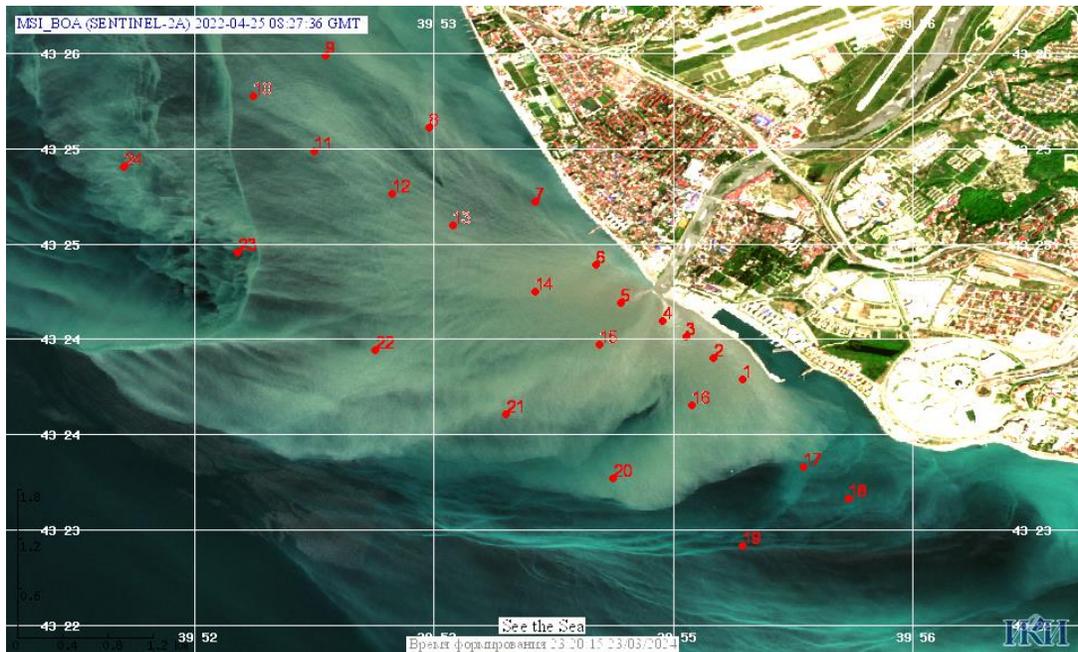


Сравнение значений мутности воды, рассчитанных по данным спутников OLI-2 Landsat-9 и MSI Sentinel-2A/2B, для различных акваторий

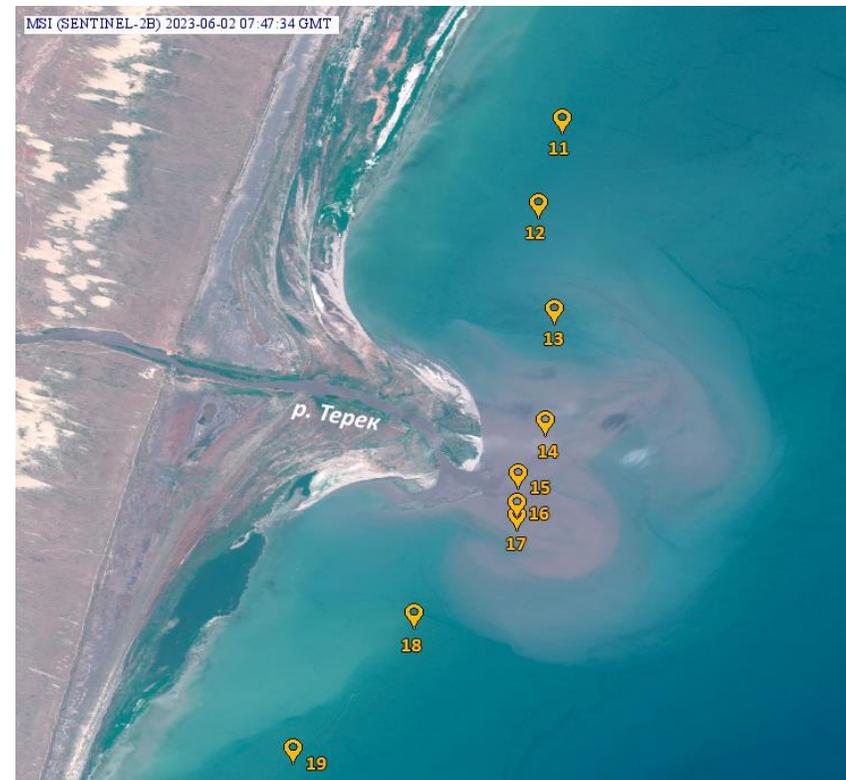
ЖАДАНОВА П.Д.

ИКИ РАН

Районы исследования



Район проведения подспутниковых измерений в приустьевой зоне реки Мзымта в апреле 2022

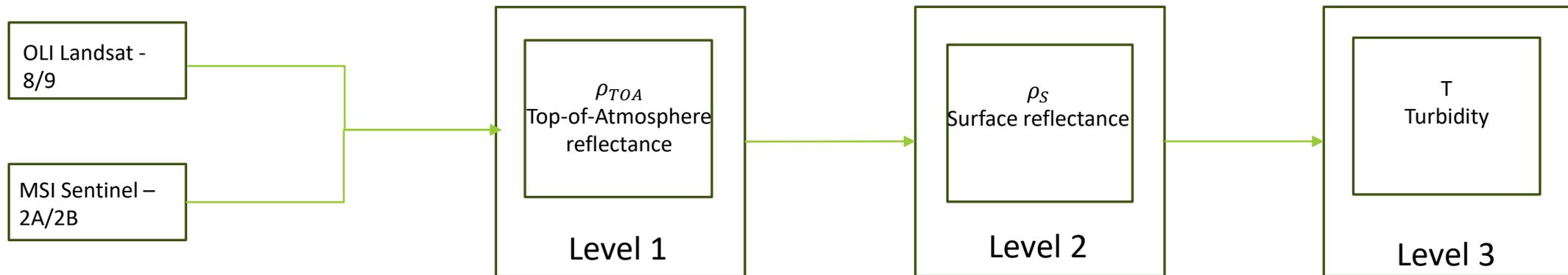


Район проведения подспутниковых измерений в приустьевой зоне реки Терек в июне 2023 г.

Входные данные

В работе были использованы спутниковые данные следующих сенсоров: OLI/TIRS Landsat - 8; OLI - 2/TIRS - 2 Landsat 9; MSI Sentinel - 2A, - 2B. В настоящей работе использованы данные Landsat уровня L1 Collection2, доступные на сайте <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Данные Sentinel -2 уровня L1C, доступные на платформе <https://scihub.copernicus.eu/>.

Была проведена атмосферная коррекция с помощью программного комплекса ACOLITE. В ACOLITE реализован метод атмосферной коррекции: "Dark Spectrum Fitting" (DSF). Адаптация и применимость DSF к Landsat - 8/9 и Sentinel -2A/ - 2B описаны в (Vanhellemont, 2019, 2020).



Алгоритмы расчета мутности воды

1. В статье (Nechad et al., 2009) был предложен алгоритм расчета мутности морской воды Nechad, основанный на коэффициенте отражения на длине волны 681нм:

$$T = \frac{A_T \rho_w}{1 - \frac{\rho_w}{C}},$$

где T – мутность воды, A_T и C – калибровочные коэффициенты, ρ_w - коэффициент спектральной яркости водной поверхности на длине волны ~681нм

Значения калибровочных коэффициентов приведены в (Nechad et al., 2009; Dogliotti et al., 2015).

