

## ВНЕДРЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ В УПРАВЛЕНИЯ ВОДОЙ И ОРОШАЕМЫМ ЗЕМЛЕДЕЛИЕМ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

<sup>1</sup>Духовный В.А., <sup>1</sup>Стулина Г.В., <sup>1</sup>Сорокин А.Г., <sup>1</sup>Сорокин Д.А.,

<sup>1</sup>Кенжебаев Ш.М., <sup>1</sup>Зайтов Ш., <sup>2</sup>Конрад Кристофер

<sup>1</sup>НИЦ МКВК, Ташкент, Узбекистан;

<sup>2</sup>Университет Вюрцбург, ФРГ

***Аннотация.** Начиная с 2000 года, сотрудники НИЦ МКВК совместно с немецкими партнерами из ряда немецких университетов начали осваивать дистанционные методы оценки динамики ландшафтов, использования водных ресурсов и повышения эффективности орошаемого земледелия. За прошедшие годы этими методами решены много практических задач, ранее непосильных существующим методам наземной оценки. В настоящее время специалисты НИЦ МКВК совместно с учеными из Университета Вюрцбург (ФРГ) создали комплексный инструмент – **портал WUEMOCA**, позволяющий оценивать в режиме реального времени эффективность использования воды и земли, а также, используя данные многолетних космических наблюдений, усовершенствовать методологию консультативной службы фермеров, ранее известную как программирование урожая.*

***Ключевые слова:** дистанционные методы, интегрированное управление водными ресурсами, орошаемое земледелие*

## INTRODUCTION OF REMOTE METHODS IN WATER MANAGEMENT AND IRRIGATED AGRICULTURE IN CENTRAL ASIA

<sup>1</sup>Dukhovny V. A., <sup>1</sup>Stulina G. V., <sup>1</sup>Sorokin A. G., <sup>1</sup>Sorokin D. A.,

<sup>1</sup>Kenzhebaev Sh. M., <sup>1</sup>Zaitov Sh., <sup>2</sup>Konrad Christopher

<sup>1</sup>SIC ICWC, Tashkent, Uzbekistan;

<sup>2</sup>University of Wurzburg, Germany

***Abstract.** The article discusses the use of remote sensing methods for solving practical problems of assessing the dynamics of landscapes, the use of water resources and increasing the efficiency of irrigated agriculture. Scientists from Uzbekistan and Germany have created a comprehensive tool - the WUEMOCA portal, which allows assessing the efficiency of water and land use in real time. The data can be used to consult farmers in order to obtain programmed yields. The method improves the methodology of the Farmer Advisory Service, formerly known as crop programming.*

***Key words:** remote sensing methods, integrated water resources management, irrigated agriculture*

### Область применения дистанционных измерений в отрасли

Внедрение интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР) базируется на применении Бассейнового подхода и требует для своего успешного применения постоянного сбора информации, как во временном измерении, так и в пространственно-площадно-высотном. Факторы и процессы формирования водных ресурсов, так же как и их использования, до последнего времени анализировались на основе бумажных цифровых данных, не всегда охватывающих полный состав информации и многосторонний характер взаимодействия факто-

ров. Дискретность сбора данных не всегда создавала целостную и непрерывную картину происходящего. Кроме того явления, происходящие в бассейне, как под влиянием воды, так и вследствие антропогенного влияния, изменения климата постоянно воздействуют на изменение наблюдаемых характеристик и требуют их фиксирования на площади и в течение времени. Все это выдвигает использование дистанционных методов распознавания объектов и образов в ряд первоочередных задач организации информационной системы бассейна. Современные требования к управлению бассейнами рек включают как наблюдения за стационарно происходящими естественными изменениями явлений, так и требования к учету тех изменений, которые происходят под действием антропогенного давления. Дистанционные измерения значительно расширяют возможность наблюдения, анализа и более быстрого реагирования на происходящие изменения, особенно в условиях нарастания экстремальных явлений: паводков, засух, дейгиша и т.д. Одновременно они позволяют оценивать результаты и воздействия на природу мероприятий, намеченных для роста продуктивности воды и земли.

