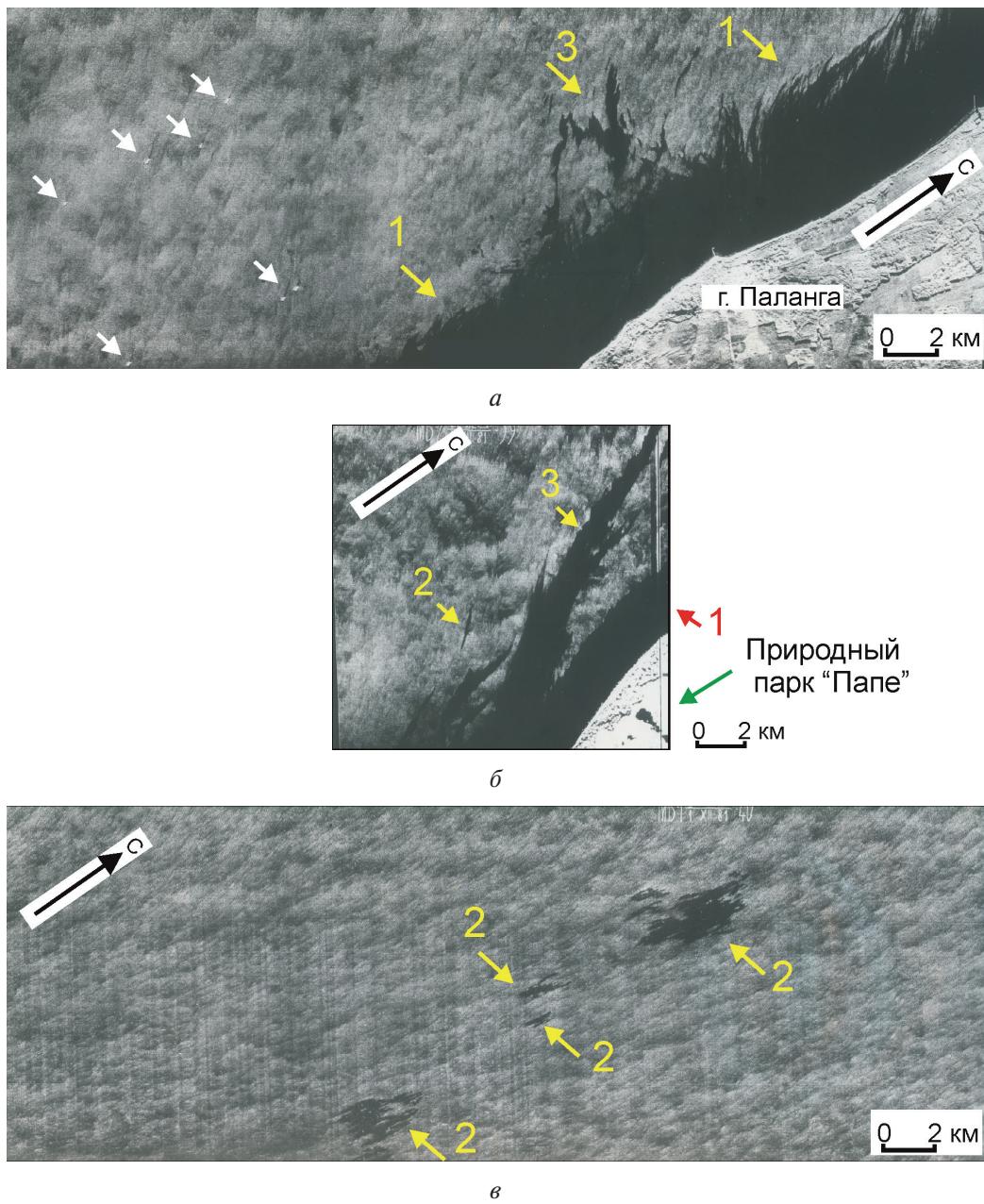


Рис. 2. Радиолокационные аэроснимки (вертикальная-вертикальная поляризация) нефтяного загрязнения акватории Балтийского моря (местоположение см. рис. 1): а — район г. Паланги; б — прибрежная акватория природного парка «Папе» — резервации водоплавающих птиц; в — мазутное пятно участка акватории, удалённого от берега. Белые стрелки указывают на морские суда, жёлтые — на загрязнение акватории мазутом. Аэросъёмка выполнена радиолокатором бокового обзора «Нить» в вертикальной, горизонтальной и перекрёстной поляризации. Дата аэросъёмки: 26 ноября 1981 г.