2. Алгоритм Dogliotti представляет собой улучшенный алгоритм Nechad и использует вместо одной полосы две: 645 нм и 859 нм (Dogliotti et al., 2015):

$$T = (1 - w) \cdot T^{645} + w \cdot T^{859},$$

где T – мутность воды, рассчитанная по алгоритму Nechad с использованием коэффициента спектральной яркости на длине волны ~645нм и 859нм, w – весовой коэффициент, зависящий от величины спектральной яркости, меняющийся от 0 до 1

Алгоритм расчета концентрации взвешенного вещества

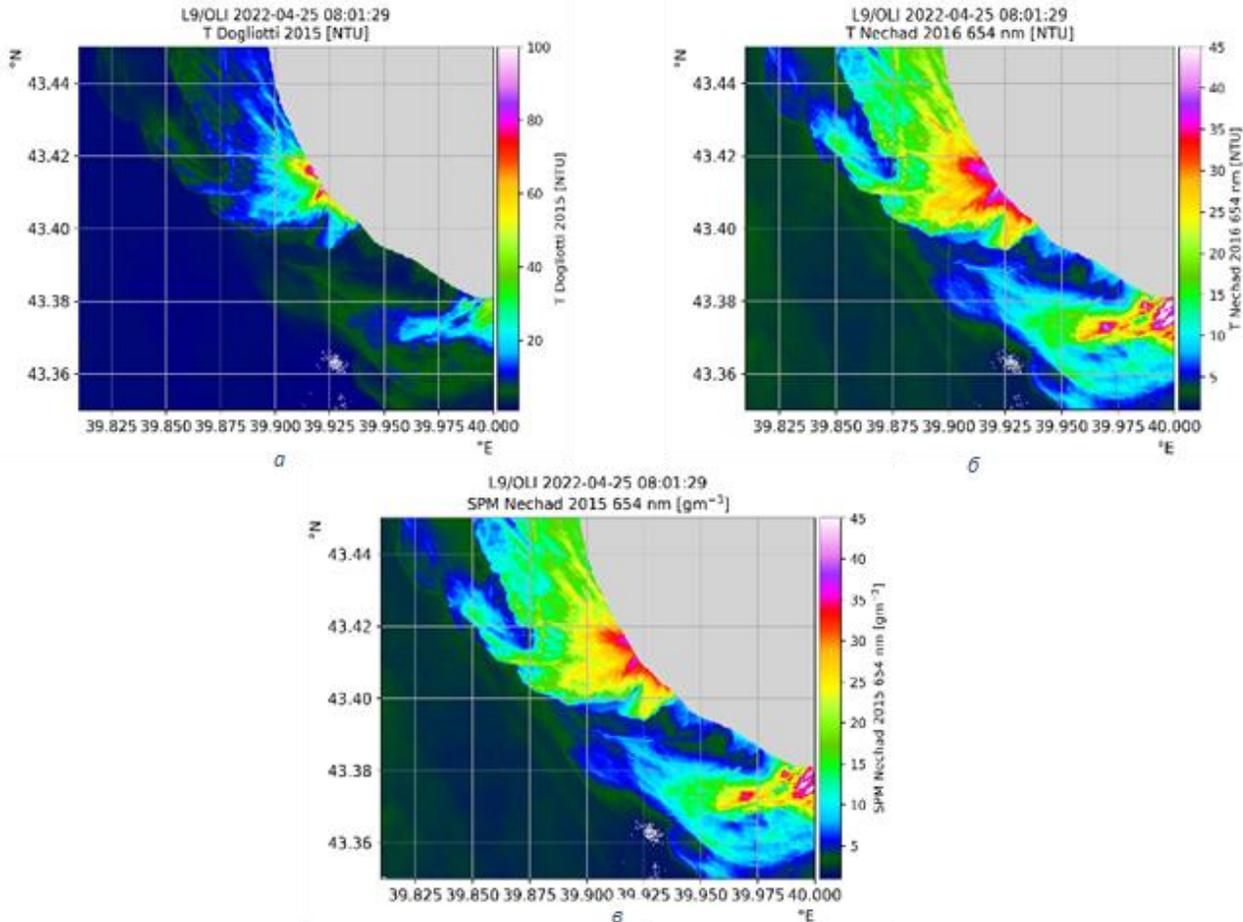
Алгоритм SPM Nechad для расчета концентрации взвешенного вещества строится на ряде предположений и приближений относительно первичных оптических свойств морской воды для того, чтобы связать концентрацию взвешенного вещества непосредственно с общим количеством взвешенного вещества (Nechad et al., 2010).

$$S = \frac{A^p \rho_w}{1 - \frac{\rho_w}{C^p}} .$$

где S – концентрация взвешенного вещества, A^p и C^p – калибровочные коэффициенты, ρ_w - коэффициент спектральной яркости водной поверхности на длине волны ~681нм

Значения калибровочных коэффициентов приведены в работе (Nechad et al., 2010).

Результаты. Сравнение результатов применения алгоритмов с данными in-situ. Р. Мзымта



Результаты обработки спутникового изображения OLI-2 Landsat - 9 за 25.04.22 приустьевой зоны р. Мзымта: а) распределение мутности, рассчитанной по алгоритму Dogliotti; б) распределение мутности, рассчитанной по алгоритму Nechad; в) распределение концентрации взвешенного вещества, рассчитанной по алгоритму Nechad2015

р. Мзымта
25.04.2022

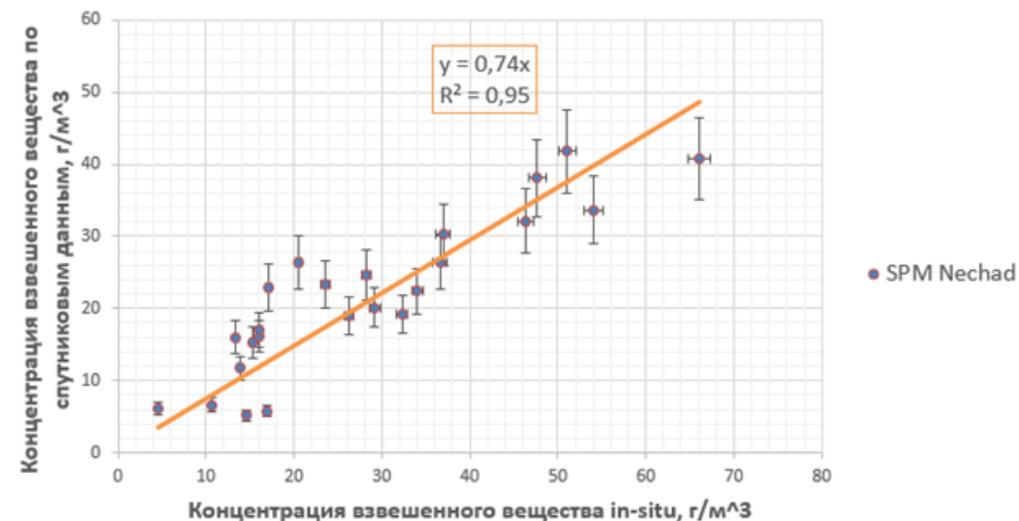


Диаграмма рассеяния значений SPM, полученных на основе алгоритма Nechad 2015 с атмосферной коррекцией DSF по данным OLI-2 Landsat - 9 за 25.04.22

