

# Семнадцатая Всероссийская Открытая конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов)»



## Метод улучшения 3D модели ложа водохранилища на основе глобальных DEM свободного доступа с помощью границ водных зеркал

Терехов А.Г., Макаренко Н.Г., Пак А.А.

Институт информационных и вычислительных технологий, КН МОН, Республика Казахстан

3D модель ложа водохранилища является важной составной частью системы дистанционного мониторинга над резервуарами. Наличие батиметрической информации позволяет оценивать текущие запасы воды по данным о размере площади зеркала. Соответственно, спутниковый мониторинг над размерами водного зеркала может позволить восстановить параметры водного баланса между резервуаром и речным стоком (направление и скорость обмена водой). Такая схема, чисто дистанционного мониторинга над водохранилищами, востребована в случае недоступности наземной гидрологической информации (уровень воды и/или расход воды на входе и выходе из водохранилища). Ситуация типична, например для трансграничных Казахстан - КНР речных бассейнов, когда водохранилища, расположенные выше по течению на сопредельной территории КНР могут существенно влиять на расход воды в реке на территории Казахстана, но оперативная информация об их состоянии недоступна.

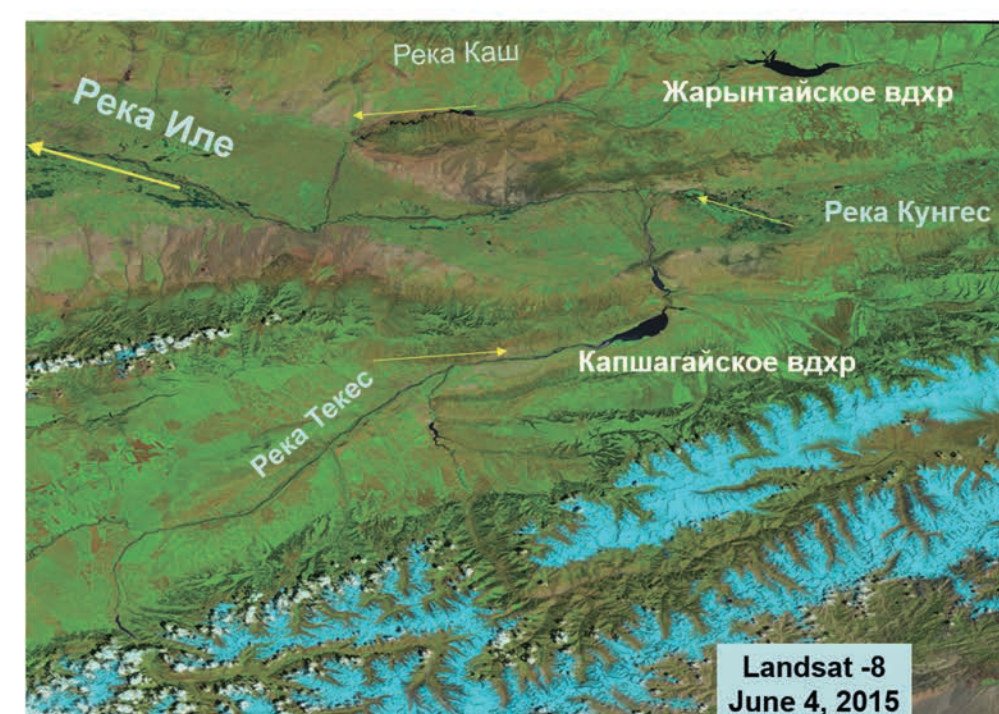
Глобальные DEM (Digital Elevation Model) свободного доступа, такие как SRTM-2000 v2 и ASTER GTM-2 строятся на основе данных дистанционного зондирования 15-20 летней давности. Для водохранилищ, построенных позже для всей чаши резервуара, имеется информация о рельефе местности, которая сейчас представляет собой батиметрию. Батиметрия может прямо использоваться для дистанционных расчетов параметров текущей заполненности водохранилищ, но альтиметрическая точность глобальных DEM, особенно в среднегорных ландшафтах относительно невысока. Возможны артефакты и даже пропуски данных. Ошибки концентрируются на крутых склонах, равнинные участки и равномерные пологие склоны имеют существенно лучший уровень точности. Это обстоятельство оставляет возможность улучшения 3D модели ложа водохранилища, основанного на глобальных DEM свободного доступа, за счет дополнительного использования набора береговых линий резервуара при его различных уровнях заполненности.

