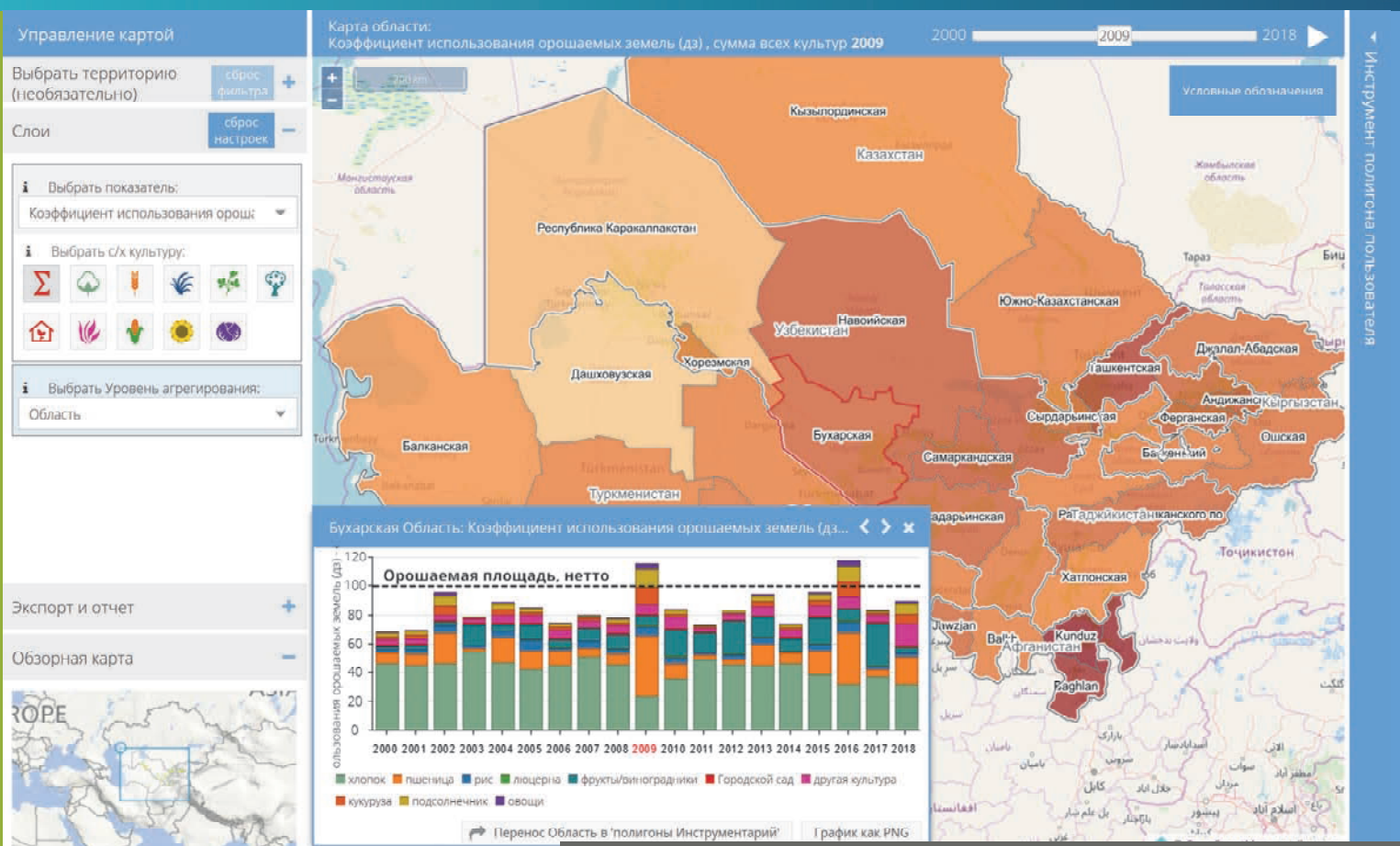


# WUEMoCA

Мониторинг эффективности водопользования в Центральной Азии

Инструмент для выработки обоснованных решений в вопросах земле- и водопользования



Интенсивность использования земельных ресурсов в бассейне Аральского моря (2009 г.)

## Введение

WUEMoCA — научный инструмент вебкартографирования для мониторинга эффективности земле- и водопользования на территориях орошаемого земледелия стран трансграничного бассейна Аральского моря (Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана, Туркменистана, Узбекистана и Афганистана). Путём интеграции спутниковых данных по землепользованию, растениеводству и потреблению воды с гидрологическими и экономическими данными создаётся целый набор показателей. Инструмент полезен для выработки масштабных решений в вопросах распределения воды и землепользования, а также может применяться во многих практических сферах, в которых требуются независимые данные о конкретных обширных территориях.

## Общие характеристики WUEMoCA

- ≈ Открытый онлайн-доступ
- ≈ Обзор пространственных и временных трендов в бассейне Аральского моря - общая картина
- ≈ Выявление орошаемых территорий, требующих внимания
- ≈ Увязка с показателями устойчивого развития ООН (ЦУР 2; 6)
- ≈ Возможность интеграции заданных пользователем объектов и статистических данных для расчета дополнительных показателей по воде
- ≈ Конфиденциальность: закрытые статистические данные и результаты дополнительных вычислений остаются у пользователя
- ≈ Открытый исходный код для совершенствования инструмента (при его использовании в водохозяйственных организациях и университетах)

## Инструмент для выработки обоснованных решений в вопросах земле- и водопользования

### Сотрудничество между Германией и странами Центральной Азии



Указанные индикаторы одобрены водоохозяйственными организациями Центральной Азии. Инструменты дистанционного зондирования и интеграция данных обеспечены немецкими партнёрами. Вебплатформа и пользовательский интерфейс являются совместной разработкой.

### Содержание буклета

- Обзор инструмента: назначение и функции Стр. 3
- Использование спутниковых данных Стр. 4
- Статистика: контроль качества и повышение качества данных Стр. 5
- Инструмент в действии: оценка эффективности водопользования в Узбекистане Стр. 6
- Дополнительная информация, освещаемая WUEMoCA Стр. 7
- Анализ данных пользователя Стр. 8
- Экспорт данных для дальнейшего анализа и применения Стр. 9
- Схема выборочного обследования: действия по оптимальному картографированию посевов сельскохозяйственных культур Стр. 10
- Заключение и выходные данные Стр. 11



Аральское море, Центральная Азия (22 августа 2017 г.) Изображение получено с помощью спектрорадиометра MODIS, установленного на спутнике «Терра» (NASA).

Региональная научно-исследовательская сеть  
«Вода в Центральной Азии» (CAWA),  
<http://www.cawa-project.net/>

Страны Центральной Азии сталкиваются с серьезными проблемами водопользования – дефицит водных ресурсов, ухудшение качества воды и её нерациональное использование. В условиях изменения климата существует риск значительного ухудшения ситуации. Решение данных проблем возможно только путём объединения усилий всех стран Центрально-Азиатского региона. Целью проекта CAWA является создание надёжной базы научных данных, которая поспособствует развитию устойчивых стратегий эффективного водопользования в регионе.

