



**XXII Международная конференция
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА»**



**Спутниковый мониторинг многолетнего
перестроения Чирского залива в условиях
нестабильности уровенного режима Цимлянского
водохранилища**

**Курбатова Ирина Евгеньевна,
Мулин Максим Олегович**
*Институт водных проблем РАН
МИИГАиК, ГУЗ*

Москва 2024

За 70 лет существования Цимлянского водохранилища в очертаниях его береговой линии произошли значительные изменения за счет интенсивной переработки берегов, разрушения выступов и мысов, отложения наносов в подтопленных долинах рек и балок.

Принятие адекватных решений по осуществлению хозяйственных и водоохранных мероприятий, требует наличия объективной информации о характере, размерах и скоростях изменений, происходящих в прибрежной зоне водохранилища.

-Спутниковый мониторинг заливов и устьевых зон боковых притоков водохранилища позволяет выявить многолетние перемещения границы «вода-суша» в зоне переменного подпора заливов на момент съемки;

-Возможность получения официальных данных Донского БВУ о положении уровня водохранилища на дату спутниковой съемки обеспечивает привязку этих границ к конкретному значению уровня;

-Спектрональные космические снимки и их преобразования с помощью расчетных индексов позволяют анализировать, обобщать и выявлять степень трансформации заливов, их заиления и зарастания, оценить степень негативных преобразований, а также получать наглядные картографические материалы с помощью ГИС-технологий

Целью данного исследования является изучение специфики формирования заливов в устьевых зонах боковых притоков Цимлянского водохранилища за последние 10 лет (2015-2024 гг) с использованием разновременных данных дистанционного зондирования.

Задачи мониторинга:

- сформировать базу данных (определение длительности периода исследования, обеспечение качественной спутниковой информацией данными БВУ);
- Выявить пространственно-временные изменения границ заливов в зависимости от уровня сработки и наполнения водохранилища, маловодных и многоводных периодов;
- Получить количественные значения площадей открытого зеркала воды и осыхающих мелководий с помощью расчетного водного индекса MNDWI
- В качестве объекта исследования выбран Чирской залив

Чирской залив является вторым по величине заливом Цимлянского водохранилища. Он образовался после создания водохранилища в результате затопления нижнего русла р. Чир почти на 30 км.

Река Чир является самым большим боковым притоком, его **длина 325 км**,

площадь водосбора 10 500 кв.км, что в 4 раза больше площади водохранилища

Расход воды в период половодья -36 м³/с.

Средний расход воды в 10 км от устья **12 м³/с.**

В межень— 5,5 м³/с.

Значительные колебания уровня зеркала воды водохранилища, вызванные условиями его эксплуатации и многолетними маловодными периодами в начале XXI столетия, привели к серьезным изменениям в гидрологическом и экологическом состоянии залива.

Отсутствие регулярных наблюдений за зарастанием и обмелением залива обусловило необходимость обращения к данным дистанционного зондирования.



Чирской залив

Площадь залива – 55 км² (при НПУ = 36.0 м абс)



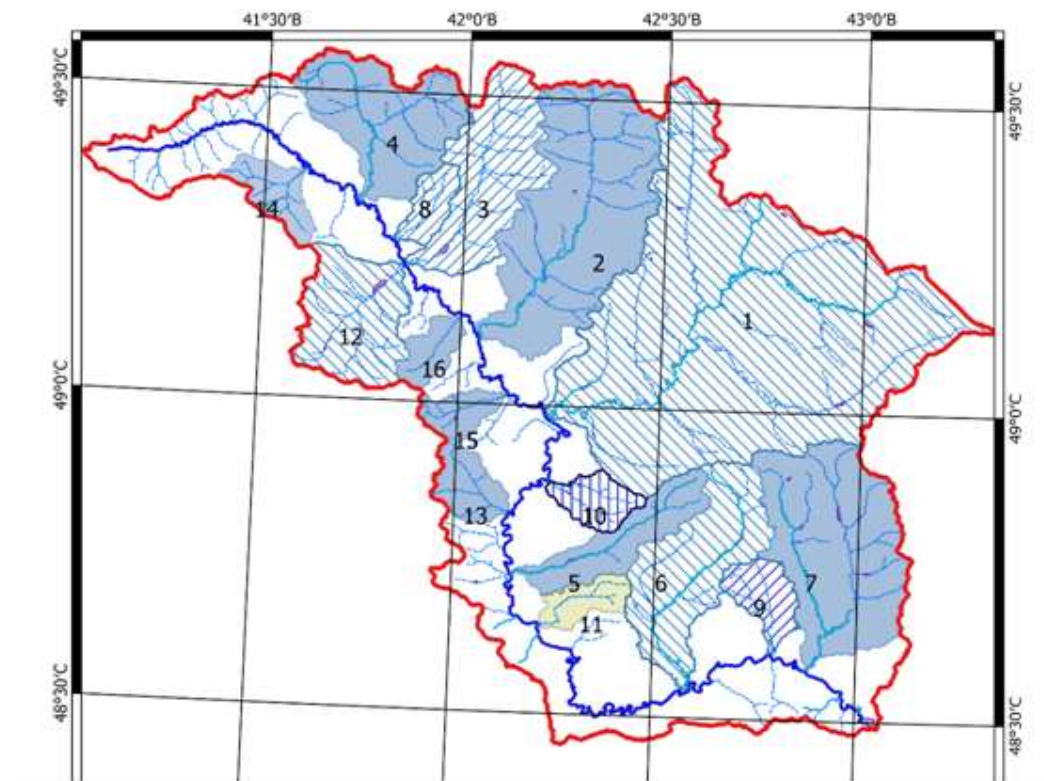
Изображение Чирского залива на современной спутниковой карте Google