Схемы дешифрирования загрязнённой акватории были переданы в Комиссию по чрезвычайной ситуации и использованы для направления сил и средств на очистку акватории от мазута. Для проверки результатов Комиссия отправила катер к отделившемуся от берегового загрязнения полю мазута (см. рис. 2в), который подтвердил достоверность картирования.

Для борьбы с загрязнением из Чёрного моря на Балтику был направлен «Светломор» — флагман отечественной флотилии нефтесборщиков, а ФРГ в качестве гуманитарной помощи отправила специализированный новейший катамаран-нефтесборщик Thor (Shabad, 1982).

В дальнейшем материалы РЛ АС были приняты Международным судом для взыскания ущерба, оценённого в 900 млн долларов США (Катастрофа..., 1990).

Обсуждение результатов

Анализ показывает, что применение РЛ АС в условиях сильного шторма для картирования разливов мазута после аварии танкера «Глобе Асими» оказалось чрезвычайно успешным. Для этого достаточно сравнить отдельные радиолокационные аэроснимки (см. рис. 2) и схемы, полученные в результате проведения аэровизуальных и наземных наблюдений (рис. 3). Были надёжно выявлены не только загрязнение прибрежной зоны (1 на рис. 2а, б), но и отдельные поля мазута диаметром порядка первых километров (2 на рис. 2б, в), которые предположительно отрывались от концов струйных течений, возникавших под влиянием ветра в прибрежной зоне загрязнения (3 на рис. 2а, б), и переносились в северо-западном направлении на удалённые от берега части акватории. По материалам повторной РЛ АС были определены направление и скорость перемещения полей мазута. Эти результаты заверены судовыми наблюдениями. Сравнение площадей акватории Балтики, загрязнённой мазутом в районе Паланги, полученных РЛ АС 26 ноября 1981 г. (см. рис. 2а), с результатами аэровизуальных наблюдений (см. рис. 3) показывает, что они не противоречат друг другу, хотя пространственное разрешение и чувствительность к наличию нефтепродуктов у РЛ АС значительно выше. Это сравнение стало дополнительной верификацией эффективности РЛ АС при картировании в акваториях морей разливов нефтепродуктов.

