

# ИНСТИТУТ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

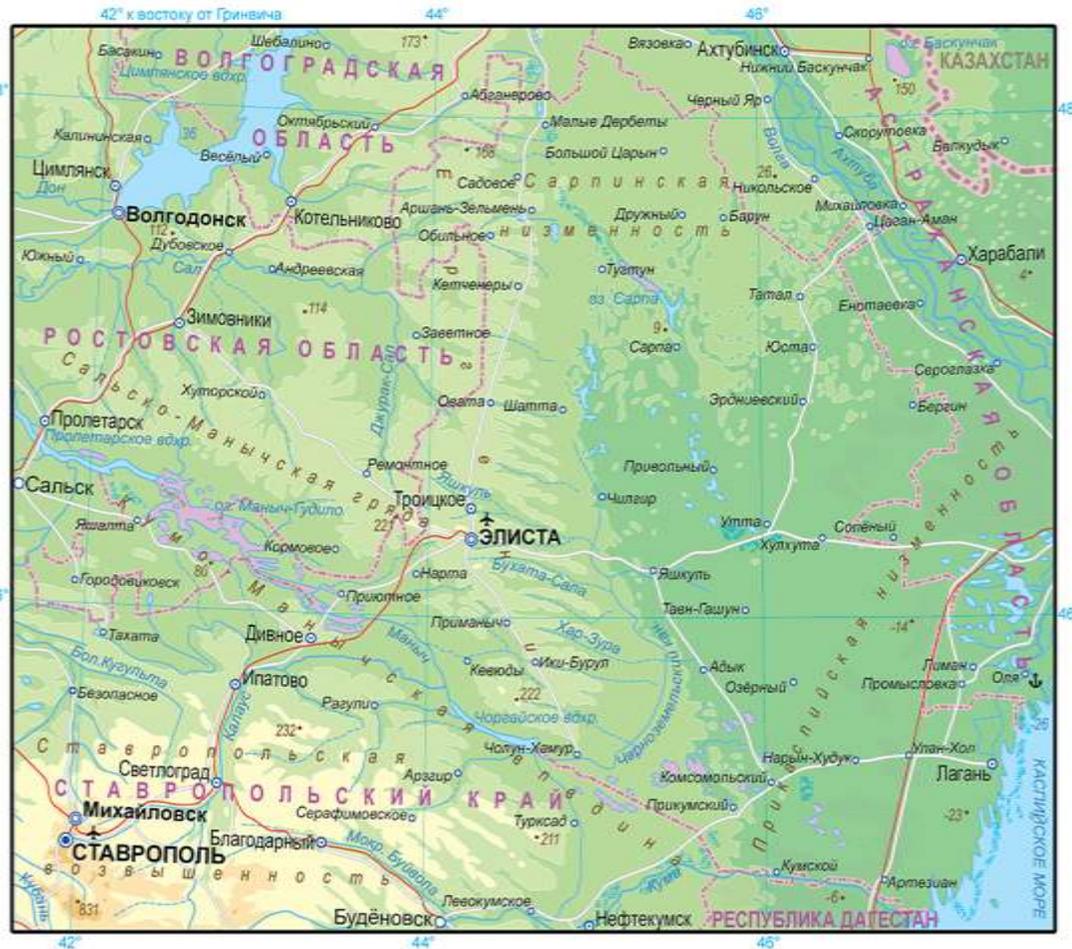
## Применение материалов дистанционного зондирования Земли в мониторинге водных объектов Республики Калмыкия

Уланова Светлана Сергеевна

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 23-27-10017 «Геоэкологическая оценка водных объектов Республики Калмыкия и прилегающих к ним территорий», <https://rscf.ru/project/23-27-10017/>

Москва 2024

Республика Калмыкия – один из самых вододефицитных регионов среди субъектов Российской Федерации (объём годового стока рек равен  $1.83 \text{ км}^3/\text{год}$ ) и самых водозависимых (доля привлечённого стока с сопредельных территорий в водохозяйственном балансе составляет более 90%. Водопотребление из собственных водоисточников составляют всего  $50 \text{ млн. м}^3$ .



Водные ресурсы РК заключены в 314 объектах, из них 256 – искусственно созданные водоемы (135 водохранилищ и 121 пруд), остальные – не имеющие антропогенного вмешательства – природные (15 озер и 43 малые реки).

Искусственные водоемы создавались в основном для целей ирригации. В 1950-60 гг. построены 5 оросительно-обводнительных систем проектной мощностью 124.5 тыс. га орошения. В настоящий период площадь используемых орошаемых земель по республике уменьшилась до 42 тыс. га.

