

Научная статья

Original article

УДК 631.6 : 528.77

DOI:10.24412/2588-0209-2021-10439

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ  
МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ В СООТВЕТСТВИИ С ЦЕЛЯМИ  
ЦИФРОВОЙ МЕЛИОРАЦИИ**

IMPROVING THE METHODOLOGY FOR MONITORING THE STATE OF  
RECLAMATION SYSTEMS AND FACILITIES IN ACCORDANCE WITH THE  
GOALS OF E- RECLAMATION



**Зверьков Михаил Сергеевич**, кандидат технических наук, ученый секретарь, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»» (140483, Московская область, Коломенский городской округ, поселок Радужный, 33А), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8348-4391>, [rad\\_sc@bk.ru](mailto:rad_sc@bk.ru)

**Zverkov Mikhail Sergeevich**, candidate of technical sciences, scientific secretary, senior researcher, All-Russia Scientific and Research Institute for Irrigation and Farming Water Supply Systems «Raduga» (38, Raduzhnyj, Kolomna city district, Moscow region, Russia, 140483), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8348-4391>, [rad\\_sc@bk.ru](mailto:rad_sc@bk.ru)

**Аннотация.** При эксплуатации мелиоративных объектов возникает необходимость регулярного наблюдения за показателями их состояния. Анализ

этих показателей требует регулярной их актуализации, которая на практике часто встречает трудности. Решение проблемы возможно с помощью цифровизации отрасли. Одним из направлений цифровой мелиорации может быть разработка цифровых информационных моделей мелиоративных объектов на эксплуатационном этапе их жизненного цикла. Для этого необходим сбор и анализ больших данных, который возможен в том числе с использованием современных технологий, например, дистанционного зондирования Земли, беспилотных летательных аппаратов. В статье в общем виде предложен и рассмотрен алгоритм мониторинга мелиоративного объекта с помощью дистанционных технологий, который может использоваться в качестве базы для разработки подробных алгоритмов создания цифровых моделей гидромелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений. Приводятся результаты обследования участка гидромелиоративной системы в 2020–2021 годах, орошаемого дождевальными машинами кругового действия. Отмечается, что полученные в результате обследования данные могут быть использованы для наполнения цифровой модели мелиоративного объекта, ретроспективного анализа эффективности и безопасности его эксплуатации.

**Abstract.** During the operation of reclamation systems and facilities, it becomes necessary to monitor the indicators of their condition regularly. The analysis of these indicators requires their regular updating, which encounters difficulties in practice often. The solution of the problem is possible through the digitalization of the reclamation. One of the areas of digital reclamation (e-reclamation) can be the development of digital information models of reclamation systems and facilities at the operational stage of their life cycle. This requires the collection and analysis of big data. The collection is possible with the use of modern technologies, for example, remote sensing of the Earth, unmanned aerial vehicles. The algorithm for monitoring a reclamation systems and facilities using remote technologies is proposed and considered in a general form in the article. This algorithm can be used as a basis for the development of detailed algorithms for creating digital information models of irrigation and drainage systems and separately located hydraulic structures (facilities). The results of the inspection of a center-pivot

irrigation system in 2020–2021 are presented in the article. It is noted that the data obtained as a result of the inspection can be used for the creation of digital information model of the reclamation system and for retrospective analysis of the efficiency and safety of its operation.

**Ключевые слова:** цифровое сельское хозяйство, цифровая мелиорация, мелиорация, мелиоративный объект, дистанционное зондирование Земли, цифровая информационная модель.

**Keywords:** e-agriculture, digital land reclamation, e-reclamation, land reclamation, reclamation system and facility, Earth remote sensing, digital information model.