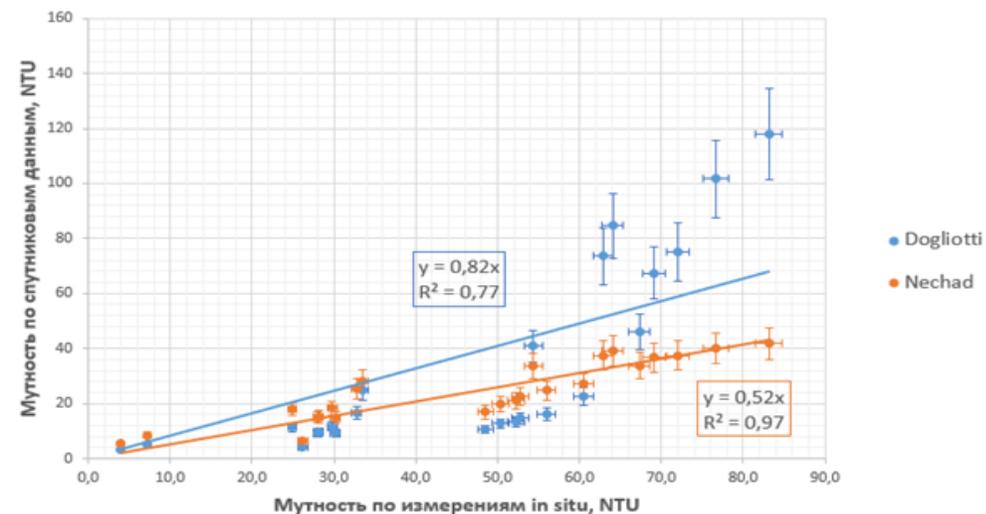
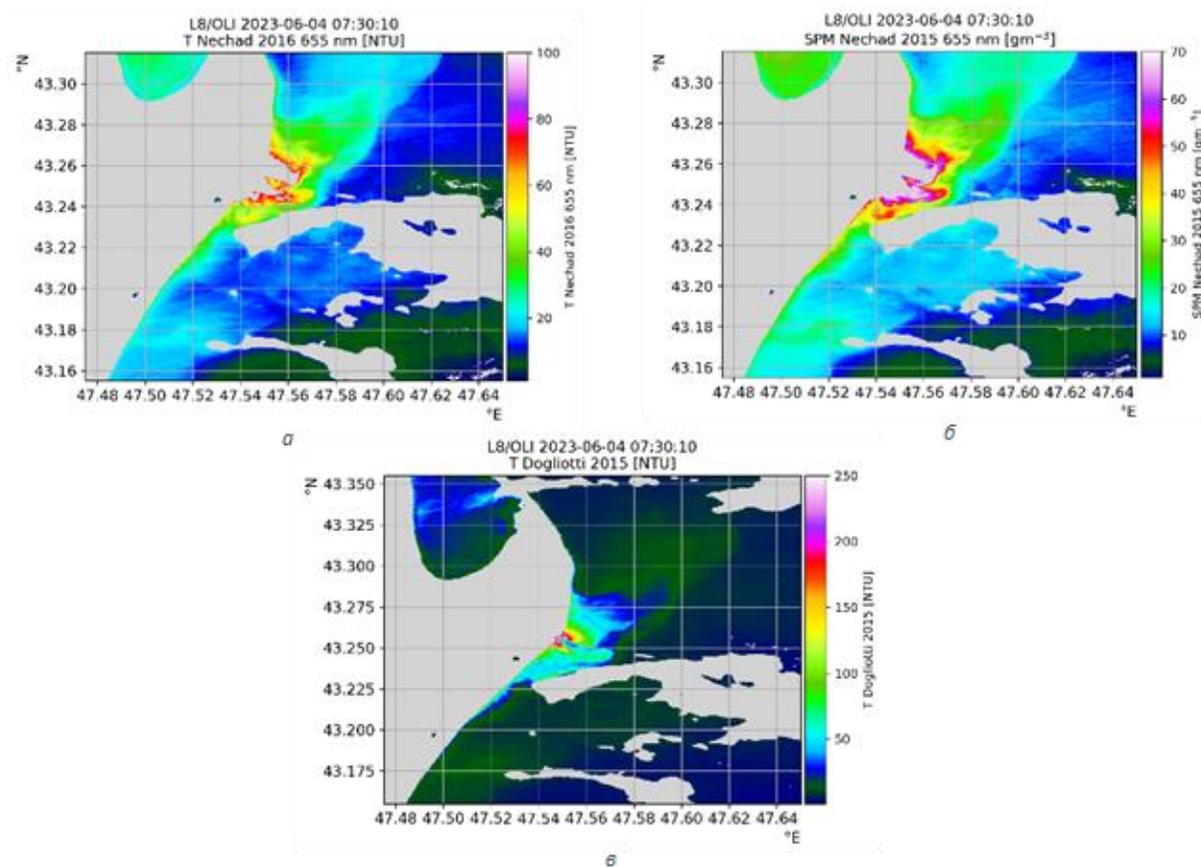


Диаграмма рассеяния значений мутности, полученных на основе алгоритма Nechad и Dogliotti с атмосферной коррекцией DSF по данным OLI-2 Landsat - 9 за 25.04.22

Результаты. Сравнение результатов применения алгоритмов с данными in-situ. Р. Сулак



Результаты обработки спутникового изображения OLI Landsat - 8 за 04.06.23 приустьевой зоны р. Сулак: а) распределение мутности, рассчитанной по алгоритму Dogliotti; б) распределение мутности, рассчитанной по алгоритму Nechad; в) распределение концентрации взвешенного вещества, рассчитанной по алгоритму Nechad2015

р. Сулак
04.06.2023

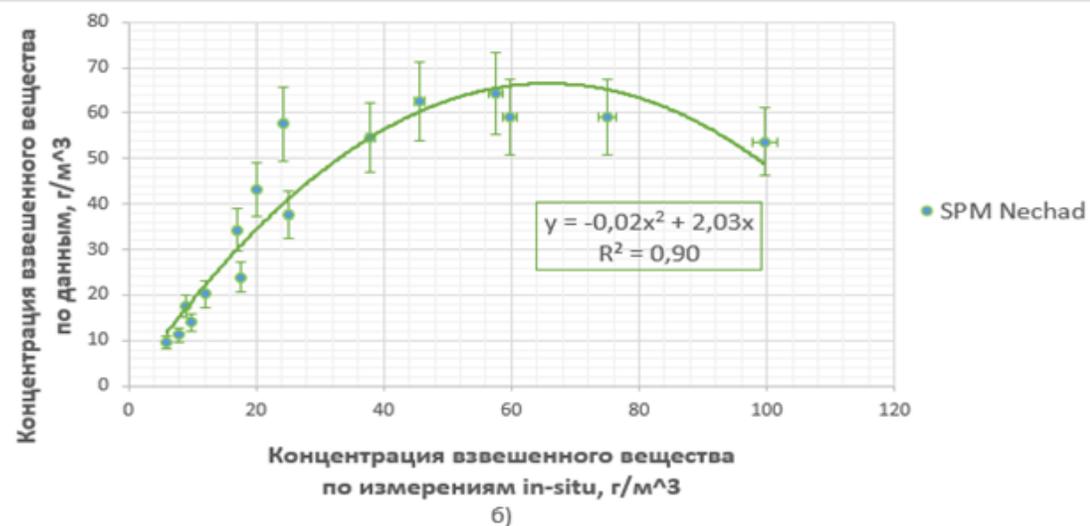
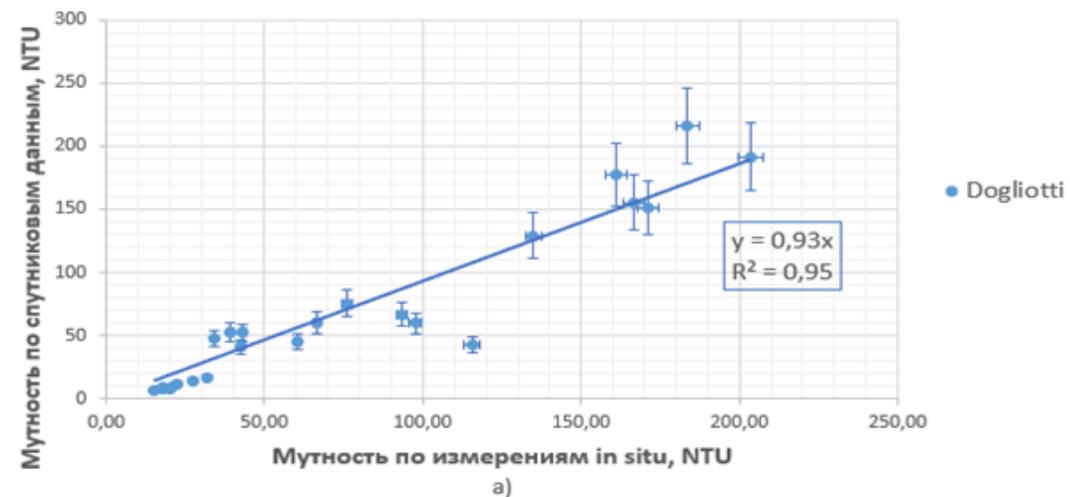