Эти водоемы также используются для водопоя скота. Для целей питьевого водоснабжения используются 2 водоема.

**Оценка состояния искусственных водоемов, их воздействия на окружающую среду и рациональное использование актуальна для вододефицитного региона Калмыкии**

Для решения задач рационального водопользования необходимы большие объемы информации гидрологического, гидрохимического и гидробиологического характера. Получение такой информации требует привлечения современных научных методов разных направлений. Значительная часть такой информации генерируется путем инструментального наблюдения за водными объектами, за природными и антропогенными факторами воздействия на них, а также путем последующей обработки данных.

В Калмыкии мониторинг водных объектов ведется Институтом комплексных исследований аридных территорий с 2001 г. Он включает получение в весенние и осенние периоды года количественных значений нескольких показателей: гидрологических (уровень и площадь водоема), гидрохимических (минерализация, тип химизма), экологических – функционирование экотонной системы «вода-суша» на побережье (значения глубины грунтовых вод в каждом блоке; величины засоления – для почв и грунтовых вод; количество видов растений и их продуктивность – для фитоценозов).

В рамках многолетнего мониторинга создан детализированный банк геоданных, включающий на основе применения ГИС-технологий информацию, полученную с помощью наземных полевых исследований и в ходе лабораторной обработки отобранных проб, анализа материалов космической съемки. Созданная База данных была положена в основу разработки стандартного экологического паспорта водного объекта как новой формы целевого мониторинга, контролирующего и оценивающего состояние и использование водных и биологических ресурсов конкретного водоема и зоны его воздействия на побережье. Такие паспорта составлены для водных объектов Кумо-Манычской впадины в пределах Республики Калмыкия (Уланова, 2014) и активно используются.

## ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ – в 2023 году

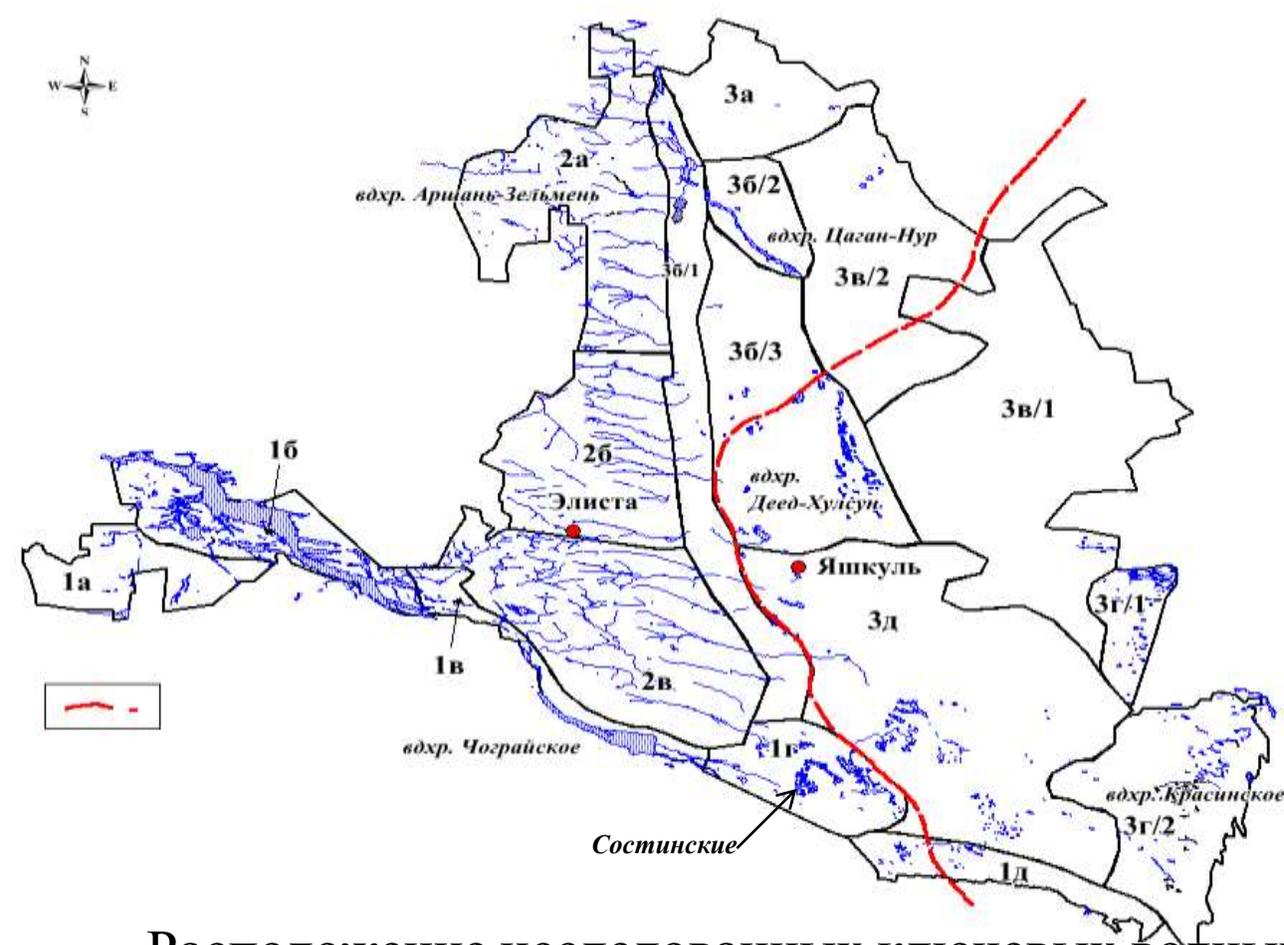
исследовали 12 водоемов

В условиях южной подзоны **степной** зоны:

**Аршань-Зельмень, Суварган, Нугра, Улан-Эргэ** на восточном склоне возвышенности Ергени;  
**Цаган-Нур** – на Прикаспийской низменности;  
**Чограйское, Состинские водоемы (Хар-Эргэ, Киркита, Келтрикан)** – в Кумо-Манычской впадине;

В условиях северной подзоны **пустынной** зоны:  
**Деед-Хулсун, Канурка** – на Прикаспийской низменности

**Красинское** – ильменное понижение дельты Волги



Расположение исследованных ключевых водных объектов (на Схеме гидрографической сети Уланова, 2010) и Схеме природного районирования (Борликов, Бананова, 2001).

Условные обозначения: красным – граница степи и пустыни. 1а-3д – ландшафтные районы: 1а – Северо-Ставропольский; 1б – Западно-Манычский; 1в – Восточно-Манычский; 1г – Состинский; 1д – Прикумский; 2а – Североергенинский, 2б – Среднеергенинский, 2в – Южноергенинский; 3а – Волго-Сарпинский; 3б/1 – Приергенинский, 3б/2 – Сарпинский, 3б/3 – Даванский, 3в/1 – Приволжский восточный, 3в/2 – Приволжский западный, 3г/1 – Приволжский, 3г/2 – Приморский, 3д – Черноземельский.

Мониторинг гидрологических параметров, а именно площади водного зеркала водоемов, был выполнен с использованием космических снимков высокого разрешения с ИСЗ «Landsat-8» камера OLI/TIRS в программах MultiSpek 3.2 и MapInfoPro2019. Для дешифрирования положения границы береговой линии водных объектов использовались комбинации каналов 4–3–2, 4–5–3, 7–6–5, 5–4–3 (Landsat 8).

Обобщенные требования к информации дистанционного зондирования Земли, используемой при решении гидрологических задач, включает: предпочтительные спектральные диапазоны: 0,6; 0,3-0,9 мкм, 10-12 мкм; пространственное разрешение не менее 30-60 м, масштаб снимка 1:100000, 1:25000 (Гарбук, Гершензон, 1997).

# Полевые исследования



Наземные исследования включали мониторинг поверхностных вод водоемов и изучение прилегающих к ним территорий, находящихся в зоне воздействия водохранилищ, называемых экотонными зонами «вода-суша» (Залетаев, 1997).

Полевые исследования водоемов проводились в мае и сентябре 2023 г.

В пределах каждого блока отбирались грунтовые воды на минерализацию, отмечалась их глубина залегания, отбирались почвенные пробы, выполнялось стандартное геоботаническое описание и отбор растительных укосов на биологическую продуктивность.