### Введение

При эксплуатации мелиоративных объектов возникает необходимость регулярного наблюдения за показателями их состояния, которые в большинстве случаев включают характеристику технического и мелиоративного состояния гидромелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений. Федеральный закон № 4-ФЗ от 10 января 1996 г. «О мелиорации земель» (с изменениями на 8 декабря 2020 года) в соответствии со статьями 18, 20, 21, 23 устанавливает, что деятельность федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области мелиорации земель включает: паспортизацию мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений; организацию учета и проведение мониторинга мелиорированных земель; проведение государственной экспертизы проектной документации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений; проведение мероприятий по контролю за состоянием мелиорированных земель при осуществлении государственного земельного надзора в соответствии с законодательством Российской Федерации [1]. Федеральный закон разграничивает деятельность по наблюдению за состоянием мелиоративных объектов, в том числе проведение мониторинга их состояния.

Приказ Минсельхоза России от 31 июля 2020 года N 438 «Об утверждении Правил эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений» [2] гармонизирован с Федеральным законом от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ «О мелиорации земель», ГОСТ Р 58376-2019 «Мелиоративные системы и гидротехнические сооружения. Эксплуатация. Общие требования», Градостроительным кодексом Российской Федерации, Федеральным законом от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений», Федеральным законом от 30 декабря 2009 г. № 383-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», сводом правил «СП 421.1425800.2018 Свод правил. Мелиоративные системы и сооружения. Правила эксплуатации». В соответствии с пунктом 7 части II приказа № 438 эксплуатация включает периодический осмотр мелиоративных сетей, сооружений и оборудования, контроль за подготовкой мелиоративных сетей и сооружений к работе в вегетационный период, организацию периодических обследований, а также полных технических обследований после завершения вегетационного сезона на предмет определения конкретных видов и объемов ремонтных работ.

При инвентаризации мелиоративных объектов эксплуатационные организации, а также подведомственные Минсельхозу России федеральные государственные бюджетные учреждения по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению часто сталкиваются с необходимостью актуализации данных или с их отсутствием, а при обнаружении аварийной или чрезвычайной ситуации – с невозможностью точного и оперативного анализа причинно-следственных связей. В результате отсутствия данных о текущих характеристиках технического и экологического состояния этих объектов снижается эффективность мелиоративных мероприятий. Вопросам мониторинга мелиоративных объектов, оценке их показателей, инвентаризации мелиорируемых земель посвящены многие научные работы, например, [3, 4, 5, 6].

Приказ Минсельхоза России от 30 июня 2020 года N 367 «Об утверждении Правил содержания мелиоративных защитных лесных насаждений и особенностей проведения мероприятий по их сохранению» в соответствии с

Федеральным законом № 4-ФЗ от 10 января 1996 г. «О мелиорации земель» устанавливает, что обязанность по содержанию насаждений в надлежащем состоянии, обеспечивающем выполнение ими своих полезных функций, и по проведению мероприятий по сохранению насаждений, в том числе по охране, защите и воспроизводству насаждений, возложена на правообладателей земельных участков, на которых расположены насаждения [7]. Одним из таких мероприятий является регулярное обследование насаждений и оценка их состояния, причем в соответствии приказом N 367 при проведении таких обследований могут использоваться дистанционные способы, в том числе аэрофотоснимки.

Приказ Минсельхоза России от 30 июня 2020 года N 365 (с изменениями на 25 мая 2021 года) регламентирует получение физическими и юридическими лицами или их уполномоченными представителями сведений о наличии или отсутствии мелиорируемых земель на том или ином земельном участке (в соответствии с его кадастровым номером) [8]. При этом при осуществлении учета (инвентаризации) мелиорируемых земель практики сталкиваются с неактуальными данными или их отсутствием в мелиоративном кадастре. Очевидно, что ретроспективная и оперативная информация, получаемая в ходе дистанционного мониторинга, также может быть полезна для уточнения актуальных сведений о наличии или отсутствии мелиорируемых земель на конкретном кадастровом объекте. Степанова В.И. и Ишханова А.А. в [9] также отмечают, что мониторинг сельскохозяйственных угодий сложно организовывать из-за недостатка точных карт, неразвитой сети пунктов оперативного мониторинга, отсутствия авиационной поддержки и по другим причинам.