Информационное обеспечение

- ❖ цифровая топографическая карта Европейской части России в масштабе 1:200 000, архивные топографические карты разных лет издания;
- ❖ спутниковые снимки, полученные с ИСЗ Sentinel-2 и Landsat-8-9 за 2015-2024 гг.и результаты их преобразования ;
- ❖ данные Донского БВУ по уровню Цимлянского водохранилища;
- ❖ ГИС программы QGIS и ArcGis.



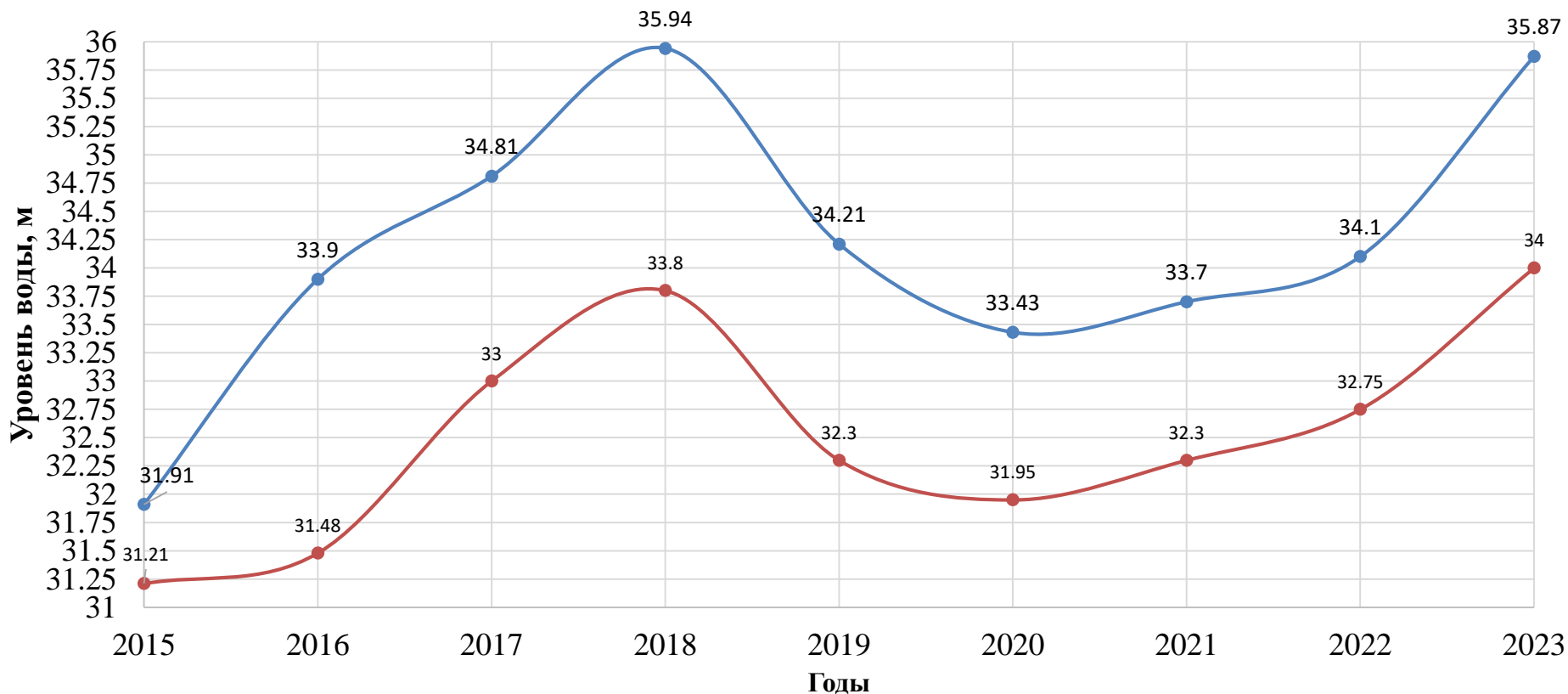
ArcGIS



Строение водосбора р. Чир

Анализ уровня режима Цимлянского водохранилища

Проведен анализ 26 спутниковых изображений Чирского залива и данных Донского БВУ об уровне водохранилища на каждую дату съемки за период 2015-2024 гг. По данным Донского БВУ составлен график изменения уровня водохранилища, который показал, что в 2015 и 2020 гг. уровень снижался до минимальных отметок 31,2-31,7 , близких к уровню мертвого объема (УМО=31,0 м), а в 2018 и 2023 г. поднимался до значений нормального проектного уровня (НПУ = 36,0 м) с отметками 35,8-35.9 м.



Расчёт индекса MNDWI за различные даты для Чирского залива

Дата	Уровень ЦВ, м	Площадь зеркала залива, км ²	Доля площади от НПУ, %
13.08.2015	31,79	19,89	36,73
29.08.2015	31,58	17,88	33,02
05.09.2015	31,50	17,46	32,24
08.11.2015	31,21	13,73	25,36
10.12.2015	31,34	14,99	27,68
30.05.2017	34,81	42,30	78,12
26.03.2020	33,06	31,37	57,93
02.05.2020	33,35	32,97	60,89
27.09.2020	32,39	26,20	48,38
16.05.2021	33,50	33,65	62,14
29.08.2021	32,92	30,31	55,97
31.08.2022	33,10	31,66	58,47
18.10.2022	32,80	29,00	53,55
28.04.2023	35,60	49,68	91,75
06.05.2023	35,70	49,95	92,24
14.05.2023	35,80	50,91	94,02
22.04.2024	35,08	44,86	82,84
01.05.2024	35,32	47,30	87,35
21.08.2024	34,44	37,41	69,09
08.09.2024	34,08	35,87	66,24
10.09.2024	33,33	37,07	64,73