Диаграмма рассеяния значений, полученных на основе алгоритма Nechad и Dogliotti с атмосферной коррекцией DSF по данным OLI Landsat – 8 за 04.06.2023: а) мутность воды; б) концентрация взвешенного вещества

Результаты сравнения значений мутности, рассчитанных по обработанным данным спутников Landsat -8/9 и Sentinel -2A/2B. Р. Терек 31.05.23

Критерии оценки качества расчета мутности по алгоритму Dogliotti между спутниками OLI Landsat – 9 и MSI Sentinel – 2A/2B			
№ ячейки \ Критерий качества	Mean Average Difference (MAD), NTU	Mean Average Difference (MARD), %	Root Mean Squared Difference (RMSD), NTU
1. 1000-2000 NTU	76,86	5,38	86,9
2. 150-200 NTU	19,1	10,95	19,3
3. 80-150 NTU	20,78	25,0	21,1
4. 0-10 NTU	1,43	18,15	1,45
1-4. 0 – 2000 NTU	28,33	14,8	43,3

Критерии оценки качества расчета мутности по алгоритму Nechad между спутниками OLI Landsat – 9 и MSI Sentinel – 2A/2B			
№ ячейки \ Критерий качества	Mean Average Difference (MAD), NTU	Mean Average Difference (MARD), %	Root Mean Squared Difference (RMSD), NTU
1. 1000-2000 NTU	-	-	-
2. 150-200 NTU	-	-	-
3. 30-50 NTU	1,4	4,2	1,5
4. 0-15 NTU	2,4	19,02	2,4
1-4. 0 – 2000 NTU	1,89	11,64	1,99

Диаграмма мутности воды, рассчитанной по алгоритму Dogliotti
Все ячейки

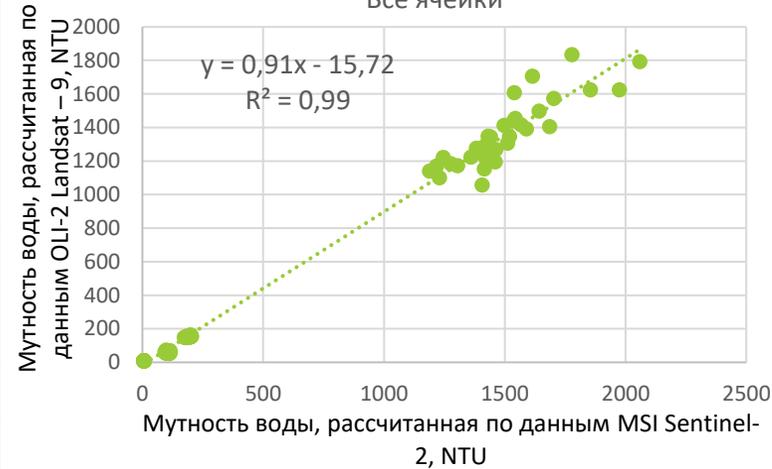
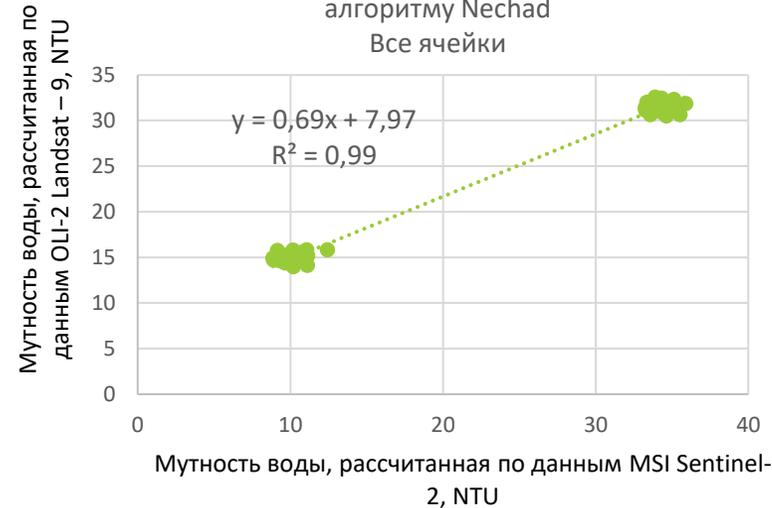