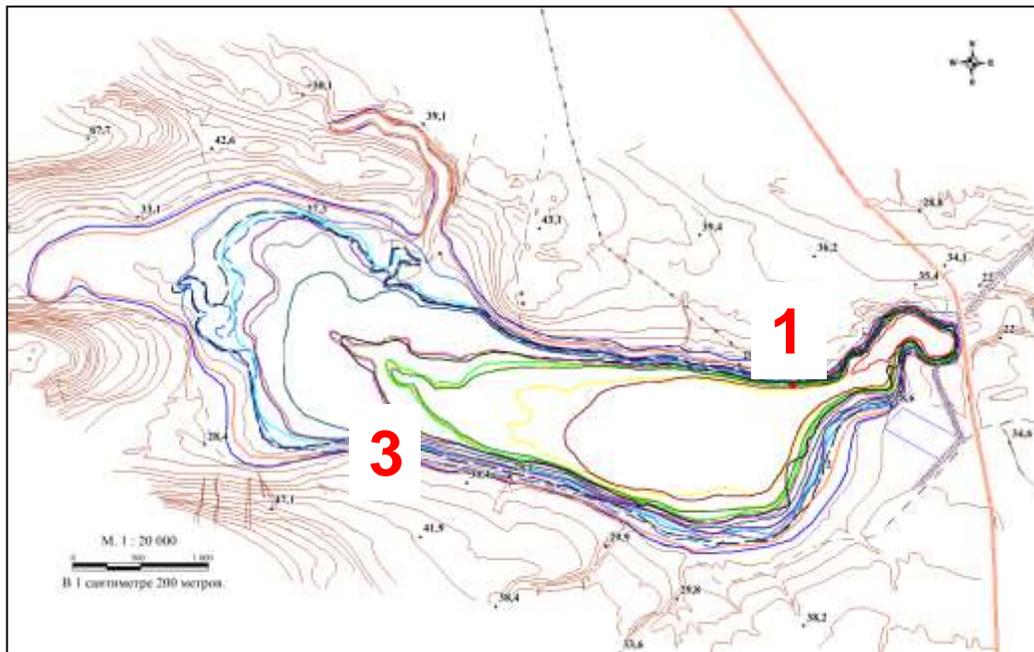
Всего за время весенних и осенних экспедиций 2023 года было отобрано 120 проб поверхностных и грунтовых вод, выполнено 157 геоботанических описаний, отобрано 139 растительных укосов на биологическую продуктивность.

Пробы воды отбирались на разных участках водохранилищ, как правило, в центральной части, вблизи выклинивания подпора и в приплотинной части.

Маршрутные и полустационарные исследования экотонных систем побережий искусственных водоемов сопровождалась регистрацией географических координат объектов исследования с использованием GPS – навигатора GARMIN-12.



# МОНИТОРИНГ ПЛОЩАДИ ВОДНОГО ЗЕРКАЛА ПО МАТЕРИАЛАМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ



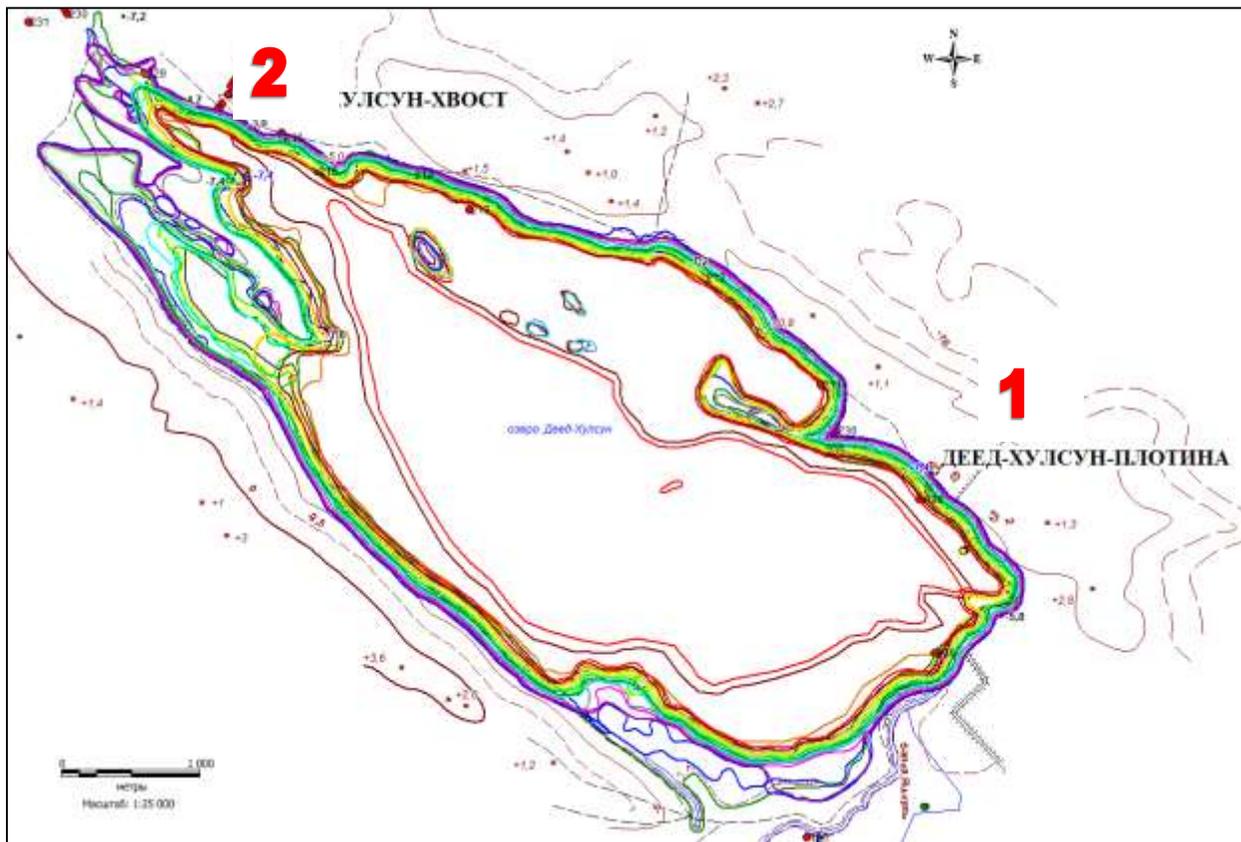
**Динамика площади водной поверхности водоема Аршань-Зельмень по материалам аэро- и космосъемки за осенние периоды (сентябрь) 1990-2023 гг. (1, 2 –ключевые участки)**

