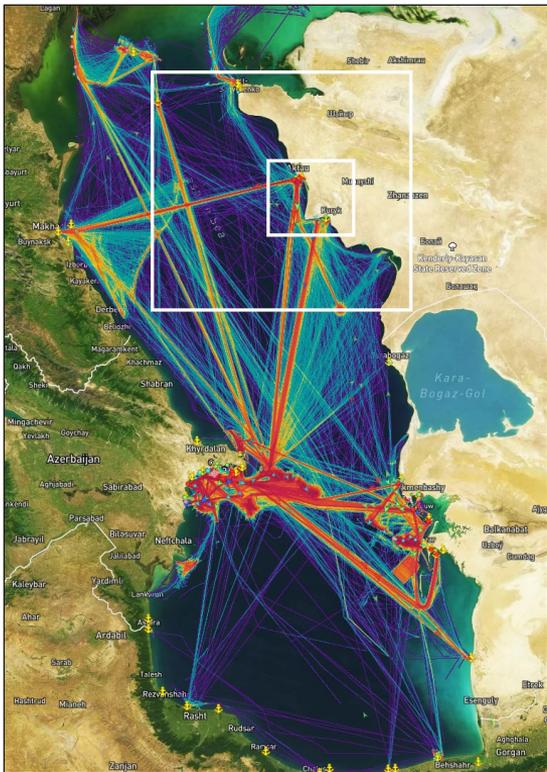

Нефтяные загрязнения вблизи портов Актау, Курык и Ерсай (Каспийское море): спутниковые наблюдения и *in situ* измерения

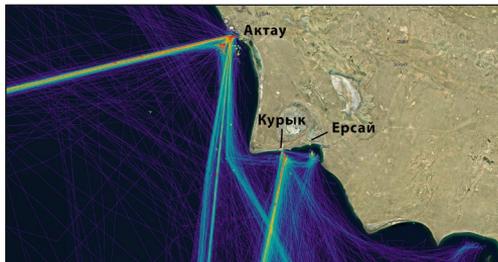
Князев Н.А.(1), Лаврова О.Ю.(1), Костяной А.Г.(2), Koibakova S.E.(3),
Syrlybekkyzy S (3)

- 1. Институт космических исследований, РАН, Москва, Россия*
- 2. Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия*
- 3. Yessenov Caspian University of Technology and Engineering, Aktau, Kazakhstan*

Район исследования



Основные трассы судоходства в Каспийском море за 2023 г.



порт Курук



порт Актау



порт Ерсай

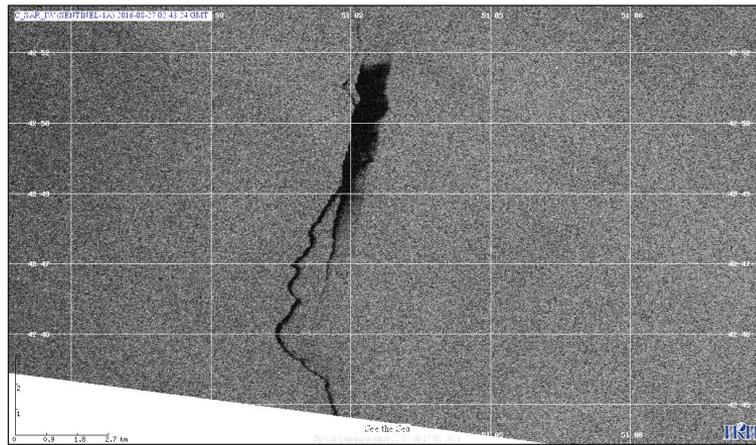
Порты Актау, Курук и Ерсай являются одними из основных морских путей в Среднем Каспии, через которые проходят как торговые, так и производственные суда. Ежегодная перевозка нефтепродуктов оценивается в 15 млн тонн

Спутниковые данные

Серия Sentinel-1



<u>Спутники</u>	Sentinel-1A/1B
<u>Сенсор</u>	C_SAR (PCA, C – диапазон)
<u>Режим работы</u>	IW (Interferometric Wide Swath — интерферометрический широкозахватный режим)
<u>Поляризация</u>	VH, VV
<u>Пространственное разрешение</u>	10 м
<u>Период повторной съемки</u>	1-3 дня
<u>Период исследований</u>	2013 – 2022 гг. (3700 изображений)