Первостепенное значение среди этих мероприятий принадлежит мелиорации, особенность которой состоит не только в необходимости учитывать природную изменчивость факторов, определяющих природные требования (капиллярные свойства, глубина и мощность грунтовых вод, залегание различных грунтовых слоев, в том числе водоносных горизонтов, засоления почв и минерализации грунтовых вод, наличие напорных вод и т.д.). Главное – после завершения строительства возникает острая необходимость в постоянном (или периодическом) контроле над их работоспособностью, за эффективностью и достижением проектных (необходимых) показателей водоотведения и регулирования уровня грунтовых вод и засоления. Особенностью всех этих мероприятий являются пределы их пространственного распространения, изменчивость всех этих характеристик и явлений, которые являются требованиями к дистанционным измерениям по точному определению их границ. Водные измерения имеют свои особенности, но в определенной степени также могут выполняться с помощью дистанционных измерений. В первую очередь, это относится к границам бассейна и определению зон водосбора, рассеивания, использования, а также различных водных объектов, к определению параметров смешиваемых потоков, к построению батиметрических кривых, к динамике снегового покрова и границ обледенения, а также к изменению положения и параметров рек, озер, ручьев и т.д. По мере развития работ по дистанционным измерениям появились возможности вовлечения новых ранее недоступных характеристик, таких, например, как водообеспеченность территории. При этом характеристики водообеспеченности могут быть прослежены за продолжительный период и проанализированы, является ли это случайным явлением или характеристикой данной зоны, что наталкивает на поиск причин недостаточной или излишней водообеспеченности.

### **Особенности работы инструмента WUEMOCA**

Созданный механизм WUEMOCA (Water use efficiency model) включает в себя набор и анализ результатов наблюдений, выполненных со спутников

MODIS и Landsat, которые представляют пользователю как динамику площадей под разными культурами, так и их уровней, водообеспеченности, занятости площадей и т.д. С помощью этого набора показателей можно определить КПД системы, использование земель под посевы повторных культур и т.д. Хотя этот механизм еще не доведен до совершенства с точки зрения точности представленных результатов, но именно WUEMOCA может быть преобразован для контроля за техническим процессом формирования урожая и его обеспеченности различными факторами.

WUEMOCA – это набор технологий с базой данных, направленных на обеспечение онлайн инструмента для региональных оценок эффективности водопользования на всех обширных массивах орошения в нижней части трансграничного бассейна Аральского моря. Основная цель – обеспечить информацию об урожайности основных культур, а именно хлопка, риса и пшеницы на основе свободно доступных данных дистанционного зондирования (Landsat 30 м, MODIS 250 м) и метеорологических данных (ECMWF), агрегированных на разных уровнях, от районов до зон планирования и областей. С помощью этой части инструмента можно определить отрицательные тенденции развития (раннее предупреждение и локализация признаков сельскохозяйственной засухи, нехватки урожая).

WUEMOCA обладает потенциалом обеспечения и использования ГИС и спутниковых снимков для оценки многих параметров, в том числе покрытия сельскохозяйственными культурами, состояния поверхности, состояния посевов через MDVI, листового индекса и т.д. Существующие модели позволяют рассчитать эвапотранспирацию растений и ее ущерб от обеспеченности водой. Оценка продуктивности воды и других ресурсов проводится на основе анализа параметров состояния посевов, получаемых с космических снимков. Важность такого анализа заключается в том, что продуктивность и эффективность водных ресурсов оценивается как на уровне областей, районов, АВП, так и отдельных конкретных полей. Кроме того, такой подход позволяет проводить оценку в течение вегетации и корректировать ситуацию. Предлагаемый анализ преследует несколько промежуточных оценок, окончательной целью которых является определение индикаторов, которые позволили бы оценивать продуктивность воды. Набор индикаторов включает: NDVI – индекс вегетационного покрытия; ET<sub>c</sub> – расчетная эвапотранспирация, определяемая по методике REQWAT (НИЦ МКВК); ET<sub>a</sub> – эвапотранспирация, полученная моделированием (S-SEBI) с имеющихся спутниковых снимков; F1факт – фактическая водоподача (статистические данные); F2факт к – фактическая водоподача с учетом КПД систем; F3факт к + GW + Rain – фактическая водоподача с учетом участия грунтовых вод, осадков и КПД системы; Fплан – водоподача плановая.

### **Результаты исследований**

Исследования различных показателей орошения были проведены на уровне районов и областей за период с 2012 по 2016 годы. В данной работе приведены средние результаты по областям Узбекистана.