Год заполнения	1936
Бассейн реки	Аршань-Зельмень
Длина, км (при НПУ)	5.5
Ширина, км (при НПУ)	1.7
Средняя глубина, м	1.5
Площадь водного зеркала при НПУ, км <sup>2</sup>	8.11
Полезный объем, млн. м <sup>3</sup> (при НПУ)	26.6
Полный объем, млн. м <sup>3</sup> (при НПУ)	29.4
НПУ	33.0
ФПУ	33.7
УМО	26.0
Ширина плотины, м	10
Длина плотины, м	340
Назначение и использование	орошение, рыболовство, водопой

Показатель	max (год)	min (год)	Изменение, в разы
Площадь, км <sup>2</sup>	8.07 (1990)	1.1 (2022)	7.3
Уровень, м	29.6 (1990)	25.0 (2022)	на 4.6
Минерализация, г/л	68.62 (2022)	2.4 (1990)	28.5

# Водохранилище Деед-Хулсун

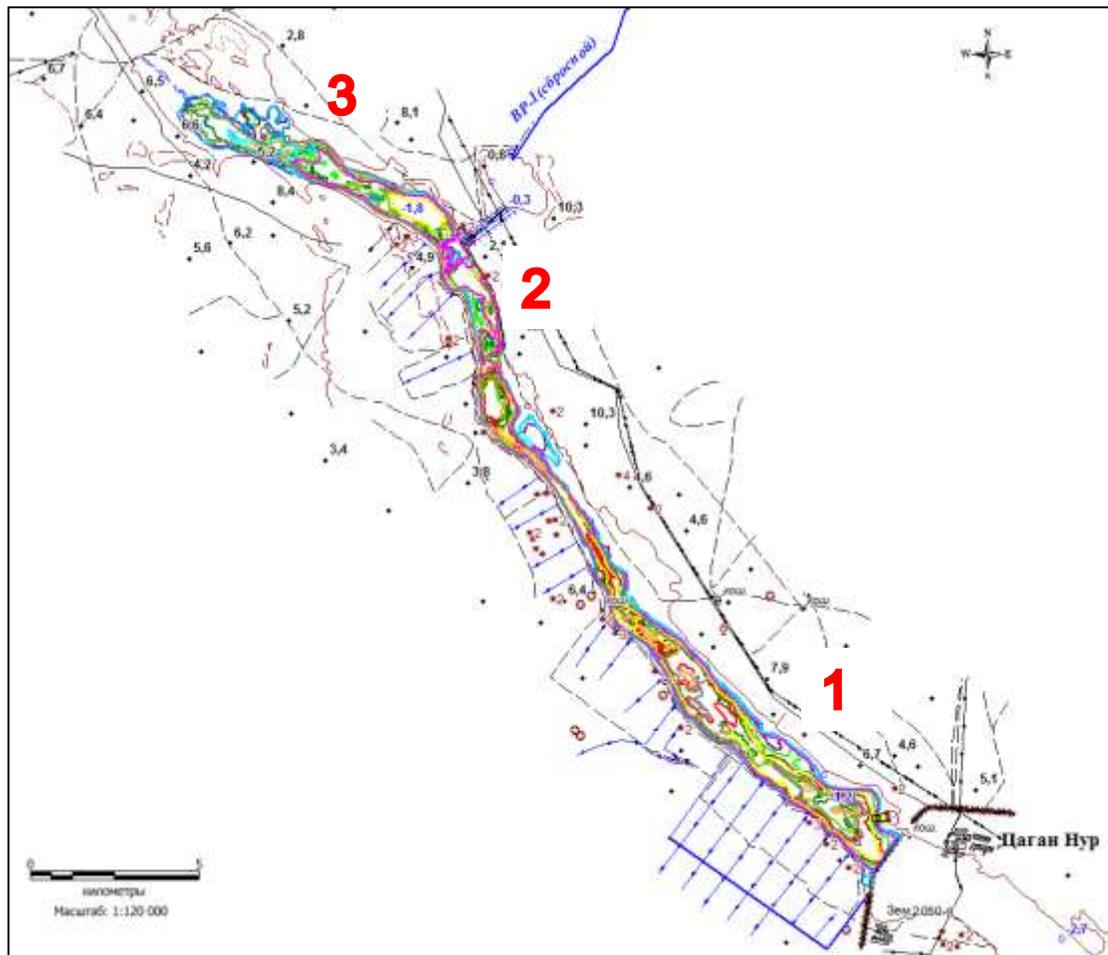
Год заполнения	1975
Бассейн реки	Яшкуль
Длина, км (при НПУ)	13
Ширина, км (при НПУ)	3-4
Средняя глубина, м	2.2
Площадь водного зеркала при НПУ, км <sup>2</sup>	22
Полезный объем, млн. м <sup>3</sup> (при НПУ)	18
Полный объем, млн. м <sup>3</sup> (при НПУ)	22.1
НПУ	-7.0
ФПУ	
УМО	
Ширина плотины, м	7
Длина плотины, м	1200
Назначение	Водоприемник СДВ, рыбоводство, водопой скота