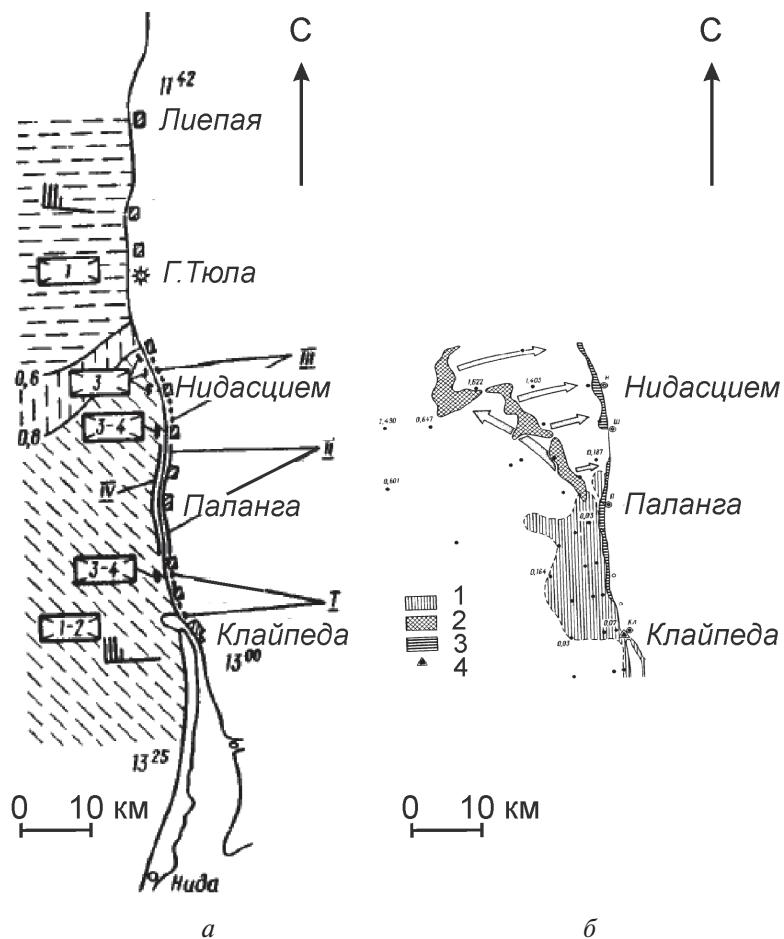


Рис. 3. Схемы загрязнения акватории Балтийского моря в районе порта Клайпеды после аварии танкера «Глобе Асими»: а — загрязнённость юго-восточной части Балтийского моря по результатам авиаобследования аварийного загрязнения с танкера «Глобе Асими», выполненного 25 ноября 1981 г. (Катастрофа..., 1990, рис. 3.2); б — трансформация пятна нефтепродуктов по данным авианаблюдения и концентрация (в мг/л) в поверхностном слое по данным судовых наблюдений. 1 — 27 ноября 1981 г. 2 — 3 декабря 1981 г. 3 — 4 декабря 1981 г. 4 — место аварии (Катастрофа..., 1990, рис. 3.6). Цифрами 1—4 (в прямоугольниках) и римскими цифрами I—III обозначены пункты записей в бортовых журналах

Сравнение с эффективностью космической радиолокационной съёмки, использованной для картирования загрязнений тем же нефтепродуктом — мазутом, что и в районе г. Клайпеды, после аварии танкеров в Керченском проливе в декабре 2024 г. (Лаврова и др., 2025) и в южной части Балтики (Kostianoy et al., 2006), показывает, что радиолокационной аэросъёмкой даже с регистрацией на фотоплёнку, имеющую не более 18–20 градаций серого тона и 10–12 на фотобумаге (<https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293786/4293786503.htm>), за счёт ручной регулировки уровня регистрируемого сигнала задача картирования разлива мазута в условиях сильного шторма была решена не менее надёжно, чем с применением спутниковых радиолокаторов с цифровой системой регистрации (Лаврова и др., 2025). Для сравнения: цифровая система записи отражённого радиолокационного сигнала спутника Sentinel-1 имеет динамический диапазон выходного продукта 16 бит, что соответствует 65 536 градациям.

Необходимо отметить, что РЛ АС обладает несомненным преимуществом — возможностью на экране радиолокатора в режиме реального времени оперативно выбрать оптимальные режимы работы радиолокатора, направления и протяжённость маршрутов, количество маршрутов, необходимых для полного покрытия РЛ АС загрязнённой акватории. Необходимость выбора оптимальных режимов работы радиолокатора и параметров РЛ АС определяется физикой отражения радиолокационного сигнала от взволнованной морской поверхности, покрытой слоем нефтепродуктов. Основным фактором, определяющим эффективность применения РЛ АС для обнаружения нефтепродуктов, в том числе и тонких плёнок, является снижение высоты волн на морской поверхности из-за большей, чем у воды, вязкости слоя разлитых нефтепродуктов (Alpers, Hühnerfuss, 1988). Поэтому амплитуда отражённого радиолокационного сигнала определяется многими природными факторами: высотой и направлением волн, которые в свою очередь зависят от скорости и направления ветра, толщины слоя нефтепродуктов; характеристиками ряби, наложенной на волны (Титченко и др., 2025; Alpers, Hühnerfuss, 1988; Mainvis et al., 2020). К этому дополняется известный в оптике эффект просветления (Hammoud et al., 2019), снижающий отражательную способность стеклянных линз при наличии плёнки с меньшей диэлектрической проницаемостью (в данном случае системы «воздух – нефтяная плёнка – вода» с диэлектрической проницаемостью у воздуха $\epsilon = 1$, у нефтепродуктов $\epsilon = 2,0 \dots 3,5$, у воды $\epsilon = 81$ (Ахадов, 1972)). Всё это делает невозможным создание универсального спутникового радиолокатора с характеристиками, обеспечивающими одинаково надёжное обнаружение плёнок углеводородов при любых направлениях, высоте волн, толщине и видах нефтепродуктов, и позволяет считать РЛ АС гибким инструментарием системы обнаружения и мониторинга загрязнения морских акваторий нефтепродуктами.

Анализ литературы показал, что ВНИИКАМ в 1981 г. на Балтике впервые в мире после крупной аварии танкера применил в условиях сильного шторма РЛ АС для картирования катастрофического загрязнения моря мазутом.