Результаты анализа WUEMoCA агрегируются на уровне всех орошаемых областей и районов бассейна Аральского моря. Для отдельных регионов результаты агрегируются также на уровне ассоциаций водопользователей, территорий (бассейновых) управлений ирригационных систем и подвешенных зон каналов.

# Обзор инструмента: назначение и функции

**Инструмент WUEMoCA** (англ. Water Use Efficiency Monitor in Central Asia: Мониторинг эффективности водопользования в Центральной Азии) — это онлайн-инструмент оценки эффективности водопользования при орошении на территории бассейна Аральского моря (БАМ), разработанный на основе анализа данных дистанционного зондирования.

**Для целей земле- и водопользования.** Инструмент поддержки принятия решений позволяет выявлять проблемные территории: малопродуктивные земли, засушливые регионы с неэффективным водопользованием и т.д.

**Использование показателей.** Решения принимаются на основе показателей экономической эффективности и устойчивости, представленных тремя группами: **землепользование, продуктивность и водопользование** (см. таблицу ниже).

**Интеграция геоданных.** Инструмент комбинирует спутниковые данные (полученные с помощью фотоматрицы MODIS и откалиброванные по данным наземных наблюдений), климатические и статистические данные всей территории.

**Оперативный мониторинг.** Данные предоставляются за период, начиная с 2000 года. Автоматизированный процесс обработки данных состоит из непрерывной загрузки и обработки информации (классификация землепользования, эвапотранспирация, оценка урожайности и агрегирование по административным границам).

**Гибкий выбор информации.** Пользователь определяет выходные данные (карты, графики и таблицы) путем выбора территории, времени, показателей и видов культур в соответствии с поставленными целями.

**Инструменты полигона пользователя.** Пользователь может самостоятельно задавать интересующие его объекты (полигон пользователя > 30 га) и добавлять статистические данные для расчета дополнительных показателей, например, **продуктивности и эффективности орошения**. Конфиденциальные данные доступны только пользователю. Кроме того, полигон пользователя позволяет вручную корректировать неточности данных дистанционного зондирования.

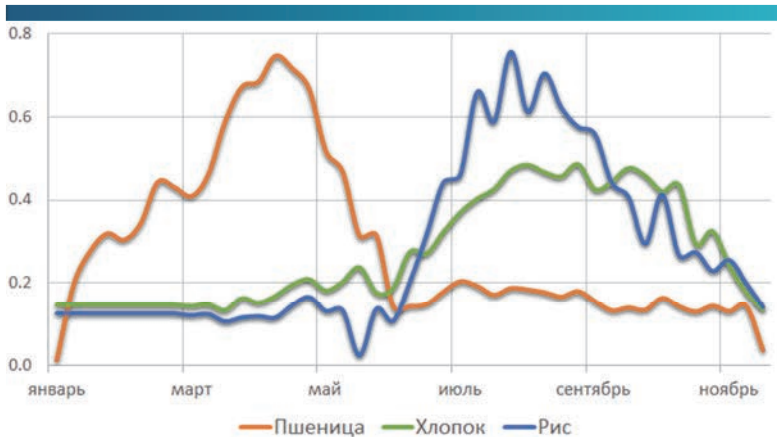
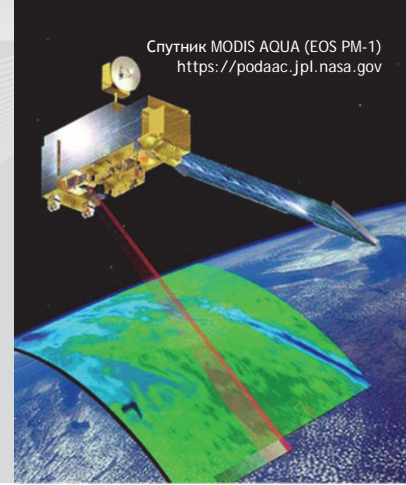
## Интеграция спутниковых данных и данных наземных наблюдений является основой новой базы показателей

Показатель [ед. изм.]	Краткое описание	Инф. по культурам	Источник данных
<b>Показатели землепользования</b>			
Орошаемая площадь нетто [га]	Площади с ирригац. инф-рой, вкл. временно неиспольз. земли	-	●○○
Посевная площадь [га]	Площадь орош. земель, занятая под посевами с/х культур (повторн. исп-е считается дважды)	да	●○○
Коэффициент использования земель [%]	Доля посевной площади от орош. площади нетто	да	●○○
Временно неисп. орош. земли [%]	Доля земель под паром от орошаемой площади нетто	-	●○○
Разнообразие культур [-]	Набор разных видов культур (территориально)	-	●○○
<b>Многолетние показатели землепользования</b>			
Частота неиспользования земель [-]	Среднее кол-во лет, во время которых земля не культивировалась	-	●○○
Оборот землепользования [-]	Среднее число чередований землепольз-я вкл. времен. неиспольз. земель	-	●○○
Основные виды землепользования [-]	Преобладающие виды землепользования, исходя из средней частоты	-	●○○
<b>Показатели продуктивности</b>			
Продукция растениеводства [т]	Оценка урожая культуры (урожайность культуры * посевная площадь)	да	●●○
Урожайность культур [т/га]	Оценка продукции растениеводства, собранной с га посевной пл-ди	да	●●○
Общая продуктивность [\$]	Общ. эконом. доход по культурам (урожай куль-ры * цена на куль-ру)	да	●●●
Продуктивность на 1 га [\$ /га]	Общий экономический доход по культурам с 1 га посевной площади	да	●●●
Продукция на ед-цу водопотр-я [кг/м <sup>3</sup> ]	Урожай культуры на 1 м <sup>3</sup> потребл. поверхн. воды	да	●●●
Продуктивность на ед-цу водопотр-я [\$ /м <sup>3</sup> ]	Эконом. доход по культурам на 1 м <sup>3</sup> потреблен. поверх. воды	да	●●●
Удельная водоподача [м <sup>3</sup> /га]	Водозабор (+ грунтовые воды, осадки) на 1 га орош. площади етто	-	○○●
<b>Показатели эффективности водопользования</b>			
Фактическая эвапотранспирация [мм] = ET <sub>act</sub>	Объем воды, высвобождаемый в атмосферу за счет испарения и транспирации (фактическое потребление воды)	да	●●○
Водообеспеченность (ET) [-]	Показатель надлежащего обеспечения водой (ET <sub>act</sub> на водопотр-е)	да	●●○
Продуктивность воды (ET) [кг/м <sup>3</sup> ]	Урожай культуры на 1 м <sup>3</sup> потребленной воды (ET <sub>act</sub> )	да	●●○
Эффективность орошения [-]	Коэффициент эффективности при подаче воды растениям и минимизации потерь воды (ET <sub>act</sub> на водозабор)	-	●●●

**Источники данных показателей**

- = на основе ДЗ (информация основывается на открытых данных дистанционного зондирования MODIS; сканирующий спектрорадиометр среднего разрешения)
- = климатические данные (радиация, температура, осадки, влажность)
- = данные пользователя/статистика (цены на с/х продукцию, водозабор, грунтовые воды, дождевые осадки)
- = оперативный расчет для полигонов пользователя (Инструменты полигона пользователя)

# Использование спутниковых данных



Вегетационный индекс (NDVI), полученный путём анализа спутниковых данных: годовые кривые культур показывают типичный цикл роста пшеницы, хлопка и риса.