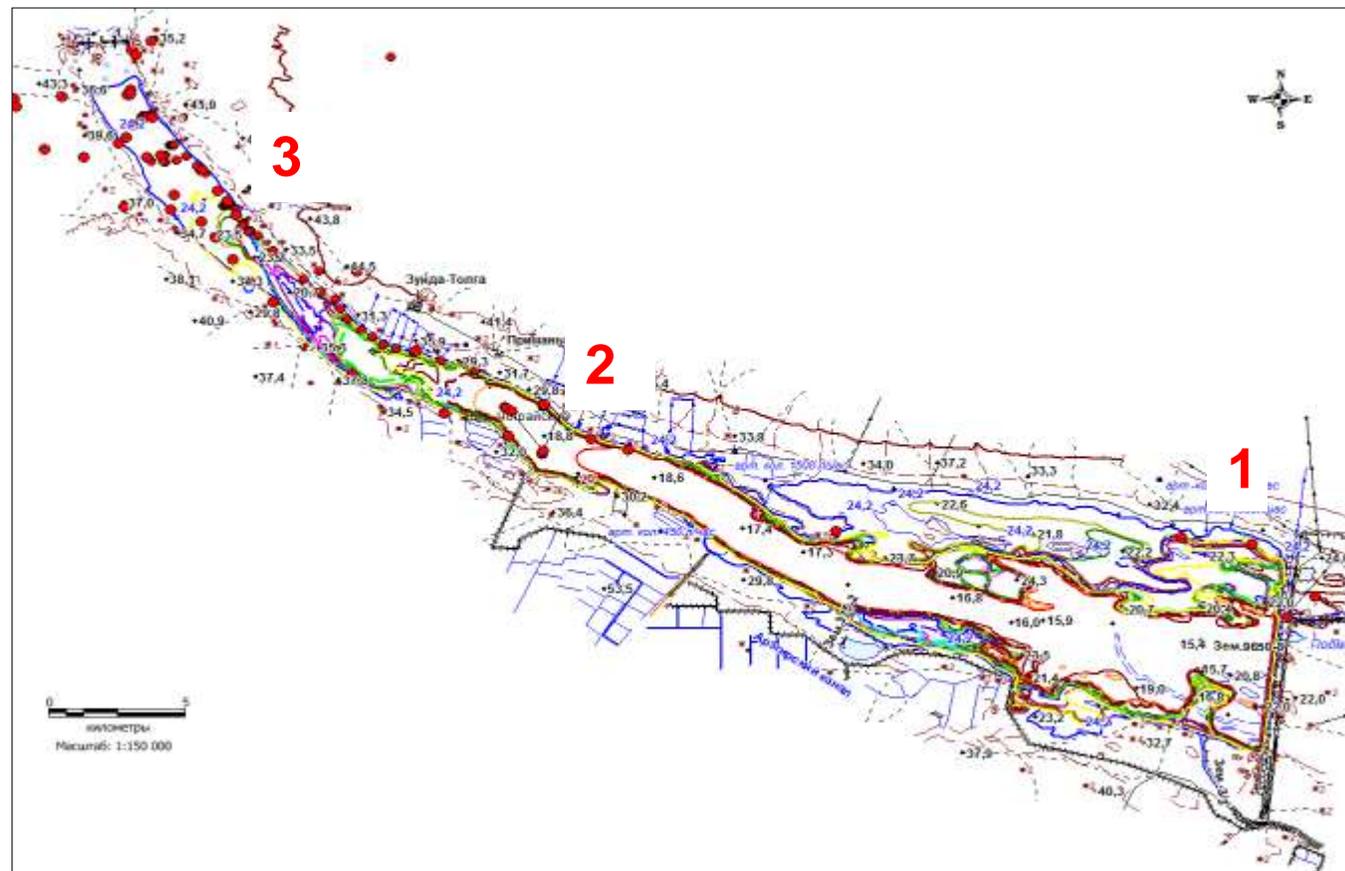
Изменение площади водной поверхности водоема Деед-Хулсун по материалам космосъемки за 1975-2023 гг.