08.11.2015;
H - 31,21 M, S - 13,73 km²



30.05.2017;
H - 34,81 M, S - 42,30 km²



26.03.2020;
H - 33,06 M, S - 31,37 km²



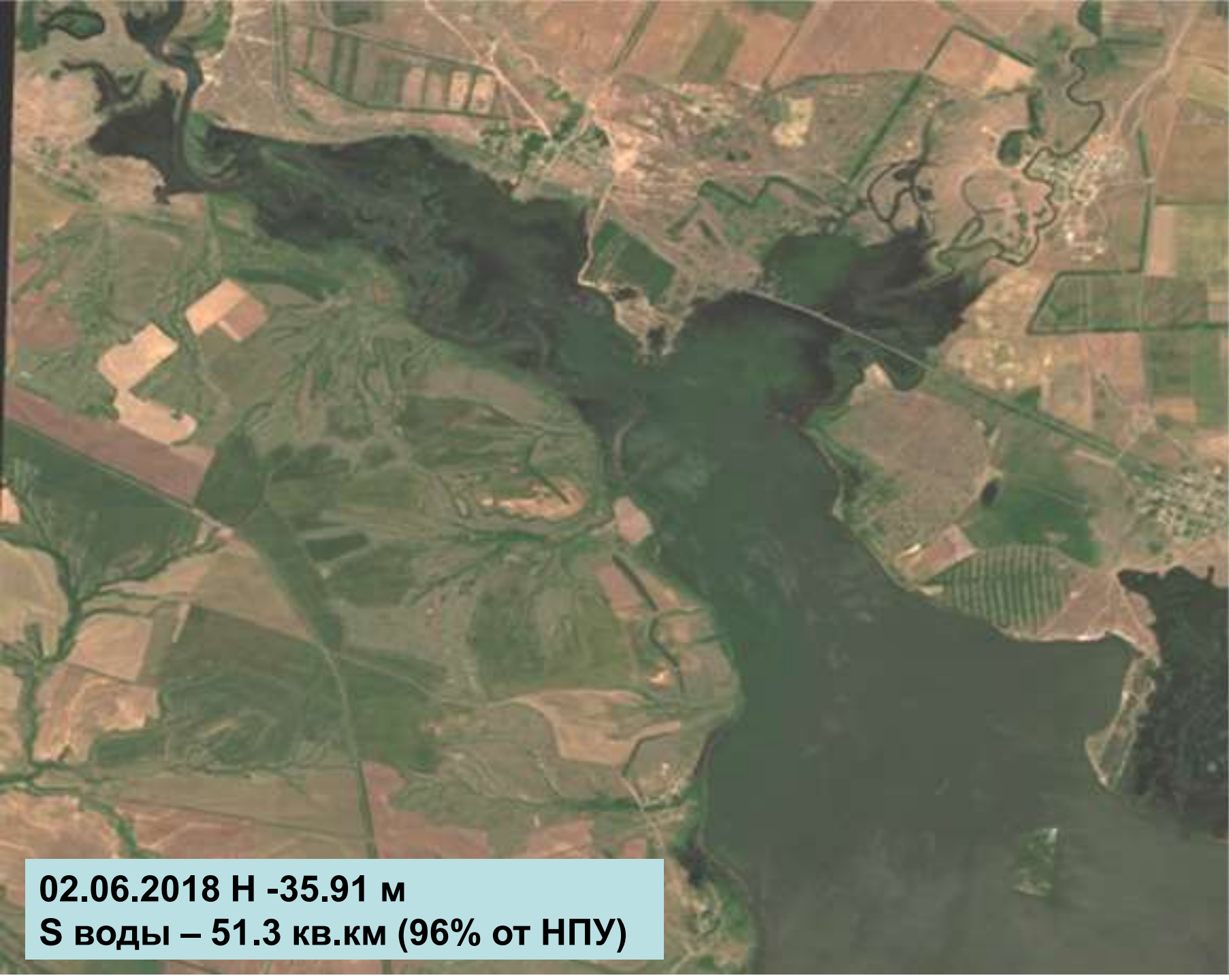
18.10.2022;
H - 32,8 M, S - 29,00 km²



14.05.2023;