**Карты землепользования.** Поскольку сенсор MODIS ежедневно записывает данные с поверхности Земли, он особенно полезен в работе с WUEMoCA. Сенсор предоставляет ежедневные данные о вегетационных условиях (индекс: NDVI) в пиксельном размере 250 м на 250 м (~6,25 га). Фенологические кривые помогают обозначить классы культур и представляют собой типичный для NDVI временной ряд. Каждому типу культуры соответствует своя кривая.

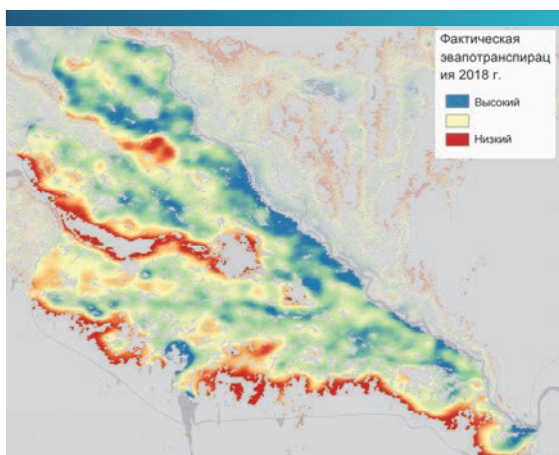
**Урожайность.** Для оценки роста хлопка, пшеницы и риса в инструменте применяется модель индекса эффективности использования света (LUE), хорошо известная точностью результатов. По этой модели, исходя из количества энергии, потребляемой культурой для фотосинтеза, высчитывается суточный прирост биомассы. В качестве входных параметров используются спутниковые данные о вегетационных условиях (индекс: EVI) и метеоданные по радиации. Фактические суточные показатели эвапотранспирации помогают ввести фактор водного стресса культуры. Модель также учитывает тепловой стресс.



В модели урожайности региональные параметры культур отражают особенности окружающей среды региона бассейна Аральского моря (например, высоту над уровнем моря и климат). Фазы роста культуры рассматриваются с учётом градусодней. Итоговая сезонная биомасса преобразуется в показатель урожайности с помощью индексов урожая, обозначенных в документации.



Урожайность хлопка на основе анализа спутниковых и климатических данных, агрегированных по контуру Ассоциаций водопользователей Хорезмской области: WUEMoCA.



Фактическая эвапотранспирация (водопотребление) по Хорезмской области (2018 год), смоделированная по S-SEBI.

**Моделирование эвапотранспирации.** Упрощённый индекс расчёта фактической эвапотранспирации (S-SEBI) позволяет ежедневно отслеживать уровень потенциальной фактической эвапотранспирации (ET) для всех оросительных систем на территории бассейна Аральского моря. Алгоритм подходит для постоянных атмосферных условий заданной территории и определенной изменчивости гидрологических характеристик (условия влажности).

Модель работает только на основе данных дистанционного зондирования и метеоданных. WUEMoCA использует спутниковые данные MODIS, т.е. тепловые данные и данные об отражении солнечной радиации (альбедо). Метеоданные включают в себя радиацию, температуру, осадки, относительную влажность и коэффициент прозрачности атмосферы. Типы землепользования (орошаемые земли и площади под конкретными культурами) — третий набор входных данных. В модели урожайности WUEMoCA разница между потенциальной и фактической эвапотранспирацией означает уровень водного стресса для культуры.

# Статистика - контроль качества и повышение качества данных

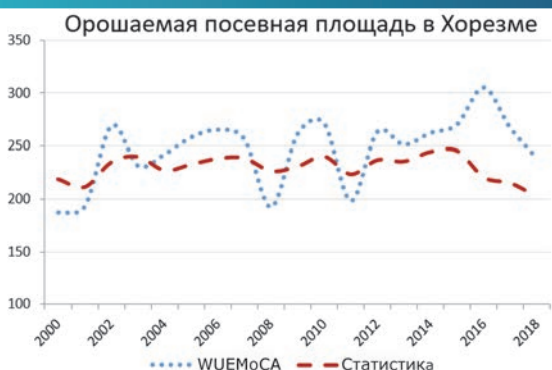
## Сравнение

Для получения информации о качестве результатов дистанционного зондирования WUEMoCA предполагается их сопоставление со статистическими данными. Для проверки выбраны два показателя:

**Орошаемая площадь нетто (ОПН)** - «территории с оросительной инфраструктурой», в т.ч. неиспользуемые земли, т.е. временно без посевов и пригодные к орошению. Данный показатель (почти) не изменяется со временем.

**Посевные площади** - «орошаемые площади под посевами культур», т.е. используемые для выращивания определенной культуры, за исключением неиспользуемых земель. Земли, используемые одновременно для выращивания яровых и озимых культур учитываются дважды; годовые изменения отражает динамический показатель.

Результат анализа на основе дистанционного зондирования, здесь агрегирование по контурам области (из нац. источников).



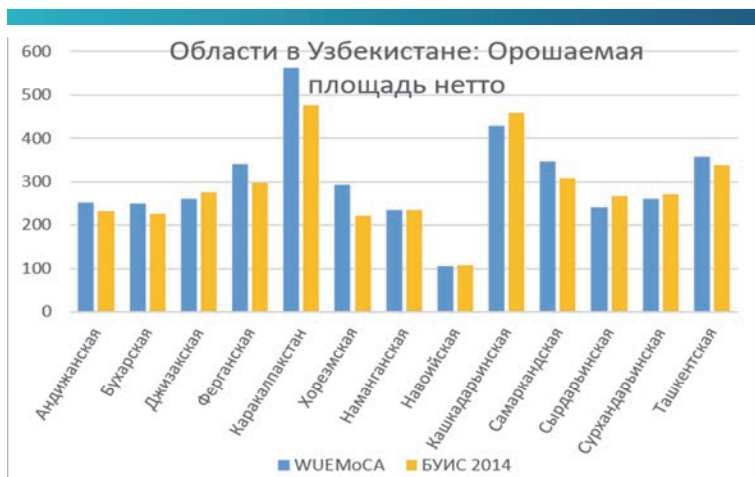
Сравнительный анализ орошаемой посевной площади (в тыс. га) в Хорезмской области с 2000 по 2018 год.