Показатель	max	min	Изменение в разы
Площадь, км <sup>2</sup>	17.21	6.54	2.6
Объем, млн. м <sup>3</sup>	23.1	3.1	7.4
Уровень, м	-7.2	-8.65	на 1.7
Годы	1988	1999	

# МОНИТОРИНГ ПЛОЩАДИ ВОДНОГО ЗЕРКАЛА ПО МАТЕРИАЛАМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ (ОСЕННИЕ ПЕРИОДЫ, СЕНТЯБРЬ)

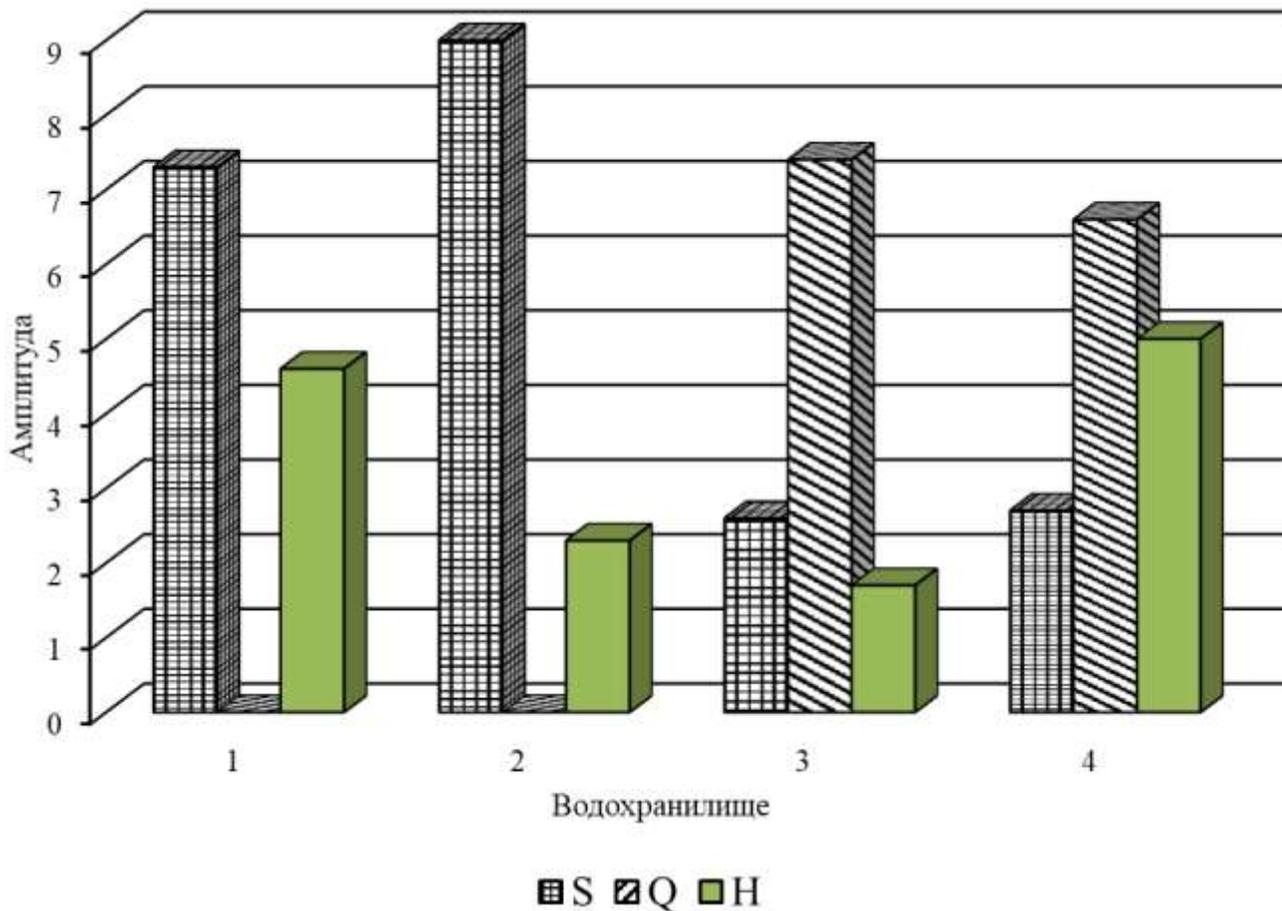


Изменение площади водной поверхности водохранилища Цаган-Нур по материалам космосъемки за 1978-2023 гг. (1-3 – ключевые участки).



Изменение площади водной поверхности Чограйского водохранилища по материалам аэро- и космосъемки за 1969-2023 гг. (1-3 ключевые участки).

## Максимальные изменения гидрологических параметров водохранилищ по материалам ДЗЗ



Годы и причины изменений:  
Аршань-Зельмень – 1990/2022 гг. – естественная, сокращение осадков;  
Цаган-Нур – 2004 /2019 гг. – сокращение поступления воды из Волги;  
Деед-Хулсун – 1988/1990 гг. – сокращение притока из ЧООС;  
Чограйское водохранилище – 1969/2022 гг. – реконструкция плотины, сокращение водоподачи и усиление сброса в нижний бьеф

Условные обозначения:

S – изменение площади водохранилища, разы

Q – изменение объема водохранилища, разы

H – изменение уровня водохранилища, на, м

**Водохранилища: 1 – Аршань-Зельмень;**

**2 – Цаган-Нур; 3 – Деед-Хулсун; 4 – Чограйский.**

**Гидрологические параметры нестабильны и зависят как от природных, так и от антропогенных факторов**

# Трансформация экотонной системы в зоне выклинивания подпора Чограйского водохранилища с 2001 по 2023 гг.



2001 г. *Phragmites australis*, *Tamarix ramosissima*-*Salicornia perennans*, *Salicornia perennans*- *Suaeda salsa*.



2008 г. *Salicornia perennans*



2023 г. *Amaranthus albus*, *Phragmites australis*, *Rusciniella gigantea* –единично, ближе к коренному берегу: *Ranunculus oxyspermus*, *Aster tripolium*, *Eremopyrum triticeum*, *Aeloropus littoralis*, *Xanthium spinosum*

## Заключение

Сравнительный анализ ретроспективной и актуальной космической информации показал значительное обмеление водохранилищ с 2017 по 2022 г.