Диаграмма мутности воды, рассчитанной по алгоритму Nechad
Все ячейки



L9/OLI 2022-05-31 07:36:32
 ρ_s RGB

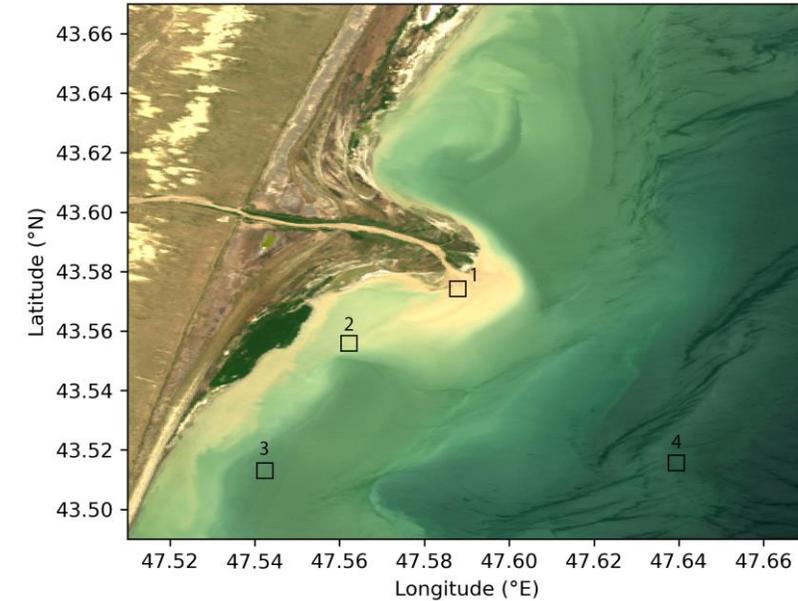


Диаграмма мутности воды, рассчитанной по алгоритму Dogliotti. Ячейка №1

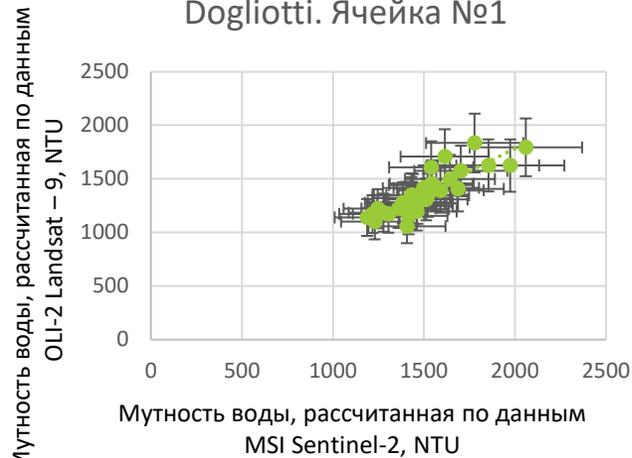


Диаграмма мутности воды, рассчитанной по алгоритму Dogliotti. Ячейка №3

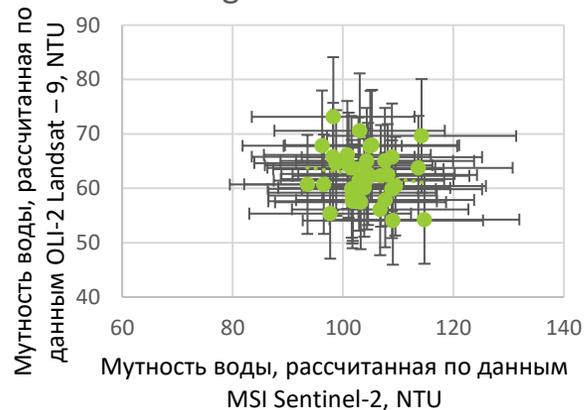


Диаграмма мутности воды, рассчитанной по алгоритму Nechad. Ячейка №3

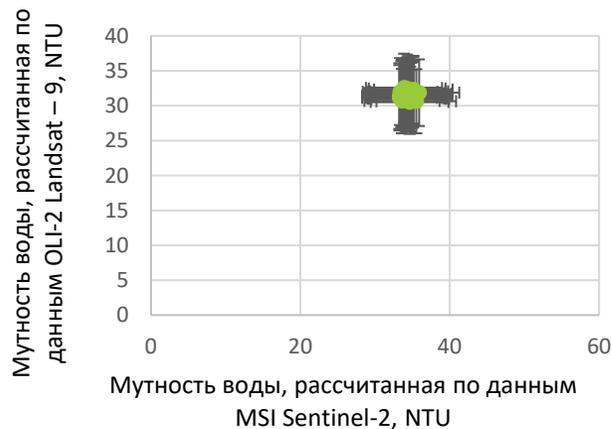
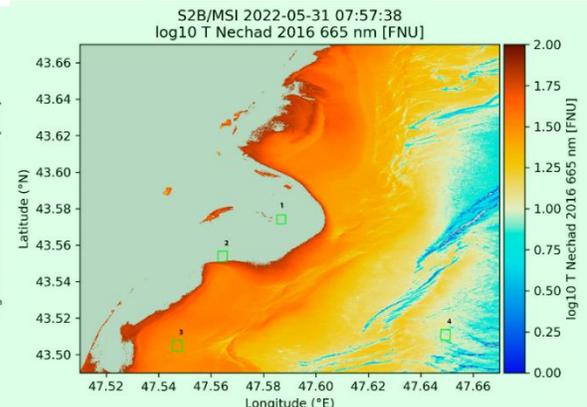
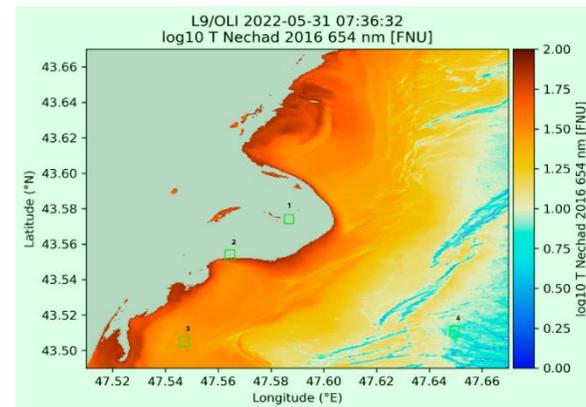
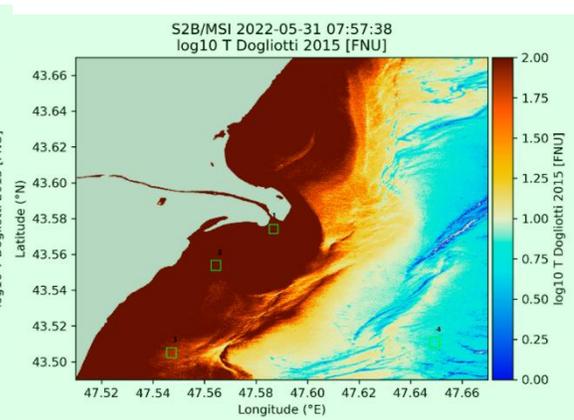
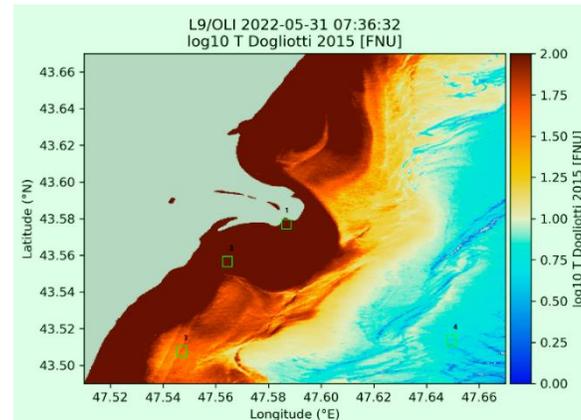
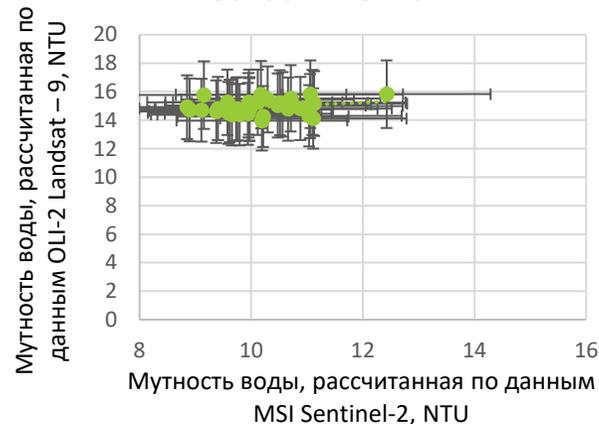


Диаграмма мутности воды, рассчитанной по алгоритму Nechad. Ячейка №4



Результаты сравнения значений мутности, рассчитанных по обработанным данным спутников Landsat -8/9 и Sentinel -2A/2B.

Р. Сулак 31.05.23

Критерии оценки качества расчета мутности по алгоритму Dogliotti между спутниками OLI Landsat – 9 и MSI Sentinel – 2A/2B			
№ ячейки \ Критерий качества	Mean Average Difference (MAD), NTU	Mean Average Difference (MARD), %	Root Mean Squared Difference (RMSD), NTU
1. 100 – 300 NTU	20,72	10,25	22,67
2. 10 – 15 NTU	0,34	2,7	0,4
3. 0 – 5 NTU	0,72	14,72	0,7
1-3. 0 – 300 NTU	7,16	9,2	13,1

Критерии оценки качества расчета мутности по алгоритму Nechad между спутниками OLI Landsat – 9 и MSI Sentinel – 2A/2B			
№ ячейки \ Критерий качества	Mean Average Difference (MAD), NTU	Mean Average Difference (MARD), %	Root Mean Squared Difference (RMSD), NTU
1. 100 – 300 NTU	-	-	-
2. 10 – 20 NTU	0,77	3,92	0,83
3. 0 – 10 NTU	1,0	12,87	1,03
1-3. 0 – 300 NTU	0,89	8,4	0,94