Заключение

Опыт применения РЛ АС при ликвидации последствий аварии танкера *Globe Asimī* в районе г. Клайпеды позволяет отметить следующее:

1. При мониторинге загрязнений акваторий углеводородами РЛ АС представляется более гибким инструментарием, чем космическая радиолокационная съёмка, но, естественно, её не заменяющим. Радиолокационная аэросъёмка эффективна на первом этапе в условиях сильного волнения и при оценке качества мер по ликвидации загрязнения. Космическая же радиолокация имеет очевидное экономическое преимущество при продолжительном мониторинге миграции загрязнения под влиянием морских течений.
2. В России достаточно иметь два самолёта-лаборатории. Один — для акваторий европейской части России, а второй — для акваторий Сибири. Как показывает опыт это

позволит в течение суток после разлива приступить к проведению РЛ АС на любой акватории, омывающей территорию России. Примером может быть самолёт-лаборатория Пограничной службы Финляндии, оборудованный радиолокатором бокового обзора, тепловизором и сканером ультрафиолетового диапазона спектра (<https://www.ga-ats.com/en/news-and-fairs/news/news-detail/do228s-of-the-finnish-border-guard-receive-major-navigation-and-communications-system-upgrade>). Важным моментом для оперативного применения этих самолётов-лабораторий должно быть наличие постоянно действующих разрешений на проведение аэросъёмочных работ на всех акваториях России.

3. Принятие Международным судом к рассмотрению материалов съёмки в качестве доказательства загрязнения является доказательством ещё одного преимущества применения РЛ АС. Радиолокационная аэросъёмка является методом объективного контроля. Это указывает на несомненное преимущество РЛ АС перед аэровизуальными наблюдениями при юридическом рассмотрении конфликтных ситуаций.

Литература

1. Ахадов Я.Ю. Диэлектрические свойства чистых жидкостей. М.: Изд-во стандартов, 1972. 413 с.
2. Катастрофа танкера «Глобе Асими» в порту Клайпеда и ее экологические последствия / под. ред. А. И. Симонова. М.: Гидрометиздат, 1990. 107 с.
3. Лаврова О.Ю., Лупян Е.А., Костяной А.Г. Последствия аварий танкеров в черноморском керченском предпроливье 15 декабря 2024 г.: комплексный анализ спутниковых и метеорологических данных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2025. Т. 22. № 2. С. 282–299. DOI: 10.21046/2070-7401-2025-22-2-282-299.
4. Пустовойтенко В.В., Показеев К.В., Запевалов А.С. Отечественные космические радиолокационные системы мониторинга морских акваторий. Радиолокационные станции бокового обзора // Физические проблемы экологии (Экологическая физика). 2011. № 17. С. 318–331.
5. Титченко Ю.А., Караев В.Ю., Панфилова М.А. и др. Численное моделирование радиолокационного сигнала, отражённого морской поверхностью с разной сплошностью морского льда // Russian J. Earth Sciences. 2025. Т. 25. № 3. Article ES3007. 11 с. DOI: 10.2205/2025es001017.
6. Alpers W., Hühnerfuss H. Radar signatures of oil films floating on the sea surface and the Marangoni effect // J. Geophysical Research: Oceans. 1988. V. 93. Iss. C4. P. 3642–3648. DOI: 10.1029/JC093iC04p03642.
7. Backlund L. Airborne oil spill surveillance systems in Sweden // Proc. Intern. Oil Spill Conf. 1979. V. 1979. Iss. 1. P. 305–311. DOI: 10.7901/2169-3358-1979-1-305.
8. Hammoud B., Ndagijimana F., Faour G. et al. Bayesian statistics of wide-band radar reflections for oil spill detection on rough ocean surface // J. Marine Science and Engineering. 2019. V. 7. Iss. 1. Article 12. DOI: 10.3390/jmse7010012.
9. Kostianoy A., Litovchenko K., Lavrova O., Mityagina M., Bocharova T., Lebedev S., Stanichny S., Soloviev D., Sirota A., Pichuzhkina O. Operational satellite monitoring of oil spill pollution in the southeastern Baltic Sea: 18 months experience // Environmental Research, Engineering and Management. 2006. No. 4(38). P. 70–77.
10. Mainvis A., Fabbro V., Bourlier Ch. et al. Surface film characterization from X-to-K-band radar signal inversion, a wind-wave-pool experiment // Progress In Electromagnetics Research B. 2020. V. 87. P. 93–110. DOI: 10.2528/PIERB20010604.
11. Shabad T. Vast damage cited in Baltic oil spill // The New York Times. Jan. 31, 1982. Section 1. P. 9.