≈ Результаты дистанционного зондирования (WUEMoCA)  
≈ Официальная статистика по области из Госкомстата Узбекистана (статистика)

Сравнение показывает колебания в интенсивности землепользования. Данные колебания обусловлены ежегодными изменениями в долях единожды (напр. хлопок) и повторно (напр. пшеница, за кот. следует рис) засеянных полей, а также незасеянных полей (земли под паром).

## Преимущество двух источников данных!

Сравнение спутниковых данных с официальной статистикой помогает идентифицировать участки с заметными расхождениями и неточностями. Их причиной являются недоработанность методов и недостающие данные, как при дистанционном зондировании, так и ручном сборе данных. Возможные решения: спутниковые данные высокого разрешения и скоординированный сбор данных помогут избежать подобных погрешностей в будущем.



Сравнительный анализ орошаемой площади нетто (в тыс. га) по всем областям Узбекистана

≈ Результаты дистанционного зондирования (WUEMoCA)  
≈ Официальные данные Бассейнового управления ирригационных систем (БУИС)

Сравнение показывает небольшие завышения и занижения оценок.

## Определение погрешностей

Как в спутниковых данных, так и в официальной статистике выявляются большие погрешности:

Расчеты WUEMoCA выполняются на основе спутниковых снимков MODIS. Подобный способ картографирования особенно практичен для такой обширной территории, как бассейн Аральского моря. Однако существуют факторы, которые могут стать причиной некоторых неточностей в данных, поскольку размер пиксела MODIS около 6,25 га не отображает отдельное поле или кадастровую информацию — это региональная информация! Более того, смешивание сельскохозяйственных и заболоченных территорий или ошибки в распознавании городских сооружений могут привести к искажению данных по ОПН. Спектральная схожесть культур, например, риса и хлопка, также может привести к некорректному расчёту посевных площадей.

**Официальная статистика** напротив основывается на качественно других методах сбора информации от нескольких поставщиков данных (национальные водохозяйственные организации, фермерские отчёты, земельный кадастр, данные госкомстата, БУИС/УИС). Более того, существует разница в толковании понятий типа «орошаемая площадь нетто». Это может помешать в расчёте показателей с использованием официальной статистики и ведет к несоответствиям в системе официальной отчётности.

**Дополнительные статистич. данные** напрямую используются в расчетах показателей WUEMoCA:

≈ данные по воде значительно расширяют систему показателей (напр. продуктивность воды, эффективность орошения);

≈ распределение культур используется для расширения ряда повторных культур, которые невозможно отследить с земной орбиты.

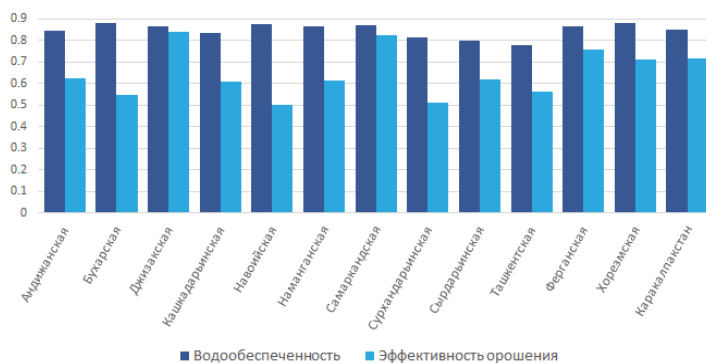
# Инструмент в действии: оценка эффективности водопользования в Узбекистане

**Минимизация потерь воды.** Одной из задач эффективного водопользования является оптимизация работы оросительных систем за счет максимально возможного снижения потерь воды. Инструмент использует два показателя для мониторинга динамики уровня эффективного водопользования, причём в увязке с Целями устойчивого развития ООН:

**Водообеспеченность** - «показатель требуемого обеспечения водой для целей растениеводства». Соотношение объема воды, используемой для выращивания культуры (фактическая эвапотранспирация  $ET_{act}$ ), к требованиям культуры на воду ( $ET_{crop}$ ) указывает на дефицит ( $< 1$ ) или избыточное орошение ( $> 1$ ).

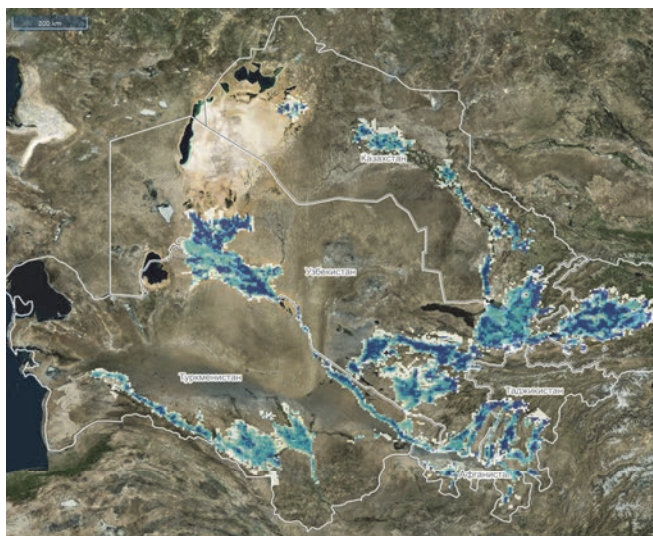
**Эффективность орошения** - «индекс эффективности подачи воды растениям и минимизации её потерь». Соотношение объема водопотребления ( $ET_{act}$ ) к объему поданной воды (статистический водозабор) указывает на потери воды.

Средняя эффективность водопользования по областям Узбекистана, 2000-2018 гг.