H - 35,8 M, S - 50,91 km²

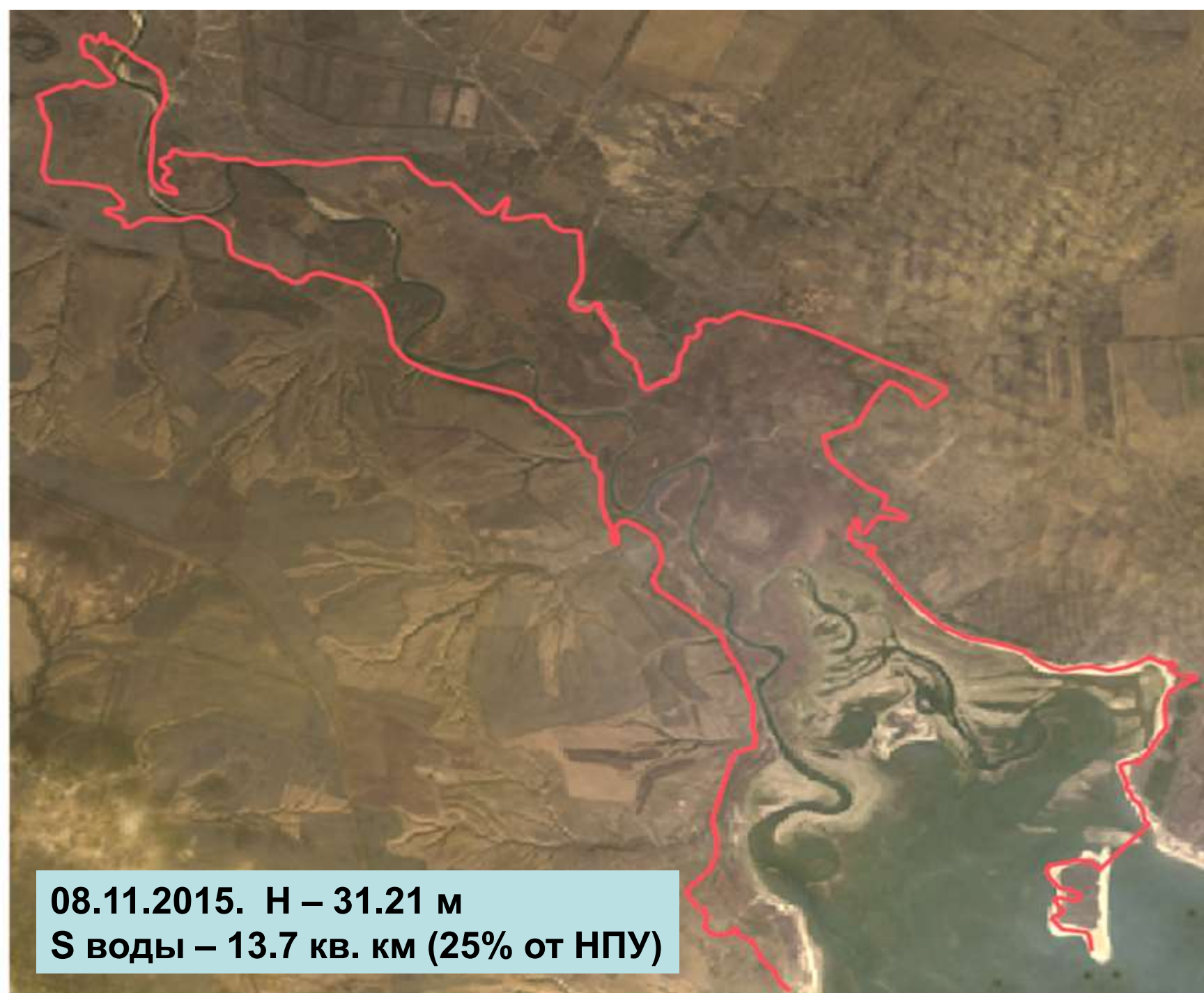


22.04.2024;
H - 35,08 M, S - 44,86 km²



02.06.2018 Н -35.91 м

С воды – 51.3 кв.км (96% от НПУ)



08.11.2015. Н – 31.21 м
S воды – 13.7 кв. км (25% от НПУ)