## **Анализ фактической эвапотранспирации ЕТа**

Фактическая эвапотранспирация, полученная с помощью космических снимков, характеризует реальную величину транспирации растений и физическое испарение с поверхности почвы. Из изученных подходов для получения ЕТфакт (ЕТа) и затем определения водного стресса при развитии растения только подход S-SEBI может быть использован с учетом имеющихся данных и информации по всей зоне проекта. Для него не требуются данные наземных наблюдений, и была доказана его пригодность для больших зон. Для определения фактической эвапотранспирации использовались следующие наборы из системы хранения данных: спутниковые MODIS (температура на поверхности земли, NDVI, альbedo), климатические (радиация, температура, осадки и относительная влажность) и коэффициенты прозрачности атмосферы по эмпирическим моделям с использованием числа часов солнечного сияния в день. Величина ЕТа незначительно меняется по областям, колеблясь от 600 до 900 мм в год. Наименьшие значения показаны в Андижанской, Ферганской, Ташкентской и Сырдарьинской областях. Самые большие значения в Хорезмской области и в Каракалпакстане, остальные области имеют промежуточные значения (рис.1). Анализ водообеспеченности возможно проводить по нескольким соотношениям параметров:  $E_{Ta} / E_{Tc}$ ;  $F3_{\text{факт}} / E_{Tc}$ ;  $F1_{\text{факт}} / W_{\text{план}}$ , где:  $E_{Ta}$  – замеренная эвапотранспирация;  $E_{Tc}$  – расчетная эвапотранспирация;  $F1_{\text{факт}}$  – фактическая водоподача, статистические данные БУИС, УИС;  $F3_{\text{факт}} = F1_{\text{факт}} + GW + \text{Rain}$  – фактическая водоподача с учетом в балансе участия грунтовых вод и осадков, и КПД системы;  $F_{\text{план}}$  – плановая водоподача, статистические данные БУИС, УИС.

Соотношение  $E_{Ta} / E_{Tc}$  показывает, что обеспечение водными ресурсами неодинаково по областям. Излишне обеспеченными в большой степени оказываются области, находящиеся в голове рек и каналов: Андижанская, Наманганская, Ферганская с величиной  $E_{Ta} / E_{Tc}$  более 1. Только в некоторые годы оказываются обеспечены остальные области, за исключением Хорезмской, Бухарской, Навоийской областей и Каракалпакстана с величиной обеспеченности равной 0.6-0.7.

### **Перспективы использования инструментов дистанционного зондирования**

Преимуществом дистанционных методов зондирования (ДЗЗ), является возможность получения большей части основных характеристик водного хозяйства и орошаемого земледелия в широком площадном масштабе, а также определения динамики временных оценок, насколько это позволяет частота получения спутниковых снимков. В регионе ранее культивировалось повышение продуктивности земель путем программирования урожая. Программирование урожая (ПУ) – это разработка комплекса взаимосвязанных агротехнических и мелиоративных мероприятий, своевременное и высококачественное выполнение которых обеспечивает получение заранее рассчитанного урожая при одновременном повышении почвенного плодородия и улучшении экологической обстановки