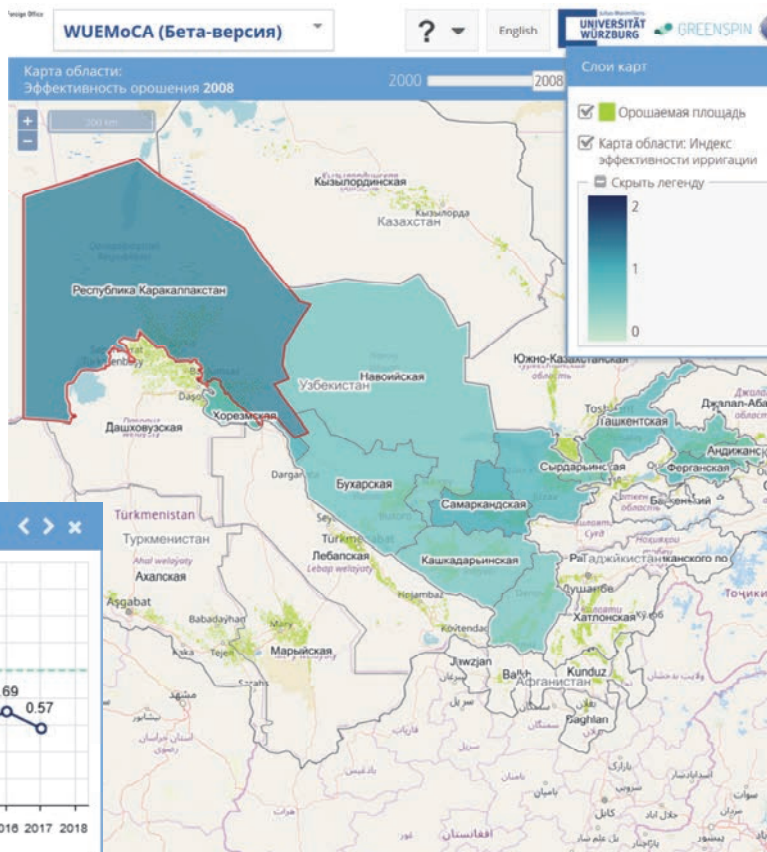


*Водообеспеченность в сравнении с эффективностью орошения. Данные показатели рассчитаны для областей Узбекистана и усреднены в динамике. Для этого данные WUEMoCA по областям экспортируются в программу расчётных таблиц в формате Excel для дальнейшего анализа.*

Значительные различия указывают на области с высокими потерями воды.



Водообеспеченность бассейна Аральского моря (2013 г.)  
Масштаб: стандартный растр 5 км \* 5 км (инструмент WUEMoCA)



Карта эффективности орошения областей Узбекистана (интерфейс WUEMoCA). Линейный график демонстрирует динамику по годам по Республике Каракалпакстан. Высокие значения эффективности орошения означают засушливые годы (например, 2001, 2008, 2011 гг.).

# Дополнительная информация, освещаемая WUEMoCA

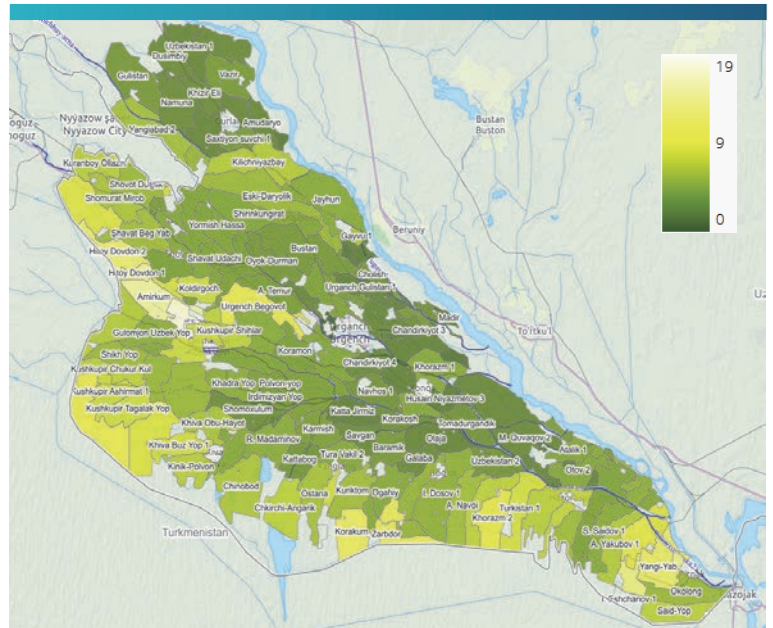
## Пример 1

### Частота неиспользования

WUEMoCA позволяет отслеживать и анализировать те части пахотных угодий на крупных массивах орошения в бассейне Аральского моря, которые используются крайне нерегулярно. Причины разнообразны. Чаще всего это обусловлено проблемами управления водой, инфраструктурой или факторами типа засоления почвы или консервации земель. В такой ситуации оказываются в первую очередь те участки массивов, которые удалены от магистральных каналов.

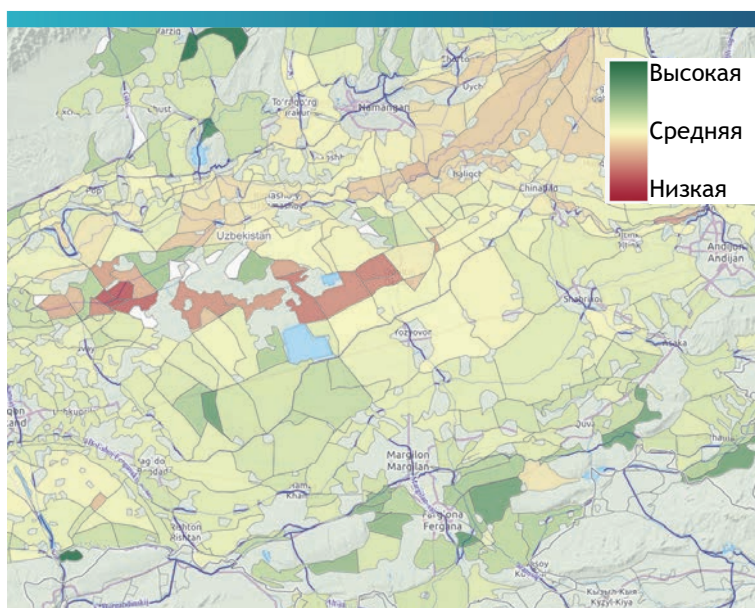
Показатель частоты неиспользования земель рассчитывается как среднее количество лет, в течение которых орошаемая земля не культивировалась за период наблюдений WUEMoCA (2000-2018). Показатель доступен для регулярных растров размером 5 км на 5 км для всей территории бассейна Аральского моря и Ассоциаций водопользователей в двух пилотных зонах (на карте показана одна из них – Хорезмская область).

Карты, которые показывают подобное многолетнее распределение, помогают локализовать территорию, которой грозит консервация. Таким территориям могут потребоваться инвестиции в инфраструктуру орошения и дренажа или показано применение альтернативных видов землепользования (например, агролесоводство).



Пример 1: Частота неиспользования земель (количество лет неиспользования) на территории Ассоциаций водопользователей (АВП) Хорезмской области.

АВП, получающие воду из Амударьи и магистр. каналов, демонстрируют высокую интенсивность землепользования. Участки АВП, которые удалены от реки зачастую не используются. WUEMoCA помогает выявить подобные территории и обозначить возможные причины неурожая.



Пример 2: Продуктивность воды для хлопка ( $кг/м^3$ ) в 2008 году, по контурам подвешенных зон каналов Ферганской долины.

Красный цвет обозначает низкую продуктивность воды. Зелёный цвет демонстрирует высокую продуктивность воды («больше урожая на единицу воды») и более высокий уровень устойчивости урожая относительно всего БАМ.