Radar mapping of the oil spill in the Baltic Sea after the Globe Asimi tanker accident in 1981

V.I. Gornyy¹, V.L. Shcherbakov²

¹ Saint Petersburg Federal Research Center RAS, Saint Petersburg 199178, Russia
E-mail: v.i.gornyy@mail.ru

² The All-Union Research Institute of Remote Sensing Methods in Geology
Leningrad, USSR

In November 1981, the Globe Asimi British tanker with about 16,000 tons of fuel oil suffered an accident while leaving the port of Klaipeda (Lithuania) during a severe storm. A significant amount of this fuel was spilled into the water. In conditions of continuing stormy weather, aerial survey by the Nit' side-looking radar installed on AN-24 aircraft was the effective way to assess the extent of the pollution and direct resources to deal with the aftermaths of the accident. This brief report aims to describe the first use of aerial radar survey during a storm in response to the catastrophic oil spill in the Baltic Sea. It also aims to draw parallel with the present day when tanker transportation volumes have increased significantly, making this experience particularly relevant.

Keywords: Baltic Sea, Klaipeda, 1981, storm, tanker, accident, fuel oil, pollution, airborne radar, mapping

Accepted: 06.10.2025
DOI: 10.21046/2070-7401-2025-22-6-79-86

References

1. Akhadov Ya. Yu., *Dielektricheskie svoistva chistykh zhidkosteii* (Dielectric properties of pure liquids), Moscow: Izd. standartov, 1972, 413 p. (in Russian).
2. *Katastrofa tankera "Globe Asimi" v portu Klaipeda i ee ekologicheskie posledstviya* (The disaster of the Globe Asimi tanker in the port of Klaipeda and its environmental consequences), A. I. Simonov (ed.), Moscow: Gidrometizdat, 1990, 107 p. (in Russian).
3. Lavrova O. Yu., Loupian E. A., Kostianoy A. G., Consequences of tanker accidents on the Black Sea side of the Kerch Strait on December 15, 2024: A comprehensive analysis of satellite and meteorological data, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2025, V. 22, No. 2, pp. 282–299 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2025-22-2-282-299.
4. Pustovoitenko V. V., Pokazeev K. V., Zapevalov A. S., Domestic space radar systems for monitoring marine areas. Side-looking radar stations, *Fizicheskie problemy ekologii (Ekologicheskaya fizika)*, 2011, No. 17, pp. 318–331 (in Russian).
5. Titchenko Yu. A., Karaev V. Yu., Panfilova M. A. et al., Numerical modeling of a radar signal reflected by a sea surface with different sea ice concentrations, *Russian J. Earth Sciences*, 2025, V. 25, No. 3, Article ES3007, 11 p. (in Russian), DOI: 10.2205/2025es001017.
6. Alpers W., Hühnerfuss H., Radar signatures of oil films floating on the sea surface and the Marangoni effect, *J. Geophysical Research: Oceans*, 1988, V. 93, Iss. C4, pp. 3642–3648, DOI: 10.1029/JC093iC04p03642.
7. Backlund L., Airborne oil spill surveillance systems in Sweden, *Proc. Intern. Oil Spill Conf.*, 1979, V. 1979, Iss. 1, pp. 305–311, DOI: 10.7901/2169-3358-1979-1-305.
8. Hammoud B., Ndagiijimana F., Faour G. et al., Bayesian statistics of wide-band radar reflections for oil spill detection on rough ocean surface, *J. Marine Science and Engineering*, 2019, V. 7, Iss. 1, Article 12, DOI: 10.3390/jmse7010012.
9. Kostianoy A., Litovchenko K., Lavrova O., Mityagina M., Bocharova T., Lebedev S., Stanichny S., Soloviev D., Sirota A., Pichuzhkina O., Operational satellite monitoring of oil spill pollution in the south-eastern Baltic Sea: 18 months experience, *Environmental Research, Engineering and Management*, 2006, No. 4(38), pp. 70–77.
10. Mainvis A., Fabbri V., Bourlier Ch. et al., Surface film characterization from X-to-K-band radar signal inversion, a wind-wave-pool experiment, *Progress In Electromagnetics Research B*, 2020, V. 87, pp. 93–110, DOI: 10.2528/PIERB20010604.
11. Shabad T., Vast damage cited in Baltic oil spill, *The New York Times*, Jan. 31, 1982, Section 1, p. 9.