Диаграмма мутности воды, рассчитанной по алгоритму Dogliotti

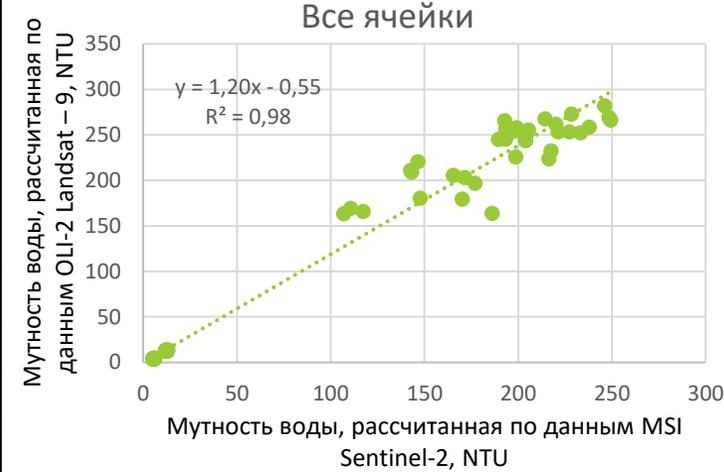
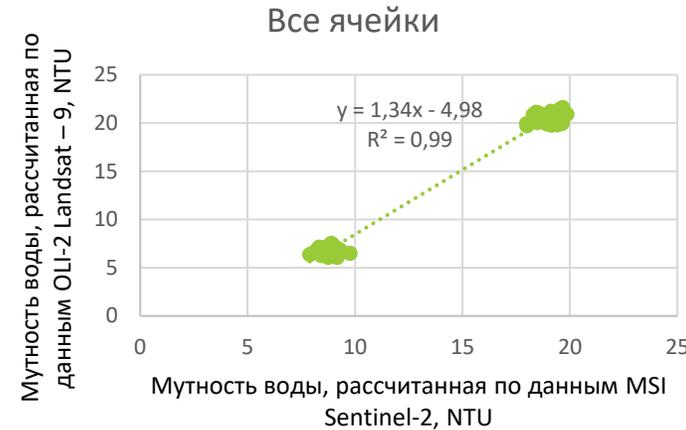


Диаграмма мутности воды, рассчитанной по алгоритму Nechad



L9/OLI 2022-05-31 07:36:32
 ρ_s RGB

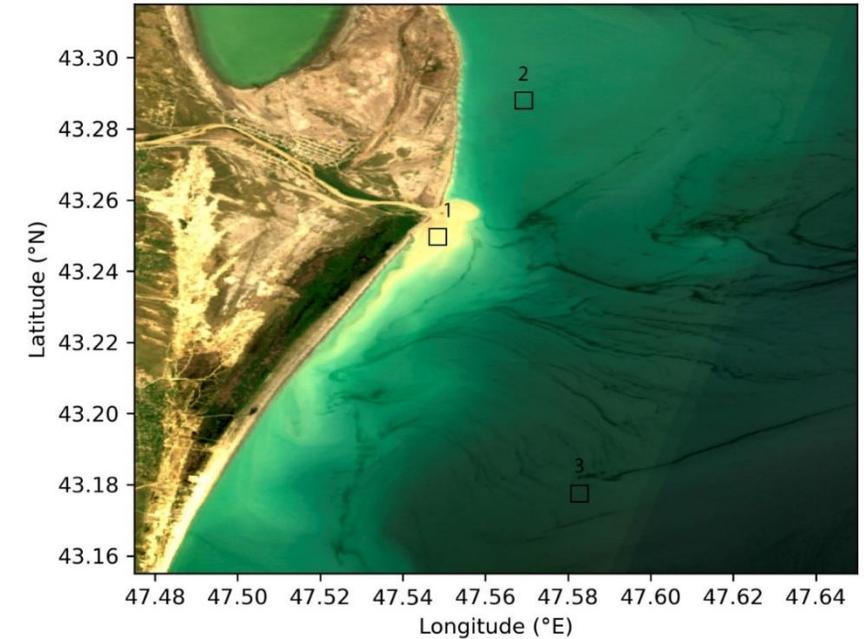


Диаграмма мутности воды, рассчитанной по алгоритму

Dogliotti
Ячейка №1

Мутность воды, рассчитанная по данным OLI-2 Landsat - 9, NTU

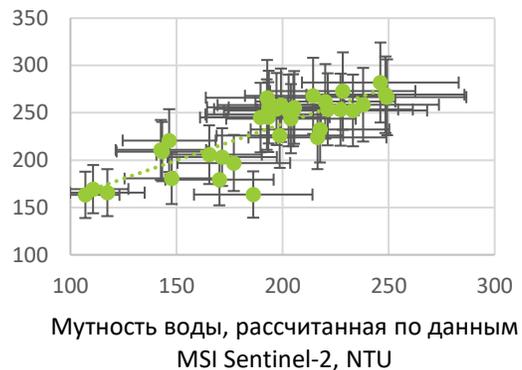


Диаграмма мутности воды, рассчитанной по алгоритму

Dogliotti
Ячейка №3

Мутность воды, рассчитанная по данным OLI-2 Landsat - 9, NTU

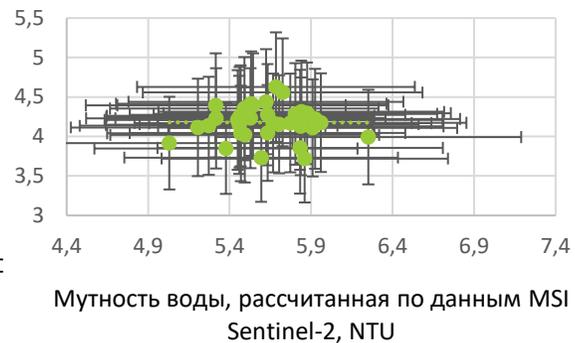


Диаграмма мутности воды, рассчитанной по алгоритму

Nechad
Ячейка №2

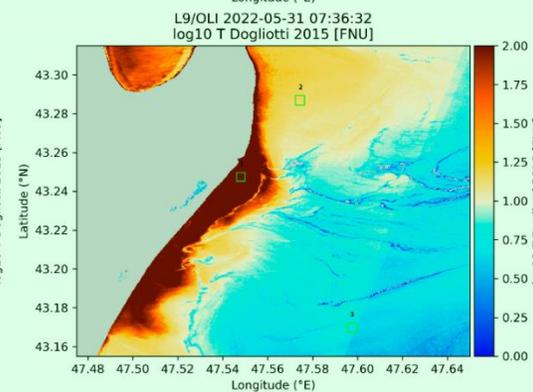
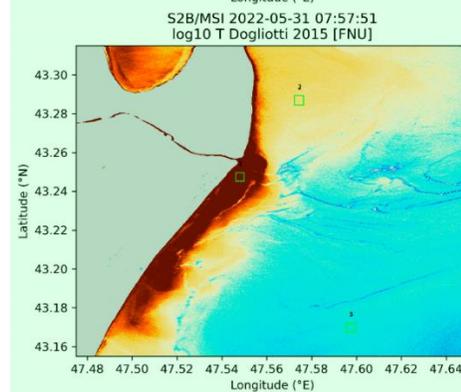
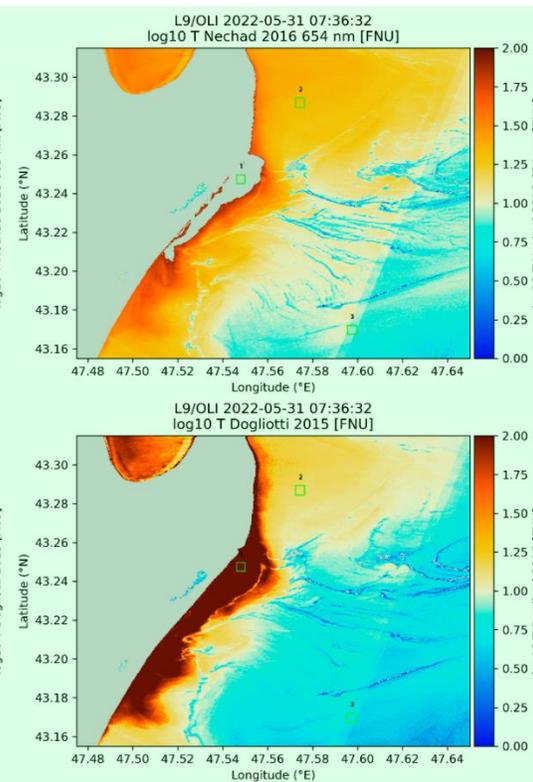
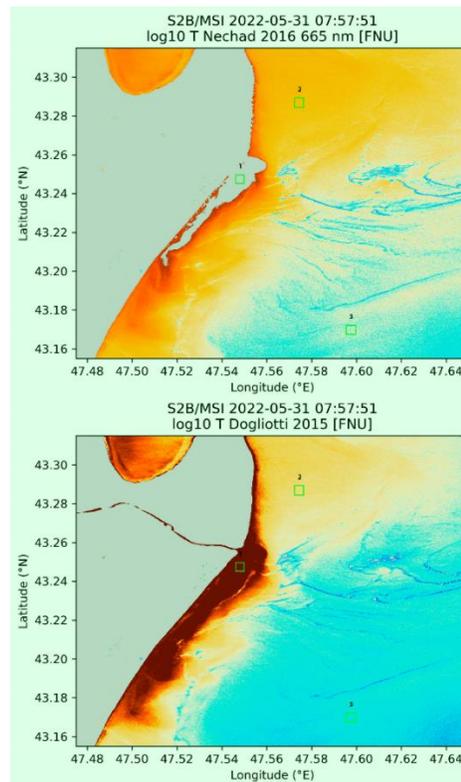
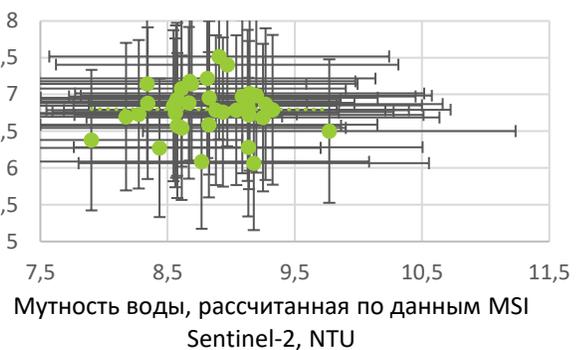
Мутность воды, рассчитанная по данным OLI-2 Landsat - 9, NTU