## Пример 2

### Продуктивность воды

определяется как урожай культуры в расчёте на  $кг/м^3$  потреблённой воды (измеряется фактической эвапотранспирацией). Данные WUEMoCA могут использоваться в качестве дополнения к показателю «Изменения в эффективности водопользования с течением времени» в рамках Шестой цели устойчивого развития ООН.

Данные о продуктивности могут использоваться для оценки и сравнения уровней водопользования в рамках оросительных систем на территории бассейна Аральского моря. Так, водохозяйственные организации могут оценить урожайность в подвешенных зонах каналов, т.е. результативность использования различных источников воды, включая грунтовые воды и осадки.

Карты, демонстрирующие различные уровни продуктивности орошения, помогают локализовать зоны риска с целью минимизации риска потери урожая и экономии водных ресурсов.

# Анализ данных пользователя

## ИНСТРУМЕНТЫ ПОЛИГОНА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ:

совместная разработка специалистов Германии и Узбекистана, которая расширяет возможности использования WUEMoCA в Центральной Азии и Афганистане

### Зачем нужен инструмент полигона пользователя?

- ≈ Восполнение недостающих данных дополнительной статистикой
- ≈ Анализ конфиденциальных (гидрологических) данных без риска раскрытия
- ≈ Мониторинг эффективности орошения в течение сезона
- ≈ Дополнительный анализ на основе подробных отчётов
- ≈ Возможность добавления дополнительных функций (новые показатели, уточненные формулы расчёта, дополнительные параметры и др.)

### Функции инструментов полигона пользователя

- 1 Панель управления полигонами и инструментами
- 2 Моментальная обработка всех показателей для пользовательских полигонов (любой объект)
- 3 Инструмент расчёта эффективности орошения (форма ввода дополнительной статистики по воде)
- 4 Инструмент расчёта продуктивности (с использованием доп. статистики по культурам, воде, ценам и урожаю)

### Добавление объектов пользователя

Во-первых, WUEMoCA поддерживает добавление пользовательских контуров, например, зоны водопользования или планирования орошения. Все базовые показатели автоматически агрегируются до пользовательского полигона.

### Расчёт дополнительных показателей

Во-вторых, WUEMoCA позволяет создавать собственные показатели продуктивности культур и эффективности водопользования. Возможно создание доп. показателей как для уже доступных контуров, так и для пользовательских полигонов путём добавления статистических данных, необходимых для тех или иных зон. Все входные данные, основанные на дистанционном зондировании, в случае необходимости корректируются.

The screenshot displays the WUEMoCA (Beta version) interface. It features a central map with a red polygon representing a user-defined area. On the left, there are navigation and control panels. On the right, a sidebar contains tools for managing polygons and calculating indicators. In the foreground, two windows are open: one for entering irrigation efficiency data (labeled '3') and another for calculating productivity (labeled '4'). A 'Calculate Indicator' dialog box shows a result of 33% (labeled '2').

Интерфейс WUEMoCA с активированными инструментами полигона пользователя

### Пример 3

## Эффективность орошения

выражается в виде отношения уровня водопотребления культурами (измеряется с помощью фактической эвапотранспирации  $ET_{act}$ ) к водоподаче (данные добавляются пользователем).

Для отслеживания эффективности орошения любого участка, пользователь может вводить даже декадные данные по водоподаче (см. форму ввода **3**). Декадные значения  $ET_{act}$  доступны в базе данных WUEMoCA и автоматически агрегируются до нужного полигона пользователя.

После расчёта все входные параметры и результаты можно загрузить в формате таблицы Excel. На данный момент в виде графиков WUEMoCA отображает только годовые результаты.

	A	C	L	M	N	O	P	Q
1	name	year	etf_m4_1	vir_m4_1	wf_m4_1	etf_m4_2	vir_m4_2	wf_m4_2
2	Kattakurgan District	2000	26.852	1.03	9.14	31.416	1.05	10.51
3	Kattakurgan District	2001	26.56	1.11	8.38	24.86	0.91	9.64
4	Kattakurgan District	2002	28.269	0.68	14.52	25.454	0.54	16.7
5	Kattakurgan District	2003	28.419	0.7	14.31	19.868	0.42	16.46
6	Kattakurgan District	2004	22.887	0.53	15.28	39.814	0.8	17.58
7	Kattakurgan District	2005	34.328	0.8	15.12	37.653	0.76	17.4
8	Kattakurgan District	2006	28.502	0.74	13.45	35.629	0.81	15.47
9	Kattakurgan District	2007	33.673	0.81	14.56	35.137	0.74	16.76
10	Kattakurgan District	2008	22.549	0.75	10.53	31.09	0.9	12.12
11	Kattakurgan District	2009	22.382	0.54	14.53	27.105	0.57	16.72
12	Kattakurgan District	2010	27.782	0.67	14.55	34.105	0.72	16.73
13	Kattakurgan District	2011	27.887	0.88	11.12	30.584	0.84	12.8
14	Kattakurgan District	2012	33.333	0.67	17.43	40.71	0.71	20.05
15	Kattakurgan District	2013	36.909	0.95	13.7	36.391	0.81	15.81
16	Kattakurgan District	2014	27.973	0.79	12.48	32.794	0.99	11.62
17	Kattakurgan District	2015	30.222	0.76	13.9	33.288	0.9	12.98
18	Kattakurgan District	2016	22.181	1.46	5.34	32.621	1.75	6.57
19	Kattakurgan District	2017	30.362	0.86	12.48	40.966	1.24	11.62
20	Kattakurgan District	2018	31.812	0.83	13.9	30.028	0.84	12.98

Загрузка результатов по эффективности орошения в виде таблицы Excel



# Экспорт данных для дальнейшего анализа и применения

## Пример анализа эффективности орошения

По Каттакурганскому району (Самаркандская область, Узбекистан) приводятся два разных анализа: с использованием декадной  $ET_{act}$  (из базы данных WUEMoCA) и статистических данных по водозабору в период с 2000 по 2018 гг., экспортированных в таблицу Excel и проанализированных с помощью её диаграмм.



**Левая диаграмма:** Многолетний показатель  $ET_{act}$ , водозабор и итоговая эффективность орошения в Каттакурганском районе с 2000 по 2018 гг. В засушливые годы (например, 2001, 2008 и 2017 гг.) при малом водозаборе повышается эффективность орошения.

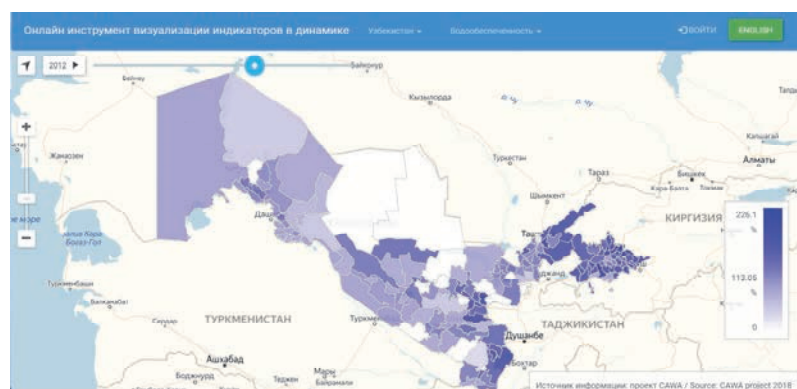
**Правая диаграмма:** Внутригодовая декадная динамика показателя эффективности орошения в минимаксных пределах, синим и оранжевым обозначены соответственно маловодный год (2001) и многоводный год (2012). Очевидно, при засухе ограниченные ресурсы используются более эффективно.