В последнее время Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) [10], сотрудниками научных организаций, практиками, руководителями и специалистами Минсельхоза России активно используется термин «цифровое сельское хозяйство» и применительно к мелиоративной отрасли – «цифровая мелиорация». Одним из компонентов цифровизации является сбор и анализ больших данных, в том числе с

использованием современных технологий, например, дистанционного зондирования Земли, беспилотных летательных аппаратов [11, 12]. Одним из направлений цифровой мелиорации может быть разработка цифровых информационных моделей мелиоративных объектов, например, на эксплуатационном этапе их жизненного цикла.

В.Н. Щедриным и др. в [13] отмечают, что у мелиоративного комплекса России есть все предпосылки для реализации и ускорения темпов цифровизации. В этой работе приводится методический подход применения цифровых технологий для прецизионного орошения земель. По мнению авторов, проблема информационного обеспечения мелиоративной деятельности заключается в том, что оно разрозненно и не систематизировано, не приведено к единому цифровому формату.

При реализации условий цифровой мелиорации могут применяться различные методы и средства сбора данных. В настоящее время в Российской Федерации при эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений данные об их состоянии, эффективности и затрат на эксплуатацию уже формируются в цифровом формате, но отличающегося от указанных в [26] требований. Сведения размещаются в мониторинговых системах «РадугаИнформ» [14] и в «ЕФИС ЗСН» информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (режим доступа соответственно по адресам: <https://inform-raduga.ru/gts> и <http://efis.mcx.ru/landing/>).

В работе [12] отмечается, что в настоящее время развиваются технические средства дистанционного зондирования Земли, в том числе, с помощью беспилотных летательных аппаратов, используемых для экологического контроля мелиоративных систем, контроле параметров мелиоративного режима и интенсивности роста сельскохозяйственных культур.

В работе [15] авторы Ермолаева О.С. и Зейлигер А.М. разработали методику, которая может рассматриваться в качестве современного геоинформационного инструмента анализа данных дистанционного зондирования Земли, необходимого

для локализации мест ведения орошаемого земледелия, а также анализа его функционирования.

Chance E.W. с соавторами [16] также разработали алгоритм выделения на спутниковых снимках орошаемых и неорошаемых участков с помощью нормализованного вегетационного индекса NDVI, улучшенного индекса растительности EVI и нормализованного разностного индекса влажности NDMI.

В работе [17] методы дешифрирования изображений Sentinel-2 (семейство спутников дистанционного зондирования Земли Европейского космического агентства) с высоким пространственным разрешением использовались для описания рисовых ирригационных сооружений (которые включают магистральные каналы, участковые оросительные каналы, дороги и т.д.). Опыт использования результатов спутникового мониторинга также описывается в работе [18]. Данные некоторых исследований по спутниковому мониторингу орошаемых культур свидетельствуют о значительной корреляции режимов орошения, урожайности и спектральных индексов [19, 20, 21]. Для мониторинга режима орошения известно также применение Индекса водного стресса сельскохозяйственных культур (The crop water stress index, CWSI), разработанный в Лаборатории охраны водных ресурсов Министерства сельского хозяйства США (USDA-ARS, Феникс, Аризона) [22].

Исследования систем лиманного орошения рассмотрены, например, в работах [23, 24], в которых описываются требования к исходным материалам дистанционного зондирования, порядок действий при определении площади затопления, опыт использования материалов дистанционного зондирования Земли в картографическом обеспечении мониторинга земель сельскохозяйственного назначения.