Диаграмма мутности воды, рассчитанной по алгоритму

Nechad
Ячейка №3

Мутность воды, рассчитанная по данным OLI-2 Landsat - 9, NTU



Результаты сравнения значений мутности, рассчитанных по обработанным данным спутников Landsat -8/9 и Sentinel -2A/2B.

Р. Мзымта 25.04.22

Критерии оценки качества расчета мутности по алгоритму Dogliotti между спутниками OLI Landsat – 9 и MSI Sentinel – 2A/2B

№ ячейки \ Критерий качества	Mean Average Difference (MAD), NTU	Mean Average Difference (MARD), %	Root Mean Squared Difference (RMSD), NTU
1. 40 – 60 NTU	2,7	5,2	3,1
2. 5 – 10 NTU	1,9	18,4	1,9
3. 0 – 5 NTU	0,1	2,7	0,1
1-3. 0 – 60 NTU	1,56	11	2,1

Критерии оценки качества расчета мутности по алгоритму Nechad между спутниками OLI Landsat – 9 и MSI Sentinel – 2A/2B

№ ячейки \ Критерий качества	Mean Average Difference (MAD), NTU	Mean Average Difference (MARD), %	Root Mean Squared Difference (RMSD), NTU
1. 40 – 60 NTU	0,53	1,8	0,5
2. 5 – 10 NTU	3,8	20,1	3,92
3. 0 – 5 NTU	0,15	3,7	1,18
1-3. 0 – 60 NTU	1,2	10,1	1,8

Диаграмма мутности воды, рассчитанной по алгоритму Dogliotti
Все ячейки

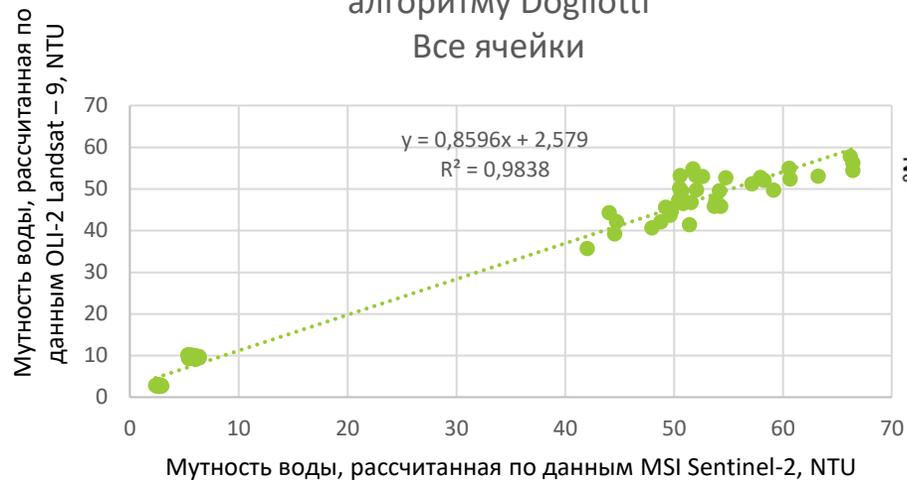
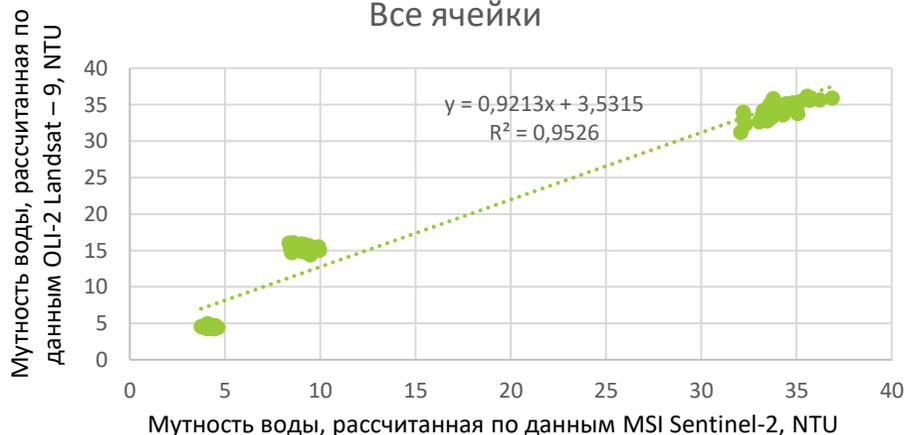