В работе анализировались два водохранилища, примерно одинаковых размеров, расположенных в китайской части бассейна трансграничной р. Или. Это Капшагайское вдхр., построенное в 2007 году на реке Текес (крупнейший приток р.Иле) и Жарынтайское вдхр., построенное в 2006 году на реке Каш (второй по значимости приток р.Иле). Водоохранилища работают в энергетическом режиме (пополнение в теплый период, сбрасывание в холодный). В процессе сезонной работы происходит значительное изменение степени наполненности резервуаров. Размер водных зеркал у обоих водохранилищ может изменяться, примерно в два раза, от 30 до 60 кв. км. Перепад высоты водного зеркала, от многолетнего минимума до многолетнего максимума, оцениваемый по глобальным DEM составляет величину около 40 м.

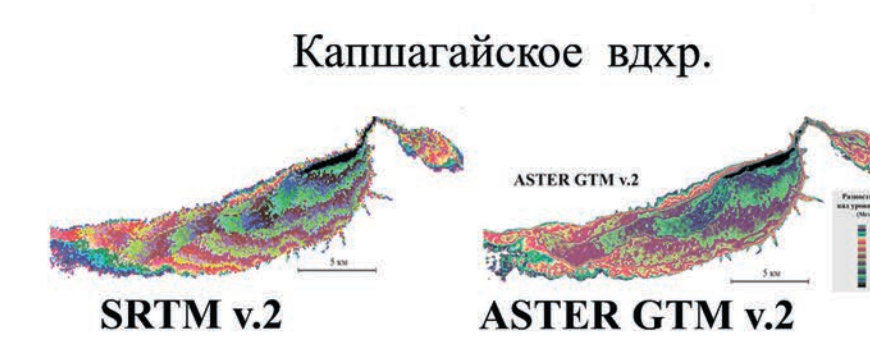
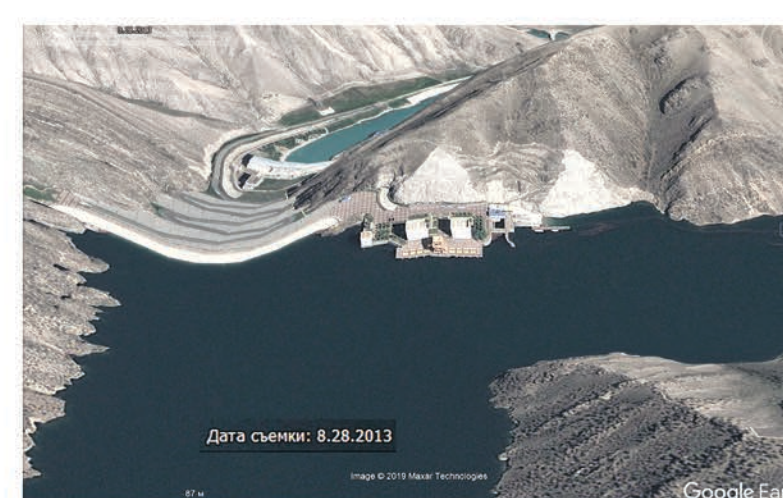
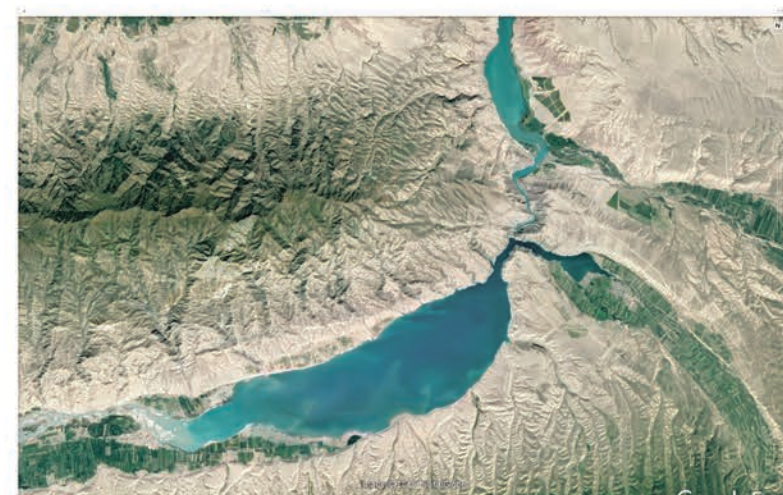
Масштаб изменений размеров водных зеркал от 30 до 60 кв. км делает возможным использование для мониторинга водных зеркал спутниковые данные с пространственным разрешением 20-30 м, т.е. снимки LANDSAT и SENTINEL-2A. Это позволяет иметь 20-30 покрытий в год и таким образом достаточно детально описывать сезонную динамику размеров водных зеркал водохранилищ. Водоохранилища расположены в среднегорье, высота водного зеркала Капшагайского вдхр. составляет около 1000 м над уровнем моря, у Жарынтайского вдхр. около 1300 м. Рельеф среднегорья имеет характерные особенности, касающиеся речных долин. Речные долины формируют конусы выноса, которые в обычных условиях, представляют собой равномерные склоны с фиксированным углом уклона. Перегибы на конусах выноса неустойчивы, обломочный материал, переносимый рекой, отлагается на них в первую очередь, что способствует формированию равномерного уклона долин.