Эти и другие данные свидетельствуют об успешном и эффективном применении данных дистанционного зондирования Земли для мониторинга различных техноприродных систем. Рабочей гипотезой данного исследования является предположение, что важным элементом цифровизации отрасли должно явиться создание такой информационной модели мелиоративного объекта, с

помощью которой можно оперативно получать актуальную информацию о состоянии объекта, анализировать изменение этого состояния, выявлять возможные риски развития неблагоприятных ситуаций, анализировать масштабы и последствия возникновения чрезвычайных и аварийных ситуаций на протяжении всего жизненного цикла мелиоративной системы и отдельно расположенного гидротехнического сооружения. Это должно повысить эффективность и безопасность их эксплуатации.

Целью настоящей работы является разработка в общем виде алгоритма мониторинга эксплуатируемых мелиоративных объектов в условиях цифровизации отрасли. Актуальность данной работы обоснована тем, что у мелиоративных объектов в настоящее время отсутствуют цифровые информационные модели. Для линейных объектов капитального строительства (в том числе для линейных объектов мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений) разработка цифровых информационных моделей в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами Российской Федерации является обязательной [25, 26].

### **Методы проведения исследования**

На рисунке 1 в общем виде представлен предлагаемый автором настоящей статьи алгоритм мониторинга для использования результатов дистанционных наблюдений при анализе состояния мелиоративного объекта. На начальном этапе мониторинга составляется техническое задание на обследование мелиоративного объекта, выбирается способ получения данных (спутниковые снимки или с помощью беспилотных летательных аппаратов). Как правило, мониторинг показателей состояния мелиорируемых земель включает определение площадей (коэффициента земельного использования КЗИ, общей мелиорируемой площади, площади земель с деградиационными процессами, площади занятые линейными сооружениями и др.), наличие и тип сооружений, мелиоративной техники (например, дождевальных машин) и другие показатели.

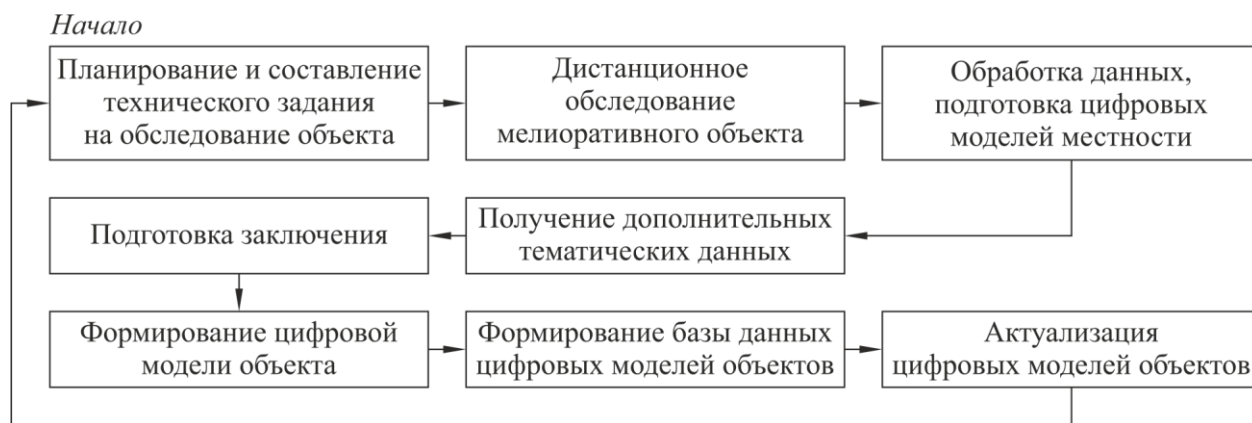


Рисунок 1. Предлагаемый алгоритм мониторинга мелиоративного объекта с помощью дистанционных технологий