## Совершенствование расчетов

Для получения более надежных результатов в расчётную формулу можно добавить дополнительные входные параметры (например, вклад грунтовых вод или дождевых осадков).



## Интеграция данных и дальнейшие разработки



Информация НИЦ МКВК, полученная с помощью данных WUEMoCA

## Использование данных WUEMoCA в региональном ПО

На основе WUEMoCA НИЦ МКВК разработал упрощённый онлайн-инструмент (<http://cawater-info.net/data>) для дополнительного толкования показателей WUEMoCA с помощью карт. Инструмент визуализирует ежегодные показатели эффективности с помощью цветочкодированных карт. Карты генерируются на основе базовых данных по административным границам. Эффективность расчётного метода в инструменте обеспечивается за счёт использования данных WUEMoCA в качестве входных.

**Возможное применение.** WUEMoCA разрабатывается в масштабе всего региона. Данный инструмент может значительно облегчить работу водохозяйственных управлений высокого уровня в странах бассейна Аральского моря. Так, инструмент можно использовать для сравнения базовых данных и расчетов с собственными системами организаций Центральной Азии и Афганистана. WUEMoCA позволяет загружать данные и использовать их в «собственных» инструментах.

С научной точки зрения данные и показатели WUEMoCA можно применять в моделировании, например, комплексные модели для сценариев развития бассейна Аральского моря (ASBmm), разработанном Научно-информационным центром Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии (НИЦ МКВК).

Инструмент WUEMoCA разрабатывался на основе программного обеспечения с открытым исходным кодом. Код находится в свободном доступе, поэтому им может воспользоваться любой желающий, в т.ч. исследовательские институты и университеты региона. На основе данного кода талантливые и мотивированные студенты могут продолжать совершенствование технологий дистанционного зондирования и веб-картографирования. Первые результаты можно наблюдать в летних школах CAWA, которые проводятся каждый год на базе Казахстанско-Немецкого университета в г. Алматы (Казахстан).

# Схема выборочного обследования действия по оптимальному картографированию посевов с/х культур

WUEMoCA — это региональный информационный инструмент. На локальном уровне возможно получение только объективных приближенных оценок актуальной ситуации по распределению культур.

**Апробация и построение местной сети опорных точек.** Для повышения качества аппроксимации и эффективности инструмента WUEMoCA на локальном уровне была разработана схема выборочного обследования. Её цель — сбор информации по отдельным сельскохозяйственным площадям, которая, в свою очередь, помогает улучшить классификацию WUEMoCA и апробировать результаты. Схема состоит из трёх компонентов:

- A Формализованная стратегия обследования
- B Использование спутниковых данных Landsat 30м
- C Процесс цифрового анализа на основе открытого исходного кода «R»

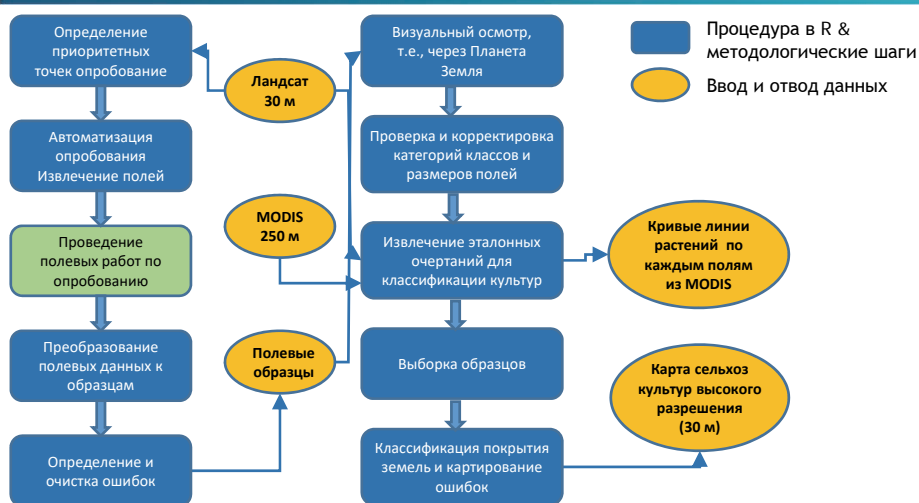
Данная схема готова к использованию на всех массивах орошения в БАМ и может применяться в сотрудничестве с коллегами из региона.

## Сотрудничество и инструктаж.

Партнёры CAWa проводили полевые исследования в Ферганской долине, Хорезмской области, регионах Центрального Узбекистана, а также в Южном Казахстане. Вюрцбургский университет (Германия) занимался проведением обучения.

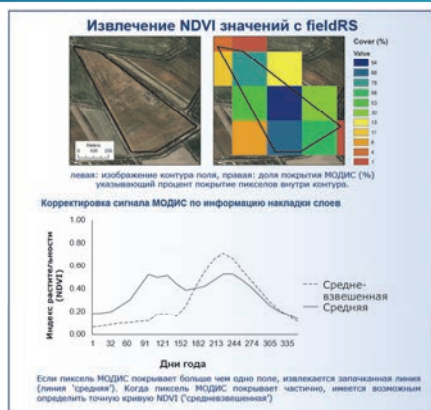
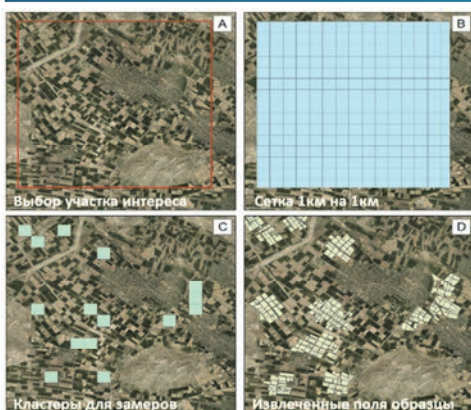
## Внимание: сбор и интеграция локальной информации с помощью нового рабочего алгоритма WUEMoCA!

Предложенную схему можно использовать для всех систем орошения бассейна Аральского моря. Для этого потребуется местный университет-партнёр и региональные эксперты с базовым знанием ГИС. При необходимости существует возможность проведения обучения.