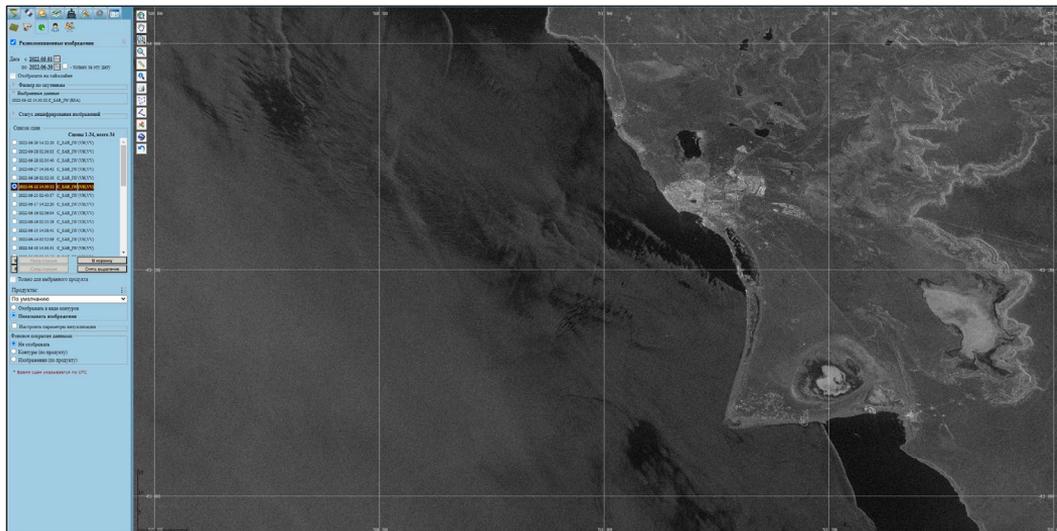


Проявления нефтяной пленки на РЛИ (27.08.2016)

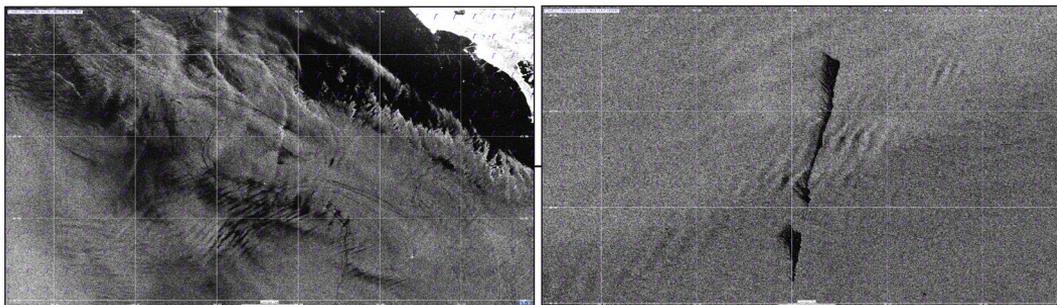


Нефтяные «подобия»