Техническое задание должно отвечать целям и задачам обследования и учитывать текущую ситуацию на мелиоративной системе или гидротехническом сооружении (аварийные и чрезвычайные ситуации, развитие деградационных процессов, вегетационный период сельскохозяйственных культур, обследование для целей разработки проектов культуртехнических работ и др.). На следующем этапе проводят непосредственное обследование дистанционными методами мелиоративного объекта и получение необходимых данных (например, спутниковые снимки в различных спектральных каналах, данные фотограмметрической съемки, полученные с помощью беспилотного летательного аппарата снимки, облако точек для цифрового моделирования сооружений и др.), требуемый для построения цифровых моделей местности. Необходимо учитывать, чтобы характеристики мелиоративного объекта соответствовали требованиям, определенным в техническом задании на обследование. При необходимости дополнительно получают различные тематические данные, например, с помощью различных спектральных индексов, подобных NDVI, NDMI и др., описанным в примерах из научной литературы выше. Подготовка заключения по результатам обследования предполагает интерпретацию полученных данных и их анализ, для оценки технического, экологического или мелиоративного состояния объекта, в зависимости от целей и задач, определенных в техническом задании на обследование. Полученные

данные должны иметь цифровой электронный формат, установленный в [26], для формирования цифровой модели объекта. Результаты каждого обследования дистанционным методом служат основой ретроспективной базы данных цифровых моделей мелиоративных объектов, которые по смыслу цифровой мелиорации должны соответствовать текущей ситуации на эксплуатируемом объекте, то есть регулярно актуализироваться. Таким образом определяется циклический характер рассматриваемого на рисунке 1 алгоритма.

По предложению автора, цифровая модель мелиоративного объекта на эксплуатационном этапе его жизненного цикла в соответствии с форматами электронных данных, указанных в [26], должна включать цифровую модель местности (содержит цифровую модель рельефа, цифровую трехмерную модель объекта, например, сооружения), различные тематические данные, проектные материалы, ортофотоплан и может дополняться различными иными материалами, которые характеризуют мелиоративный объект.

При мониторинге состояния эксплуатируемых мелиоративных объектов могут использоваться данные, полученные с помощью беспилотных летательных аппаратов. Автором настоящего исследования проведено обследование участка гидромелиоративной системы, расположенной в Коломенском городском округе в хозяйстве ЗАО «Озеры» в Жилевском отделении. Участок орошается электроприводной машиной кругового действия ЭДМ «Reinke» (длина 400 метров). В сезон 2020 года на участке выращивали картофель, в 2021 году – лук на репку, а часть орошаемого поля была засажена яровой пшеницей. На участке наблюдается ирригационная эрозия, в задачи эксплуатации гидромелиоративной системы входит оценка динамики развития деградационных процессов.

Съемка участка гидромелиоративной системы выполнена с помощью беспилотного летательного аппарата (Hubsan Zino PRO), запрограммированного на режим облета по точкам с заданной геопозицией (траектория движения по точкам с известными GPS-координатами, точность перемещения между которыми контролируется с помощью связи со спутниками Земли), полет проходил на высоте 270 м. В результате получена серия последовательных изображений

фрагментов участка, которые ориентировались по сторонам света, накладывались друг на друга и путем обработки с помощью компьютерной программы объединялись в ортофотоплан (с геопривязкой, например, с помощью PHOTOMOD ver. 6.0.2.1823 (2015), Agisoft Metashape ver. 1.7.2 build 12070 и подобные, а также для предварительных анализов без геопривязки могут быть использованы графические редакторы, такие как Adobe Photoshop ver. 23.1 и аналогичные с функцией создания панорамных изображений). Таким образом получена исходная мозаика изображений для последующей дешифровки.

В данном исследовании приведен пример оценки коэффициента земельного использования (КЗИ), который вычислялся по формуле:

$$\text{КЗИ} = F_{\text{нт}} / F_{\text{бр}}, \text{ д.е.},$$

где  $F_{\text{нт}}$  – площадь «нетто» оросительной системы, занятая посевами сельскохозяйственных культур и насаждениями, полив которых предусмотрен проектом;  $F_{\text{бр}}$  – площадь «брутто», которая включает в себя непосредственно поливаемую площадь («нетто») и площадь, занятую каналами, сооружениями, дорогами, лесными полосами, постройками, отчуждения, а также под небольшими участками в границах общей орошаемой площади, но не орошаемой по почвенно-мелиоративным и другим условиям.