В 2023 году впервые за последние годы (с 2017-2022 гг.) для водохранилищ Аршань-Зельмень, Цаган-Нур и Деед-Хулсун было выявлено незначительное увеличение площади водного зеркала.

Причины небольшого увеличения площади различны: на вдхр. Аршань-Зельмень, имеющим атмосферное питание, сказались условия более влажного 2023 года; на вдхр. Цаган-Нур – подача значительных объемов воды из р. Волга, на вдхр. Деед-Хулсун – сброс воды из Чограйского водохранилища, в связи с продолжающимся ремонтом плотины последнего. В сезонной динамике поверхностных вод также были выявлены небольшие положительные тенденции для водохранилищ, существующих на привлеченном стоке: впервые за последние годы их площадь водного зеркала незначительно увеличилась от весны к осени (вдхр. Цаган-Нур, Деед-Хулсун, Киркита). Связано это с режимом подачи воды от питающих их источников. У остальных водохранилищ сохранилась тенденция уменьшения объема, уровня и площади водного зеркала к осени (Аршань-Зельмень, Нутра, Суварган, Красинское).

Качественный анализ поверхностных вод практически всех водоемов Калмыкии показал, что воды соленые и очень соленые, средние многолетние значения минерализации поверхностных вод колеблются от 1,9 до 13,42 г/л.

Наиболее засоленным из обследованных оказался водоем Келтрикан, его засоление в 2023 г. составило 169,14 г/л. Наименее засоленным оказалось Красинское водохранилище (0,43 г/л у плотины и 0,53 г/л в зоне выклинивания подпора). По качественному составу поверхностные и грунтовые воды имеют преимущественно хлоридно-сульфатное или сульфатно-хлоридное засоление.

Результаты исследований показали, что гидрологический режим большинства водохранилищ Калмыкии характеризуется нестабильностью объема, водного зеркала, уровня, минерализации, высоким испарением, замедленным водообменом, слабой проточностью, и, как следствие в условиях жаркого климата, – накоплением химических и токсичных веществ.