43°0'0"B

43°5'0"B

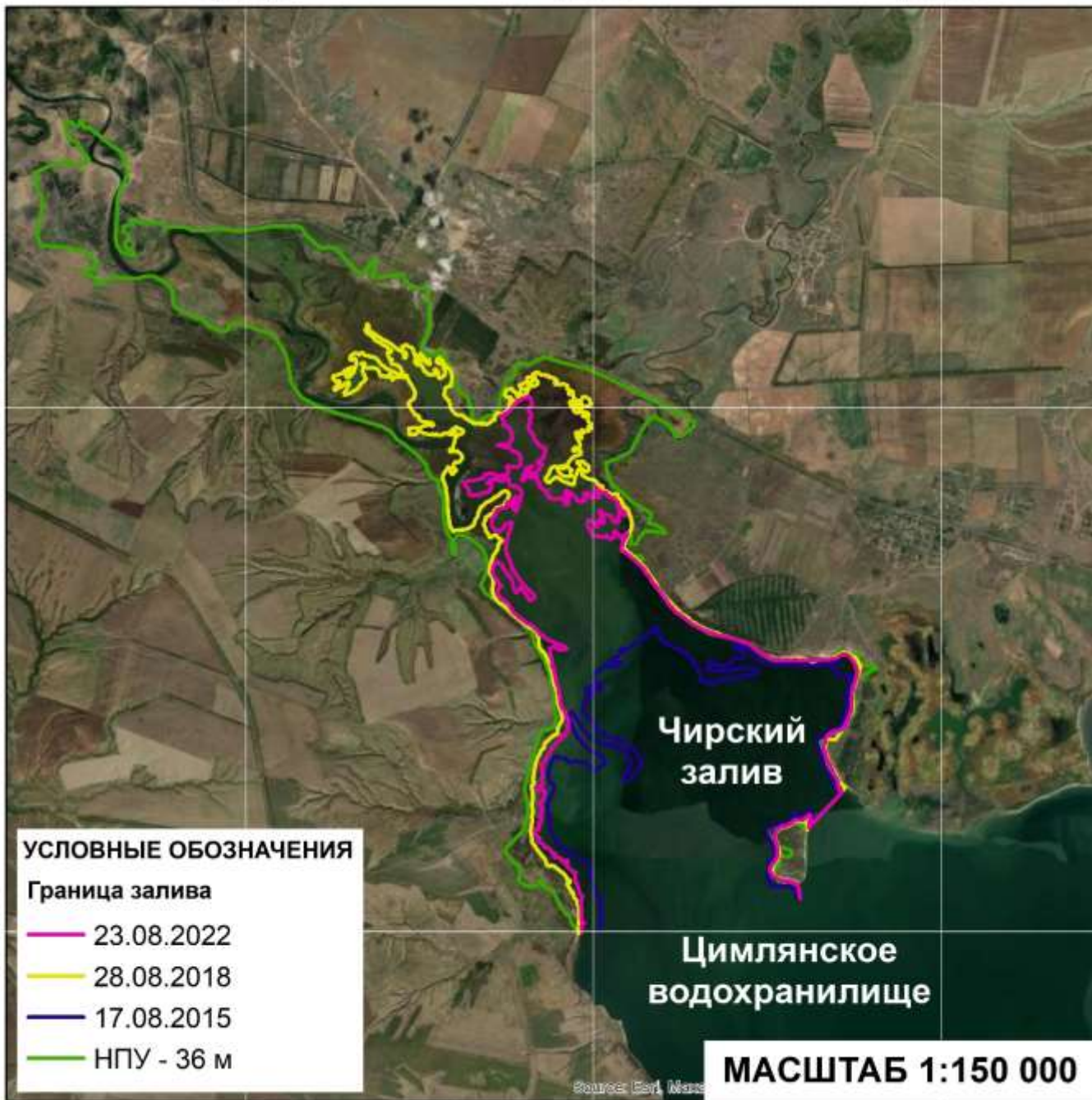
43°10'0"B

48°30'0"C

48°30'0"C

48°25'0"C

48°25'0"C



43°0'0"B

43°5'0"B

43°10'0"B

43°0'0"B

43°5'0"B

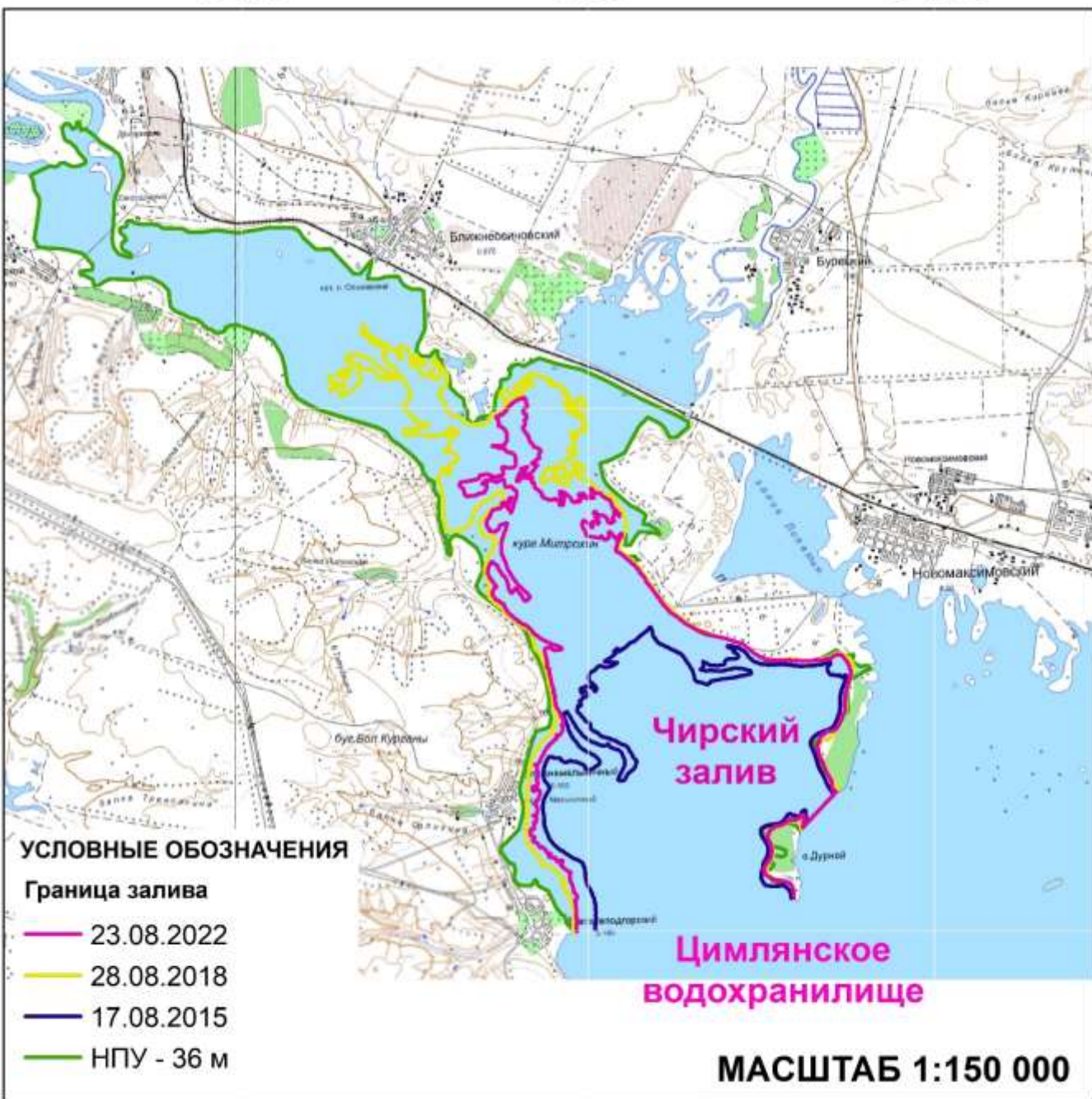
43°10'0"B

48°30'0"C

48°30'0"C

48°25'0"C

48°25'0"C



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- Граница залива
- 23.08.2022
- 28.08.2018
- 17.08.2015
- НПУ - 36 м