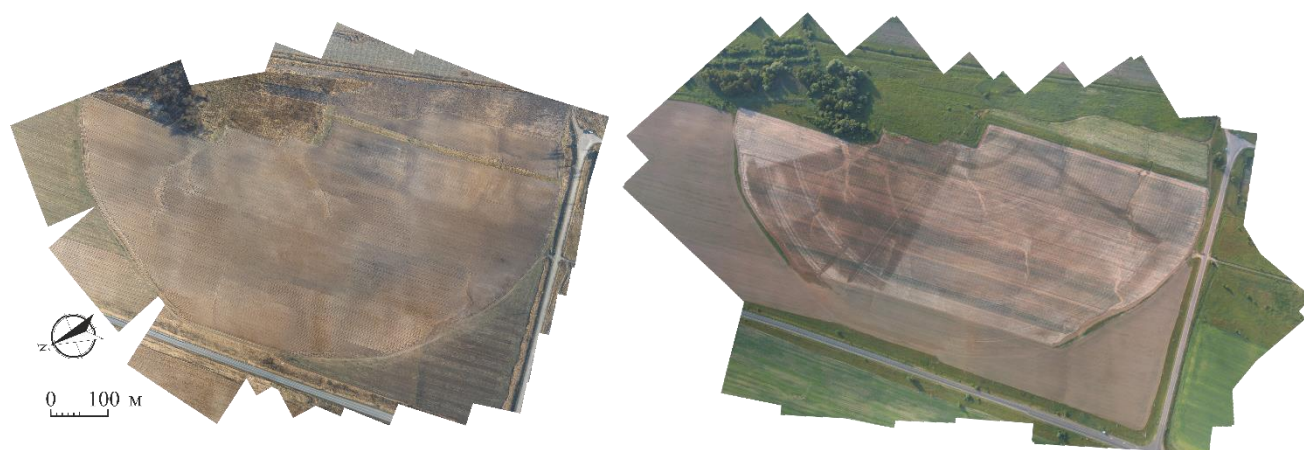
Также вычислялась доля площади  $f$  (%) мелиоративной системы, на которой наблюдаются эрозионные процессы, по формуле:

$$f = [F_{\text{неуд}} / F_{\text{бр}}] 100\%,$$

где  $F_{\text{неуд}}$  – площадь земель системы с эрозионными процессами.

### Результаты и обсуждение

На рисунке 2 показаны ортофотопланы обследованного участка.