Набор береговых линий водных зеркал, меняющихся в процессе сезонной работы водохранилища, альтиметрическая привязка может основываться на позиции береговой линии на конусе выноса, выбранном в качестве эталонного. В случае достаточно пологого склона, позиция береговой линии на нем для многолетних минимумов и максимумов могут существенно различаться. Для анализируемых водохранилищ позиция минимума запаса воды от максимума по конусу выноса основной реки различаются, примерно, на 5-7 км. Такое пространственный масштаб может весьма точно контролироваться по данным LANDSAT и SENTINEL-2A с разрешением 30 и 20 м, соответственно. Таким образом, альтиметрическая привязка границ водных зеркал водохранилища, при его различной наполненности может осуществляться через регистрацию позиций их береговых линий на тестовом конусе выноса (морфометрические характеристики конуса выноса берутся из глобальных DEM). Полученная таким образом 3D модель ложа резервуара является более точной, чем исходная глобальная DEM, поскольку в расчет берутся границы береговых линий, которые при отсутствии сносно-нагонных явлений, являются весьма точными односвязными изогипсами. Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан, грант № AP 05134241.

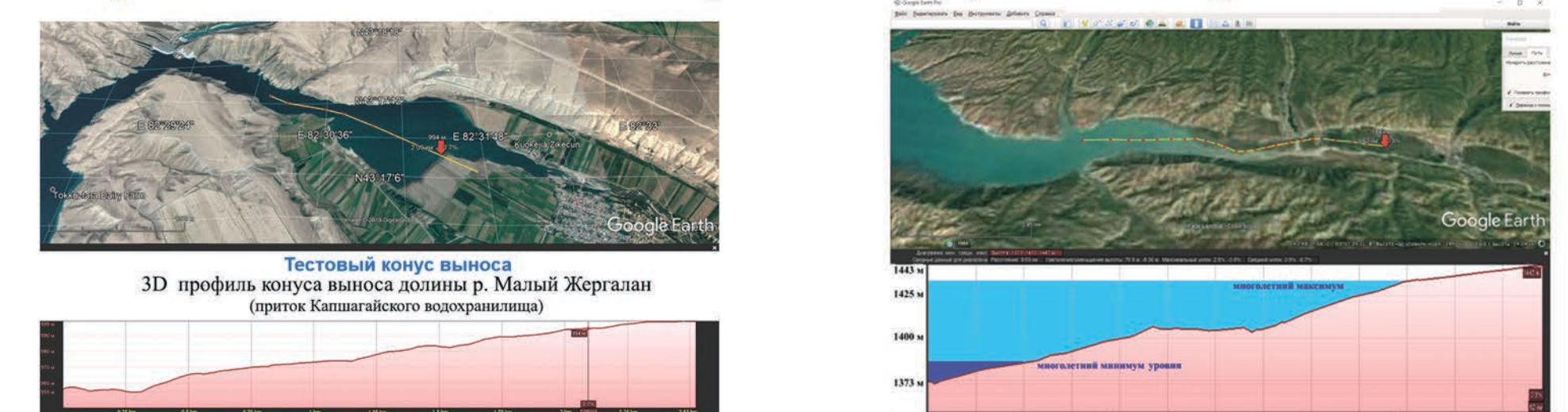
**Ключевые слова:** цифровая модель рельефа, SRTM 2000 v2, ASTER GTM2, бассейн реки Или, водохранилище, дистанционное зондирование, LANDSAT, SENTINEL 2A, мониторинг водного зеркала



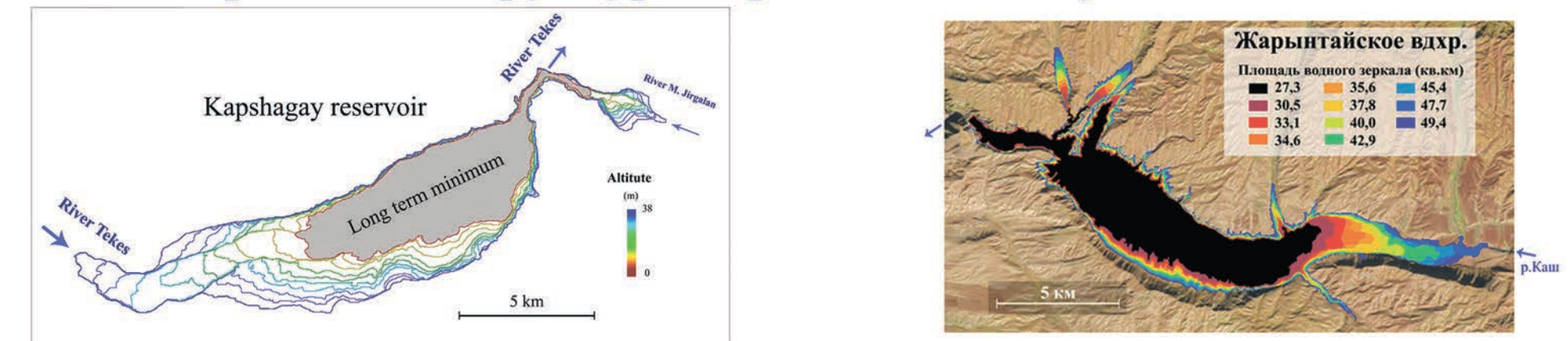
### Капшагайское вдхр.