See the Caspian Sea



Картографический интерфейс системы STCS



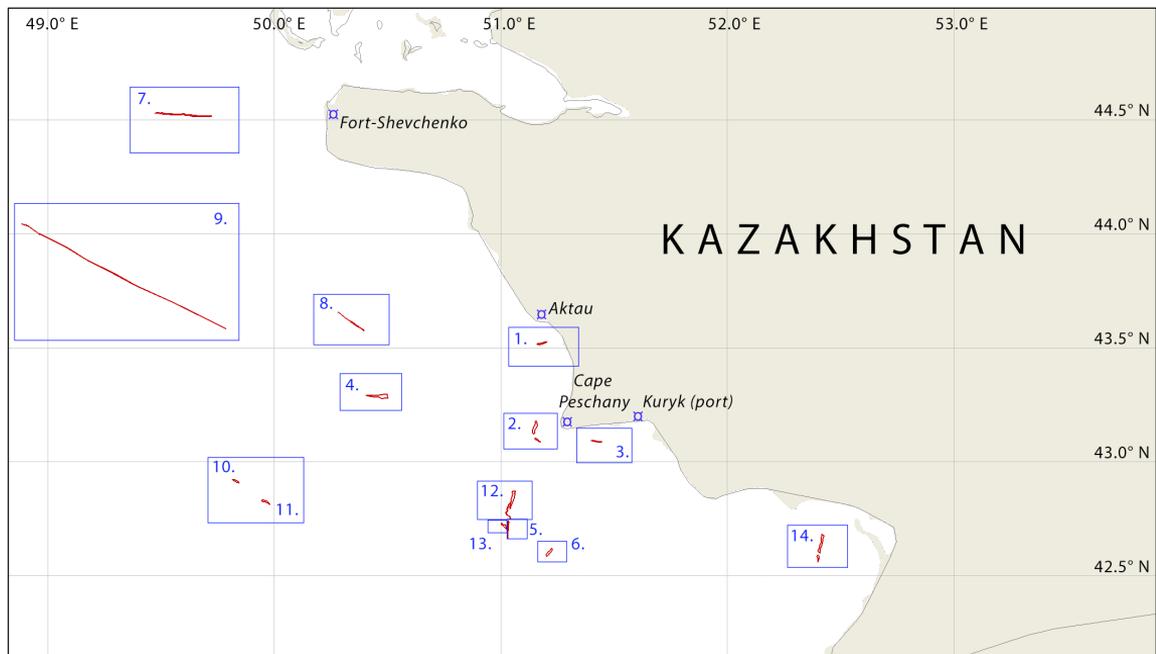
<http://caspien.geosmis.ru>

Для хранения, визуализации и анализа спутниковых изображений по исследуемой акватории Каспийского моря использовался инструмент See the Caspian Sea (STCS), разработанный в 2023 году в ИКИ РАН совместно с ИО РАН. Преимущества инструмента:

- Архивы многолетних спутниковых данных радиолокации, радиометрии и спектрорадиометрии
- Метеорологические данные, рассчитанные на основе реанализа NCEP и высокоразрешающей модели WRF
- Алгоритмы по обработке спутниковых изображений (композиты изображений, маски классификаций, индексы, продукты подповерхностного слоя (SST, мутность, взвешенное вещество, хлорофилл), синтезы поляризации)

Данные о метеоусловиях помогают определить характер и степень распространения нефтяной пленки. **На рисунке слева** (РЛИ от 12.04.2015) изображен пример проявления нефтяной «гребенки»

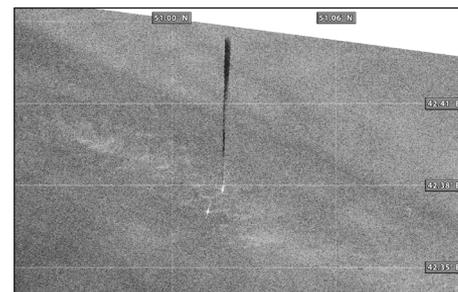
Результаты спутникового мониторинга



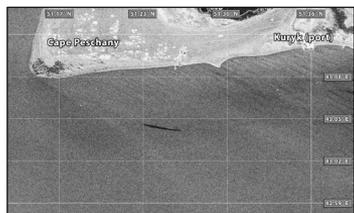
Карта судовых сбросов за 2013 – 2022 гг.



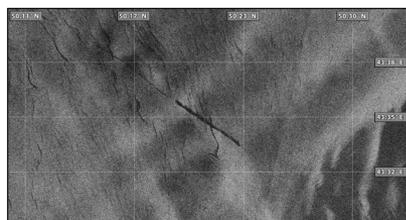
05.06.2016 (№2)



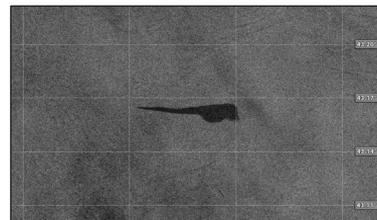
03.08.2016 (№5)



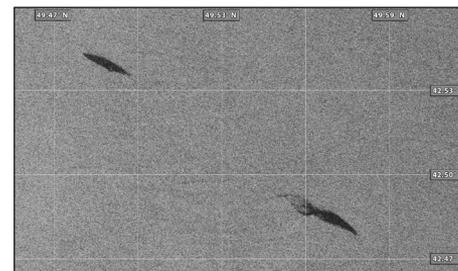
16.08.2016 (№3)



01.06.2019 (№8)



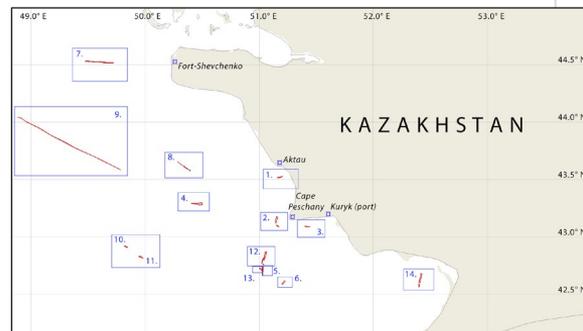
22.10.2018 (№4)