**Чирский
залив**

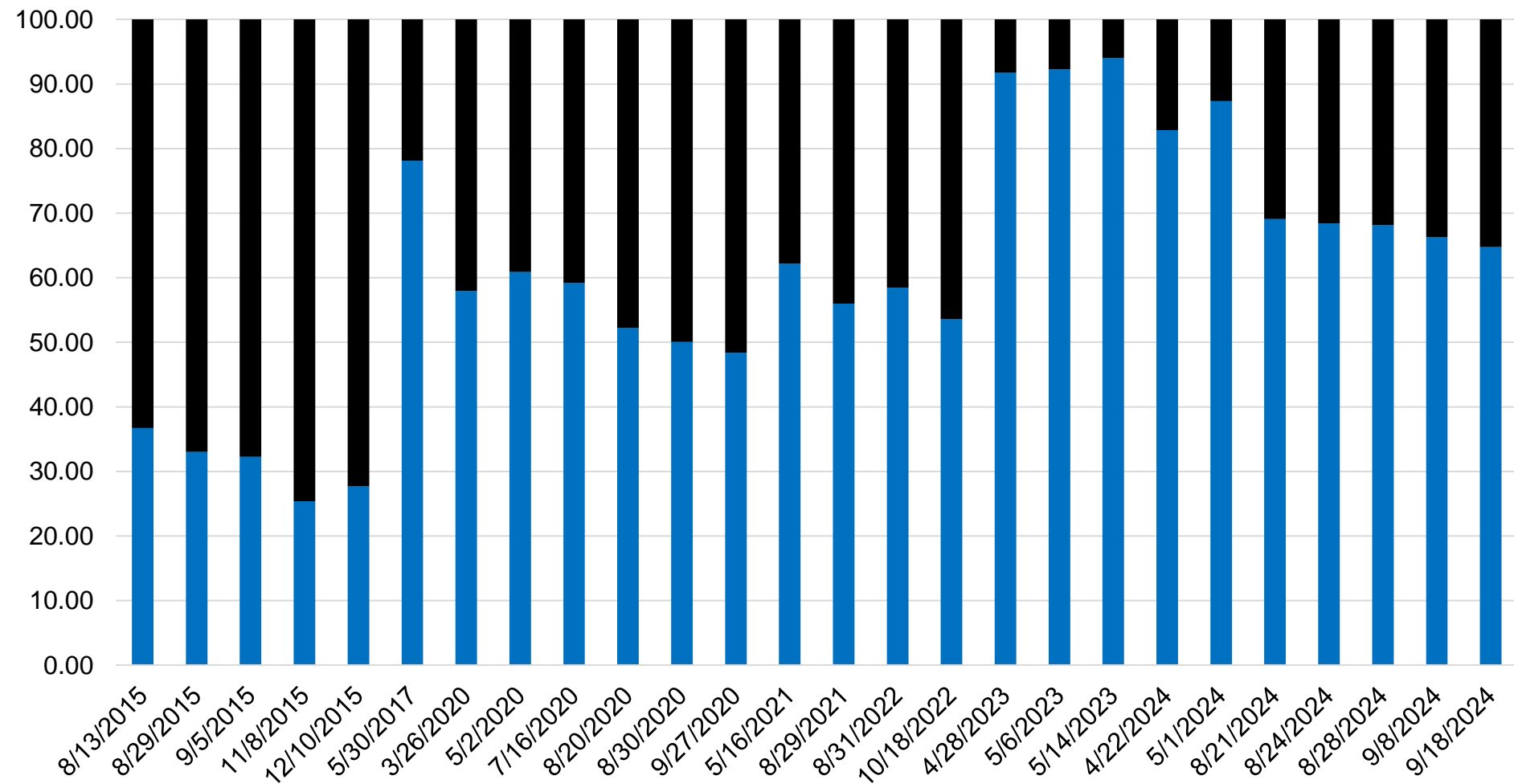
**Цимлянское
водохранилище**

МАСШТАБ 1:150 000

43°0'0"B

43°5'0"B

43°10'0"B



Фактическое распределение площадей вода-суша при разных положениях уровня 2015-2024 гг по индексу MNDWI (в %)