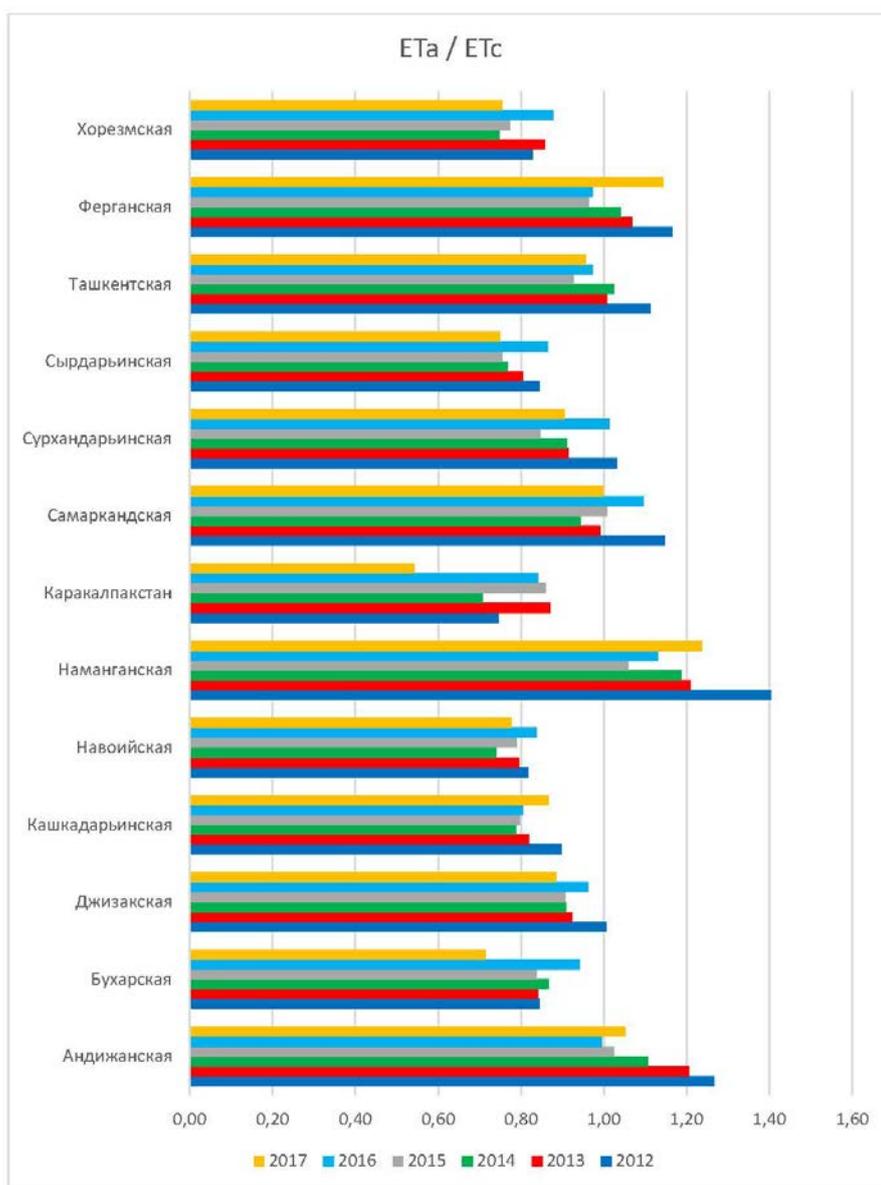


Рисунок 1 – Динамика показателя водообеспеченности по областям Республики Узбекистан

ДЗЗ значительно расширяет возможности применения программирования урожая. ДЗЗ является тем инструментом, с помощью которого многочисленные факторы продуктивности земель могут не только определяться по конечным результатам вегетации - что привело к потере урожая, но и контролироваться в течение всей вегетации.

Сочетание программирования урожаев с использованием ДЗЗ призваны сделать работу целенаправленной, повысить технологическую дисциплину, обеспечить более эффективное использование почвенно-климатических ресурсов, выделяемых средств на мелиорацию, химизацию и механизацию, улучшить экономику и доходы сельхозпроизводителей.

#### Список использованных источников

1. Духовный В.А., Стулина Г.В., Нерозин С.А., Солодкий Г.Ф. Программирование урожая сельхозкультур, Ташкент, 2016. – 179 с.

2. Бондаренко И.Ф., Жуковский Е.Е. Моделирование продуктивности агросистем. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 264 с.
3. Нерпин С.В., Чудновский А.Ф. Энерго- и массообмен в системе «растение – почва – воздух». – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 385 с.
4. Сиротенко О.Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивности агроэкосистем. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 164 с.
5. Шатилов И.С., Чудновский А.Ф. Агрофизические, агрометеорологические основы программирования урожая. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 316 с.

#### References

1. Dukhovny V.A., Stulina G.V., Nerozin S.A., Solodkiy G.F. Crop harvest programming, Tashkent, 2016. - 179 p.
2. Bondarenko I.F., Zhukovsky E.E. Modeling the productivity of agricultural systems. - L.: Gidrometeoizdat, 1982. - 264 p.
3. Nerpin S.V., Chudnovsky A.F. Energy and mass exchange in the "plant -soil - air " system. - L : Gidrometeoizdat, 1975. - 385 p.
4. Sirotenko O.D. Mathematical modeling of water-thermal regime and productivity of agroecosystems. - L.: Gidrometeoizdat, 1981. - 164 p.
5. Shatilov I.S., Chudnovsky A.F. Agrophysical, agrometeorological foundations of crop programming. - L.: Gidrometeoizdat, 1980. 316 p.

УДК 574.58:528.8

DOI 10.37738/VNIIGIM.2020.31.42.045

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА ДЖАМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА

**Иванова В.И.**

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», Калмыцкий филиал, г. Элиста, Россия

*Аннотация.* В работе представлены результаты комплексных исследований экологического состояния озера Джама Республики Калмыкия с помощью методов дистанционного зондирования. Изучен состав растительных сообществ прибрежной территории озера, определены доминирующие виды высших сосудистых растений, проведен анализ состояния растительности. Общая минерализация воды за весенне-осенний период в озере Джама в 2018 году варьировала от 164,16 г/л до 355,00 г/л, в 2019 году – от 225,54 г/л до 387,23 г/л, при этом площадь водного зеркала менялась от 4,63 км<sup>2</sup> до 2,90 км<sup>2</sup> и от 4,18 км<sup>2</sup> до 3,87 км<sup>2</sup>, соответственно.

*Ключевые слова:* озеро Джама, минерализация воды, растительность, площадь водной поверхности, ассоциации

## ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL CONDITION OF LAKE JAMA USING REMOTE MONITORING METHODS

**Ivanova V.I.**

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Kalmykia branch, Elista, Russia