Диаграмма мутности воды, рассчитанной по алгоритму Nechad
Все ячейки



S2A/MSI 2022-04-25 08:27:58
 ρ_s RGB

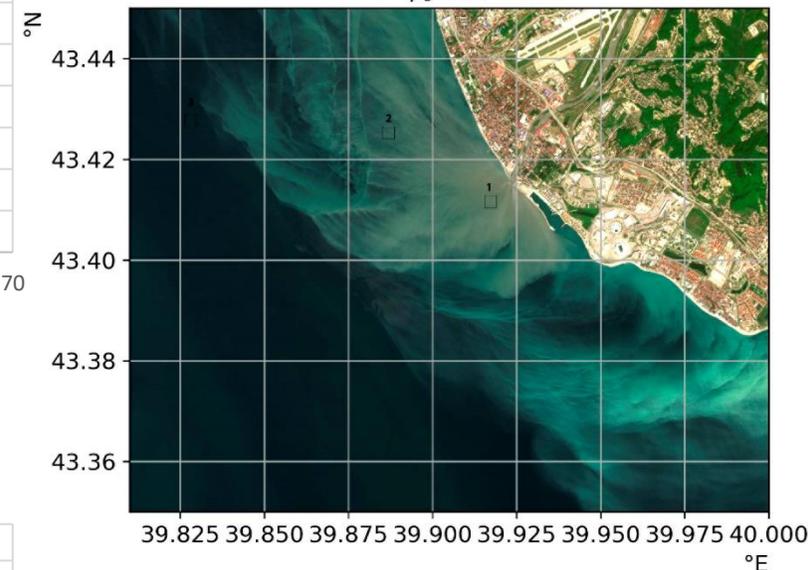


Диаграмма мутности воды,
рассчитанной по алгоритму
Dogliotti
Ячейка №1

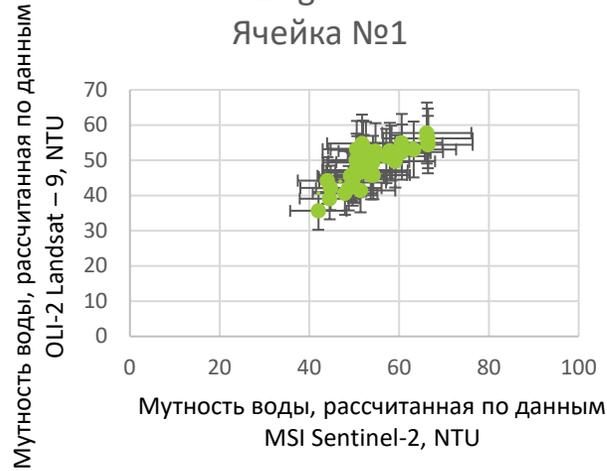


Диаграмма мутности воды,
рассчитанной по алгоритму
Dogliotti
Ячейка №3

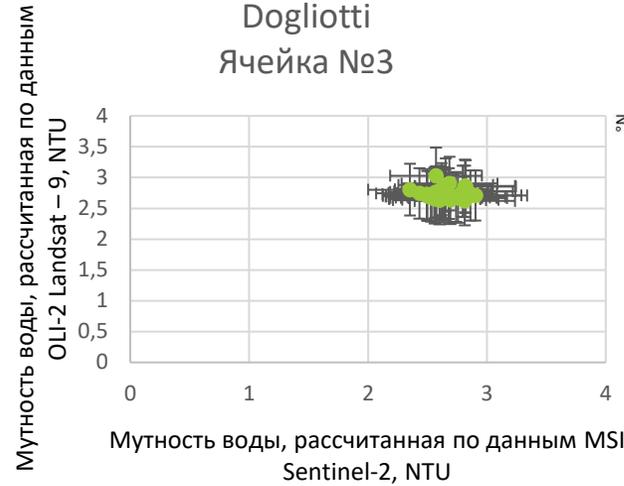


Диаграмма мутности воды,
рассчитанной по алгоритму
Nechad
Ячейка №1

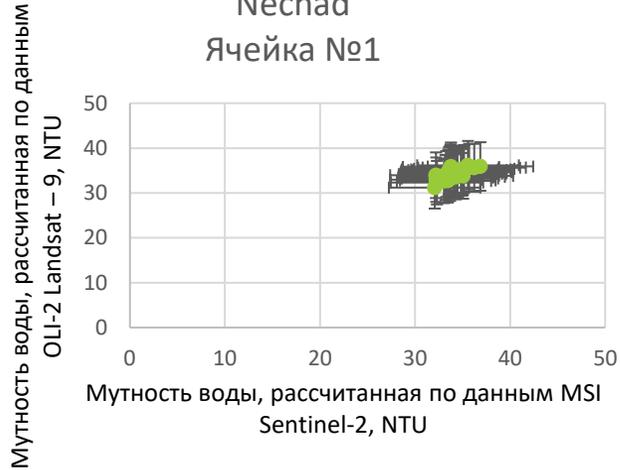
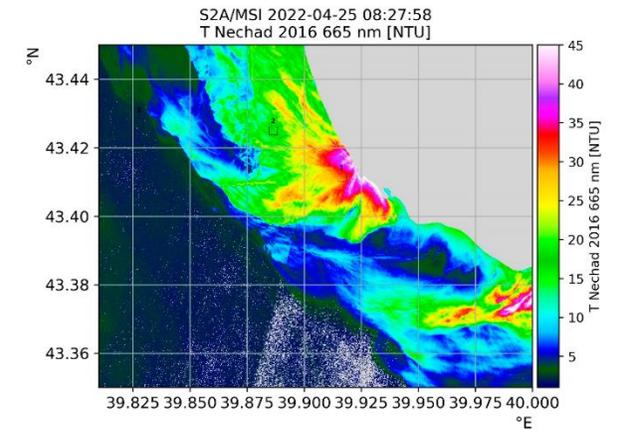
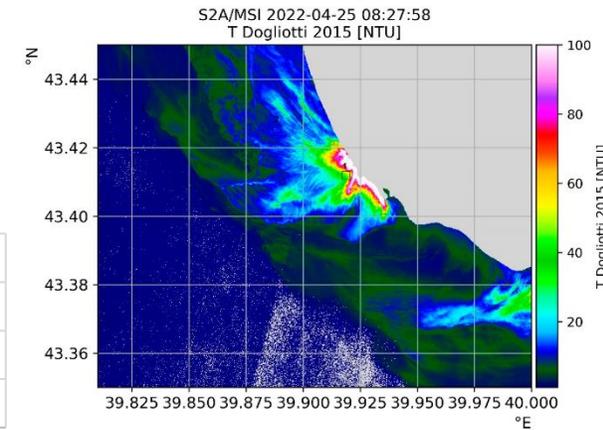
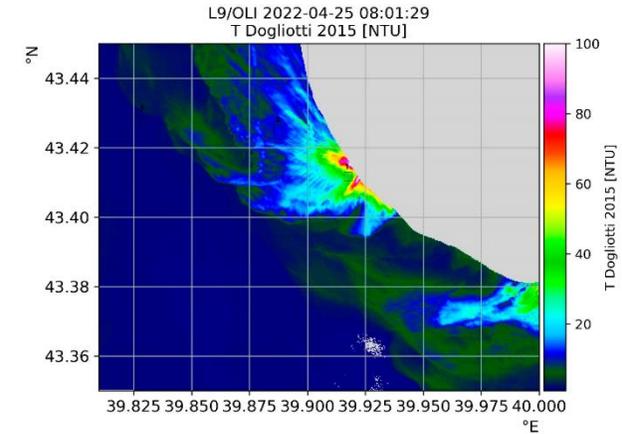
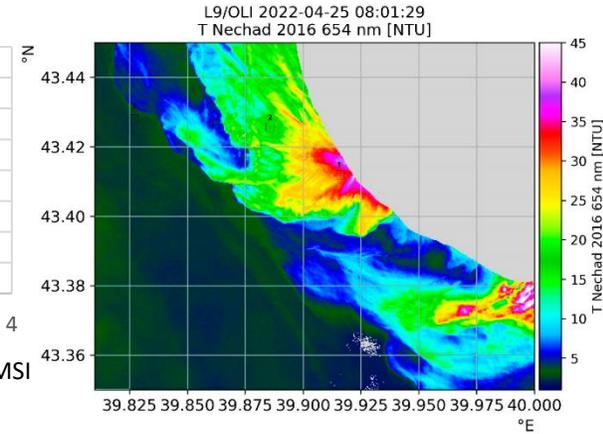


Диаграмма мутности воды,
рассчитанной по алгоритму
Nechad
Ячейка №2



Заключение

1. Проведено сравнение результатов расчета значений мутности воды, полученных по обработанным данным спутников Landsat -8/9 и Sentinel -2A/2B
2. Получены диаграммы распределения значений мутности воды и концентрации взвешенного вещества для спутников Landsat – 8/9 и Sentinel– 2A/2B. Были рассчитаны различные критерии качества результатов такие, как MAD (Mean Average Difference), MARD (Mean Absolute Relative Difference), RMSD (Root Mean Squared Difference). Получена достаточно высокая корреляция значений мутности воды и концентрации взвешенного вещества.
3. Выявлено, что для слабо замутненных вод MAD составляет ~ 1-5 NTU, MARD ~ 10 – 15%, RMSD ~ 1-5 NTU. Для сильно замутненных вод показатели качества несколько отличаются: MAD составляет ~ 10-20 NTU, MARD ~ 15 – 30 %, RMSD ~ 15-40 NTU.
4. Получена линейная зависимость результатов расчета мутности воды для данных спутников OLI/ OLI-2 Landsat – 8/9 и MSI Sentinel – 2A/2B

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00124, <https://rscf.ru/project/23-27-00124>

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