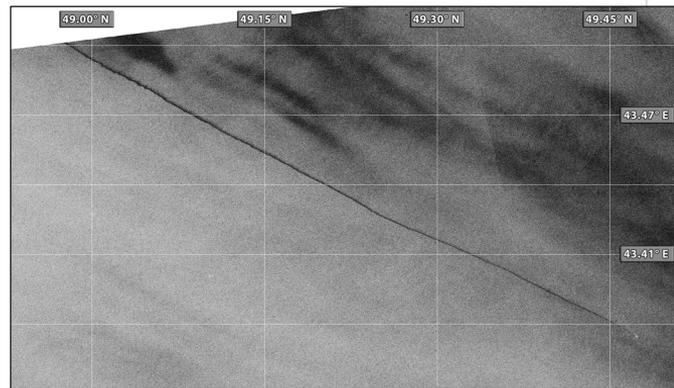
11.09.2018 (№10, 11)

Статистика по загрязнениям

Oil spill	Date (DD.MM.YYYY HH:MM:SS)		Coordinates		Square (km ²)	Length (km)	Wind		Distance (km)
	Day	Time	Latitude	Longitude			Direction	Speed (m/s)	
1	24.01.2016	2:43:16	43,5187	51,1832	1,84	4,01	NE	3-5	8,6 (to Aktau)
2 (top spot)	05.06.2016	14:29:45	43,1485	51,1504	4,83	6,5	NW	7-8	8,4 (to cape Peschany)
2 (bottom spot)	05.06.2016	14:29:45	43,1485	51,1504	1,28	6,43	NW	7-8	10,75 (to cape Peschany)
3	16.08.2016	14:29:49	43,0891	51,4183	0,94	3,78	NW	4-6	7,35 (to the coast)
4	28.10.2018	14:38:22	43,2869	50,481	7,98	7,73	SE	8-9	63,2 (to cape Peschany)
5	03.08.2016	2:43:48	42,7189	51,0332	1,7	10,1	ENE	6-7	73,8 (to cape Peschany)
6	21.06.2022	2:44:22	42,6053	51,2161	2,56	3,85	ENE	3-4	62,5 (to cape Peschany)
7	19.09.2015	2:51:09	44,5241	49,5953	6,19	20,27	ENE	2-3	41,7 (to Fort-Shevchenko)
8	01.06.2019	2:43:37	43,6047	50,353	2,75	12,88	NNE	2-3	58 (to the coast)
9	07.06.2019	14:38:22	43,8439	49,2567	38	89	NE	4-6	110 (to Aktau)
10	11.09.2018	14:30:12	42,9159	49,8301	1,28	2,77	NW	3-4	119,3 (to cape Peschany)
11	11.09.2018	14:30:12	42,8253	49,9627	1,79	3,33	NW	3-4	111,6 (to cape Peschany)
12	27.08.2016	2:43:24	42,8393	51,0523	7,42	14,7	NE	2-3	35,6 (to cape Peschany)
13	20.07.2021	2:44:18	42,7168	51,0182	2	3,72	NW	4-6	52,72 (to cape Peschany)
14	12.04.2015	14:29:34	42,6633	52,4192	6,29	11,85	NNW	2-3	12 (to the coast)



- Судовой сброс за 07.06.2019 (№9) является наибольшим по протяженности (89 км) и площади загрязнения (38 кв. км.)
- Основной год с наибольшими загрязнениями – 2016 г. (6 случаев)
- Преобладающее направление ветра – NW (северо-западное), скорость – 2-3 м/с
- Пространственное распределение загрязнений:
 - 5 сбросов (№4,7,8,9,10,11) относятся к маршруту Актау – Махачкала
 - 7 сбросов относятся к ТМТМ (№1,2,3,5,,6,12,13,14)



ПЛИ от 07.06.2019 (№9)

Измерения in-situ



Parameter	MPC	Station 1 (Aktau)		Station 2 (Aktau)		Station 3 (Kuryk)		Station 4 (Kuryk)	
		Value	% to MPC						
pH	6-9	8.21	norm	8.55	norm	8.11	norm	8.13	norm
Hydrocarbonates mg/dm ³		0.025		0.022		0.03		0.028	
Carbonates, mg/dm ³		213.5		210.0		236.3		222.0	
Iron, mg/dm ³	0.3	0.025	8.3%	0.028	9.3%	0.14	46.7%	0.11	36.7%
Phosphates, mg/dm ³	0.4	0.23	57.5%	0.24	60%	0.18	45%	0.21	52.5%
Nitrites, mg/dm ³	3.3	0.020	0.6%	0.020	0.6%	0.003	0.09%	0.005	0.15%
Nitrates, mg/dm ³	45	0.92	2%	0.84	1.9%	1.4	3.1%	1.8	4%
Ammonium, mg/dm ³	0.4	0.53	132.5%	0.42	105%	0.28	70%	0.33	82.5%
Suspended matter, mg/dm ³	Background value = 16	25	156%	31	194%	16.5	103%	16.1	101%
Petroleum products, mg/dm ³	0.1	0.064	64%	0.036	36%	0.032	32%	0.029	29%
Manganese, mg/dm ³	0.1	0.029	29%	0.03	30%	0.045	45%	0.04	40%
Copper, mg/dm ³	1.0	0.002	0.2%	0.002	0.2%	0.039	3.9%	0.028	2.8%
Chromium, mg/dm ³	0.5	0.02	4%	0.018	3.6%	0.022	4.4%	0.02	4%
Nickel, mg/dm ³	0.1	0.021	21%	0.022	22%	0.028	28%	0.023	23%
Zinc, mg/dm ³	1	0.014	1.4%	0.011	1.1%	0.028	2.8%	0.015	1.5%
Biochemical oxygen demand (BOD), mgO ₂ /dm ³	3	2.6	87%	2.9	97%	2.15	72%	2.168	72%
Lead, mg/dm ³	0.03	0.0043	14.3%	0.0047	15.7%	0.0034	11.3%	0.0036	12%