«fieldRS». Данное ПО типа «R» с открытым кодом было разработано с целью недопущения ошибок в процессе картографирования до и после сбора полевых данных. ПО основывается на Landsat пре-стратификации изучаемой области, стандартной процедуре картографирования и ряде геостатистических инструментов для проверки образцов и маркеров.

«CAWaR». В качестве входных данных для процедур картирования WUEMoCA лучше всего подходят единообразные данные. Данное ПО типа «R» интегрирует данные полевых исследований с данными Landsat и MODIS для получения безупречных профилей NDVI, которые используются для классификации, а также для получения карт высокого разрешения для апробации.



- Слева:** Подборка оптимальных кластеров для отбора проб с использованием R-библиотеки fieldRS. Кластеры должны находиться близ дорог и включать разные участки для обследования (интернет-источник: <https://cran.r-project.org/web/packages/fieldRS>).
- В центре:** Снижение шума в сигнале MODIS для извлечения исходных профилей (интернет-источник: <https://cran.r-project.org/web/packages/CAWaR>).
- Справа:** Полученные в результате карты высокого разрешения обеспечивают информацию для апробирования и помогают избежать ошибок в классификации MODIS.



Орошаемые поля  
Фото: Джефф Вейнуга (Министерство сельского хозяйства США)

## От данных дистанционного зондирования до выработки обоснованных решений

Дефицит водных ресурсов на территории бассейна Аральского моря, постоянные нагрузки сельского хозяйства, рост населения и изменение климата сигнализируют о будущих конфликтах во всех секторах водопользования. Эффективная система орошаемого земледелия способствует стабильному развитию региона. Оптические данные дистанционного зондирования типа MODIS дают всю необходимую информацию для мониторинга орошаемых угодий на региональном и ландшафтном уровнях. Инструмент WUEMoCA предоставляет

актуальные для сельского хозяйства пространственно-временные геоданные, тем самым способствуя эффективному планированию водопользования. В круг потенциальных пользователей входят лица, вырабатывающие политику, и советники на уровне правительств, лица, принимающие решения на трансграничном и региональном уровне, а также специалисты, занимающиеся анализом устойчивого управления земельными и водными ресурсами на базе геоинформационных технологий и дистанционного зондирования.

### Области применения WUEMoCA

- ≈ Геоинформационный инструмент, который помогает специалистам в области земле- и водопользования понять, куда уходит речная вода, и использовать воду более эффективно и экономно
- ≈ Повышение информированности населения в вопросах экологии на политическом и общественном уровнях, напр. :
  - ≈ оценка рисков изменения климата и развитие стратегий адаптации к данным изменениям
  - ≈ защита и восстановление окружающей среды
- ≈ Дополнительная помощь в принятии обоснованных решений и оказание поддержки в управлении
- ≈ Система сбора, анализа и распространения данных об окружающей среде всего бассейна Аральского моря

## Выходные данные

### Участники консорциума WUEMoCA:

- Факультет дистанционного зондирования, Университет Вюрцбурга (Германия)
- Отделение геоэкологии, Университет Галле-Виттенберг (Германия)
- Компания «грин спин ГмБХ», г. Вюрцбург (Германия)
- Научно-информационный центр Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии Центральной Азии (НИЦ МКВК), г. Ташкент (Узбекистан)

### Инструмент WUEMoCA является совместной разработкой:

- проф. д-ра Кристофера Конрада (Университет Галле-Виттенберг)
- проф. д-ра Виктора А. Духовного (НИЦ МКВК, г. Ташкент)
- Гюнтера Шорхта (компания «грин спин ГмБХ», г. Вюрцбург)

### и сотрудников их научных групп:

- Заитов, Шезорд (НИЦ МКВК, г. Ташкент)
- Кенжабаев, Шавкат, д-р (НИЦ МКВК, г. Ташкент)
- Курбанова, Клара (НИЦ МКВК, г. Ташкент)
- Мёллер, Маркус, д-р (Университет Вюрцбурга)
- Морпер-Буш, Люция (Университет Вюрцбурга)
- Муминов, Шезорд (НИЦ МКВК, г. Ташкент)
- Нецбанд, Майк, д-р (Университет Вюрцбурга)
- Ремельгадо, Рубен (Университет Вюрцбурга)
- Рузиев, Ислон (НИЦ МКВК, г. Ташкент)
- Солодкий, Георгий Ф. (НИЦ МКВК, г. Ташкент)
- Сорокин, Анатолий Г., д-р (НИЦ МКВК, г. Ташкент)
- Сорокин, Денис (НИЦ МКВК, г. Ташкент)
- Стулина, Галина В., д-р (НИЦ МКВК, г. Ташкент)
- Ташпулатов, Рустам (НИЦ МКВК, г. Ташкент)
- Усманова, Ойгуль (НИЦ МКВК, г. Ташкент)
- Хилл, Стивен (Университет Вюрцбурга)
- Хюнеке, Ронья (Университет Галле-Виттенберг)
- Шонбродт-Ститт, Сара, д-р (Университет Вюрцбурга)
- Эргашев, Икром, д-р (НИЦ МКВК, г. Ташкент)

### Буклет о проекте WUEMoCA подготовлен:

проф. д-ром Кристофером Конрадом (Университет Галле-Виттенберг)  
Люцией Морпер-Буш (Университет Вюрцбурга)

д-ром Майком Нецбандом (Университет Вюрцбурга)

д-ром Майком Тойчер (Университет Галле-Виттенберг)

д-ром Сарой Шонбродт-Ститт (Университет Вюрцбурга)

Гюнтером Шорхтом («грин спин ГмБХ», г. Вюрцбург)

проф. д-ром Виктором Духовным (НИЦ МКВК, Ташкент)

Настоящий буклет составлен на основе результатов исследований, проводимых участниками консорциума WUEMoCA в рамках проекта «Вода в Центральной Азии» (CAWA). Мнения, выраженные в издании, принадлежат его авторам и могут не отражать позицию партнёрских организаций и правительств государств.

При цитировании ссылаться на:

Конрад, К., Морпер-Буш, Л., Нецбанд, М., Тойчер, М., Шонбродт-Ститт, С., Шорхт, Г., Духовный, В., 2019. WUEMoCA - Мониторинг эффективности водопользования в Центральной Азии: обоснованная выработка решений в вопросах земле- и водопользования. Информационный проспект проекта «Вода в Центральной Азии». 10.25972/OPUS-19200

Инструмент WUEMoCA и информационный материал к нему на русском и английском языках размещен на сайтах:

<http://wuemoca.net>

<http://wuemoca.geographie.uni-wuerzburg.de>

### Благодарность

Министерство иностранных дел Германии обеспечило поддержку мероприятий по реализации описанного проекта и подготовке данного буклета в рамках «Немецкой водной инициативы для Центральной Азии» (т. н. «Берлинского процесса»).



MARTIN-LUTHER  
UNIVERSITÄT  
HALLE-WITTENBERG



Федеральное  
министерство  
иностраннных дел