 вода

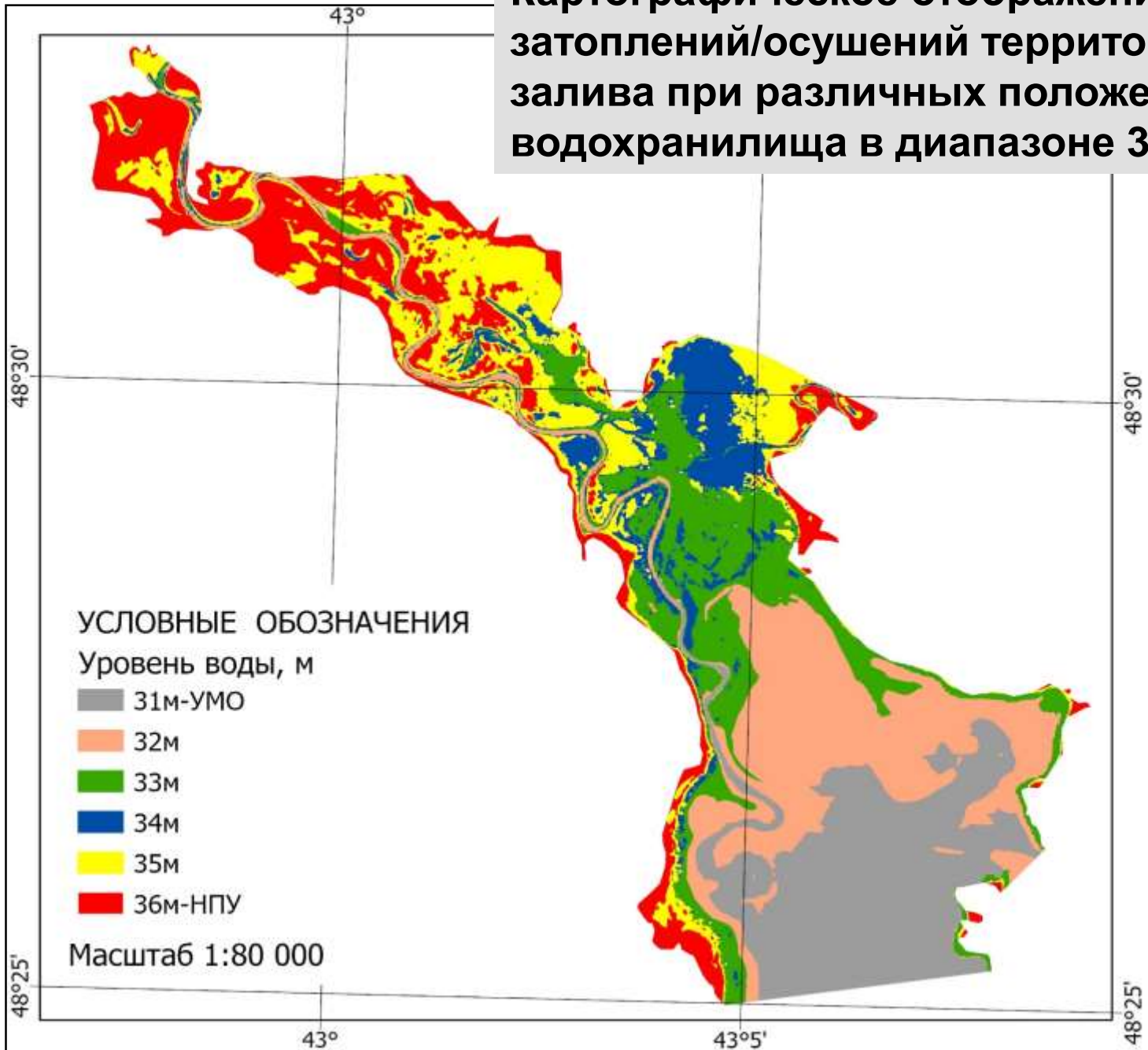
 суша

Интерполяция площади Чирского залива при различных отметках уровнях воды

Уровень воды, м	Площадь залива, км ²	Доля площади от НПУ, %
31,0	11,2	20,7
31,2	13,7	25,3
31,4	16,1	29,7
31,6	18,0	33,2
31,8	19,9	36,7
32,0	22,0	40,6
32,2	24,0	44,3
32,4	26,2	48,4
32,6	27,1	50,1
32,8	29,0	53,6
33,0	30,9	57,1
33,2	32,1	59,2
33,4	33,1	61,1

Уровень воды, м	Площадь залива, км ²	Доля площади от НПУ, %
33,6	33,9	62,6
33,8	34,6	63,9
34,0	35,4	65,4
34,2	36,4	67,2
34,4	37,0	68,4
34,6	39,3	72,6
34,8	42,3	78,1
35,0	44,0	81,3
35,2	46,1	85,1
35,4	48,0	88,6
35,6	49,7	91,7
35,8	50,9	94,0
36,0	55,0	100,0

Картографическое отображение возможных затоплений/осушений территорий Чирского залива при различных положениях уровня водохранилища в диапазоне 31.0-36.0 м абс



ВЫВОДЫ

- Результаты обработки спутниковых данных позволили определить пространственно-временные характеристики Чирского залива для полного диапазона изменений уровня водохранилища от УМО до НПУ в указанный период;
- По итогам анализа спутниковых снимков составлены карты залива, которые отображают экстремальные и промежуточные изменения положения береговой линии при разных значениях уровня водохранилища;
- Составлена прогнозная карта, позволяющая определить зоны затопления (осушения) при разнонаправленном изменении уровня на 1 м;
- Полученные данные могут быть использованы для принятия решений водохозяйственных и экологических задач в условиях дефицита наземных наблюдений

Спасибо за внимание