Химические характеристики проб морской воды вокруг портов Актау и Курык, отобранных 17 июля 2023 года

Parameter	MPC	Station K2 (Kuryk)		Station K3 (Erсай)		Station K4 (Aktau)	
		Value	% to MPC	Value	% to MPC	Value	% to MPC
pH	6-9	8.7	norm	8.2	norm	8.12	norm
Hydrocarbonates mg/dm ³		0.035		0.04		0.045	
Carbonates, mg/dm ³		242		231		249	
Iron, mg/dm ³	0.3	Not determined		0.01	3.3%	0.01	3.3%
Phosphates, mg/dm ³	0.4	0.17	42.5%	0.26	65%	0.33	82.5%
Nitrites, mg/dm ³	3.3	0.01	0.3%	0.008	0.24%	0.012	0.36%
Nitrates, mg/dm ³	45	2.9	6.4%	2.7	6%	2.8	6.2%
Ammonium, mg/dm ³	0.4	0.70	175%	0.74	185%	0.63	158%
Suspended matter, mg/dm ³	Background value = 16	6	37.5%	5	31.3%	7	43.8%
Petroleum products, mg/dm ³	0.1	0.1	100%	0.09	90%	0.014	14%
Copper, mg/dm ³	1.0	0.56	56%	0.9	90%	0.98	98%
Chromium, mg/dm ³	0.5	0.01	2%	0.02	4%	Not determined	
Nickel, mg/dm ³	0.1	0.019	19%	0.02	20%	0.022	22%
Zinc, mg/dm ³	1	0.20	20%	0.18	18%	0.017	1.7%

Химические характеристики проб морской воды вокруг портов Актау, Курык и Ерсай, отобранных 13 сентября 2023 года

Выводы

- Выполнен спутниковой мониторинг Казахстанского берега Северного Каспия в районе портов Актау, Курык и Ерсай за период 2013 – 2022 гг.
- По полученным 3700 радиолокационным изображениям выявлено и отобрано 14 случаев сбросов нефтепродуктов с движущихся судов.
- Рассчитаны индивидуальные размеры нефтяных сликов по протяженности судового сброса и площади загрязнений.
- Результаты анализа морских проб, взятых с прибрежных акваторий вокруг исследуемых портов, говорят об отсутствии нефтепродуктов в воде.
- С учетом количества выявленных выбросов за 10 лет, а также анализа данных натуральных измерений возможно сделать вывод, что экологическая ситуация вокруг восточного региона удовлетворительна.

Благодарности

- Работа выполнена в рамках Государственного задания Института космических исследований РАН, тема «Мониторинг», госрегистрация № 122042500031-8.
- Обработка и анализ спутниковых данных проводились с использованием возможностей Центра коллективного пользования «ИКИ-мониторинг» с помощью инструментария информационной системы See the Caspian Sea.
- О.Ю. Лаврова и А.Г. Костяной проводили анализ РЛИ при поддержке гранта РФФИ №23-77-00027 «Исследование климатической изменчивости термогидродинамического режима Каспийского моря по данным дистанционного зондирования» (2023 – 2026)

Подробнее о выполненном исследовании в работе:

- **Kostianoy A.G., Knyazev N.A., Lavrova O.Yu., Koibakova S.E., Syrlybekkyzy S.** Oil pollution near the ports of Aktau, Kuryk and Ersai (the Caspian Sea): Satellite and in-situ data, *Ecologica Montegrina*, vol.76, p. 63-76, 2024. <https://dx.doi.org/10.37828/em.2024.76.4>