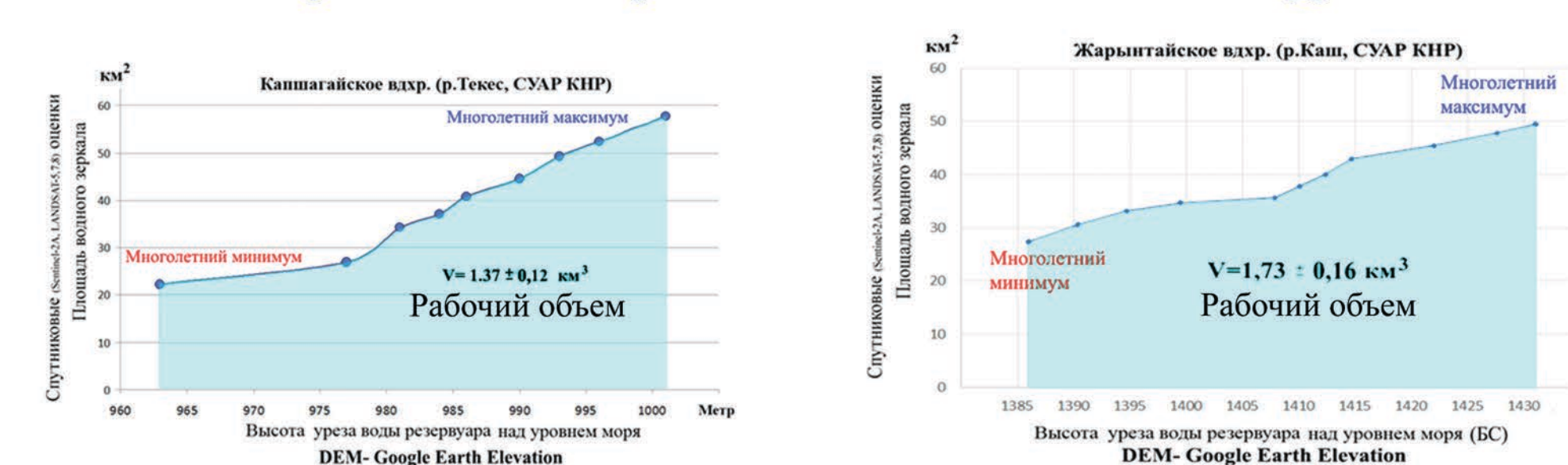
### Конусы выноса для альтиметрической привязки береговых линий



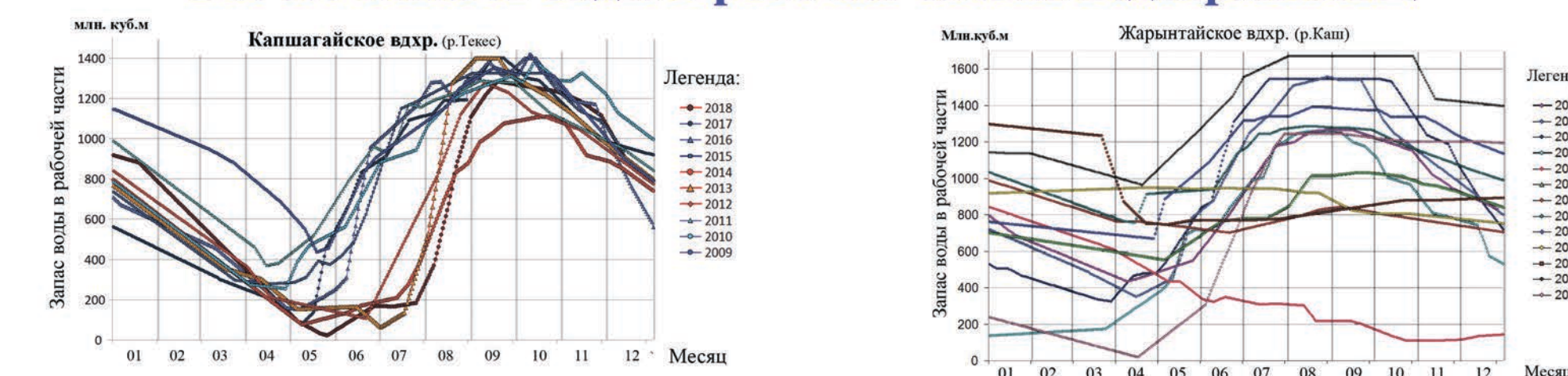
### Батиметрическая структура периодически осушаемой части дна



### Связь между площадью зеркала и абсолютной высотой уреза воды



### Расчет запасов воды в рабочих частях водохранилищ



### Жарынтайское вдхр.