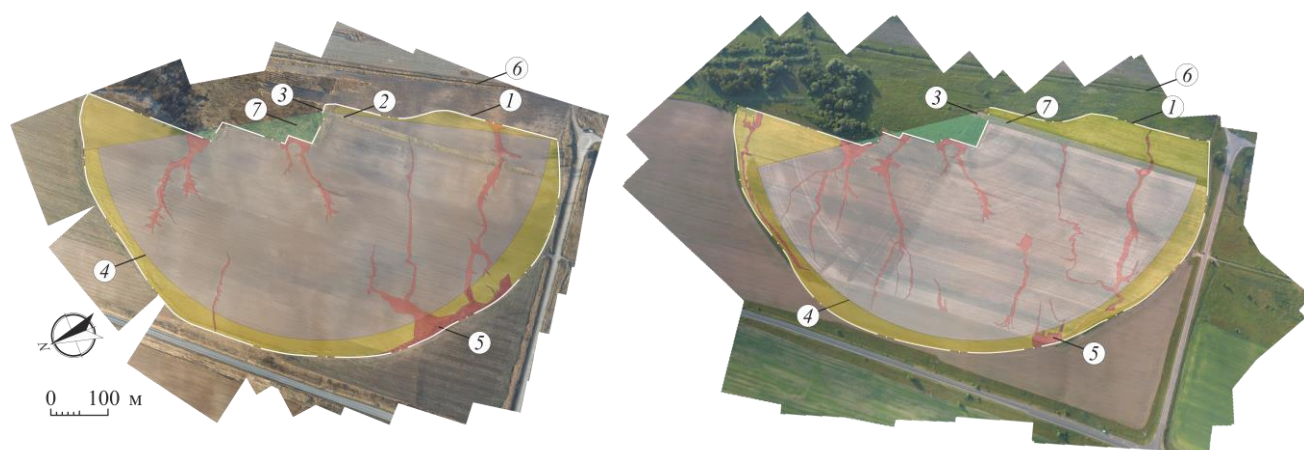


А

Б

Рисунок 2. Ортофотопланы в 2020 (А) и 2021 (Б) годах (исходные мозаики)

На рисунке 3 показаны результаты дешифровки ортофотопланов.



А

Б

Рисунок 3. Результаты дешифровки ортофотопланов участка гидромелиоративной системы в 2020 (А) и 2021 (Б) годах: 1 – граница участка, в пределах которого возделывается орошаемая сельскохозяйственная культура; 2 – крыло дождевальной машины; 3 – неподвижная опора с гидрантом; 4 – сектор перемещения дождевальной машины; 5 – ирригационная эрозия; 6 – канал; 7 – следы от колес

При дешифровке ортофотоплана в 2020 году установлено, что коэффициент земельного использования составил 0,82. В 2021 году КЗИ составил 0,78 (на 5% ниже по сравнению с 2020 годом). Эрозионные процессы в 2020 году

наблюдались на 4,7% территории участка от общей мелиорируемой площади, в 2021 году – на 6,2% территории.

Эти результаты могут быть использованы для наполнения цифровой модели мелиоративного объекта. Стоит отметить, что для данного участка системы приведенные данные являются элементом ее цифровой модели, однако наблюдение за деградационными процессами с помощью цифровой модели может помочь оценить динамику развития деградационных процессов (ирригационной эрозии) и эффективность мелиоративных и защитных мероприятий.

### **Выводы**

Из анализа полученных в результате обследования участка гидромелиоративной системы, расположенной в Коломенском городском округе в хозяйстве ЗАО «Озеры» в Жилевском отделении, следует, что с 2020 по 2021 годы эффективность земельного использования снизилась на 5%, а площадь земель с эрозионными процессами возросла на 1,5%.

В статье в общем виде предложен и рассмотрен алгоритм мониторинга мелиоративного объекта с помощью дистанционных технологий, который может использоваться в качестве базы для разработки подробных алгоритмов создания цифровых моделей гидромелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений. Представленные в работе материалы могут быть использованы Минсельхозом России, специалистами мелиоративных научно-исследовательских, проектных, эксплуатационных и сельскохозяйственных организаций, занимающихся контролем и оценкой состояния мелиоративных объектов, а также вопросами цифровизации мелиорации.

### **Литература**

1. О мелиорации земель (с изменениями на 8 декабря 2020 года) / Федеральный закон № 4-ФЗ от 10 января 1996 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9015302> (Дата обращения 25.11.2021 г.).
2. Об утверждении Правил эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений / Приказ Минсельхоза России от 31 июля 2020 года N 438 [Электронный ресурс]. URL:

<https://docs.cntd.ru/document/565780455?marker=6560IO> (Дата обращения 25.11.2021 г.).

3. Джалилова Л.З., Мустафаев Ф.М. Изменение количества солей и минерализации грунтовых вод на почвах Карабахской степи // Экология и строительство. 2021. № 2. С. 29–35. doi: 10.35688/2413-8452-2021-02-003.

4. Савушкин С.С., Гжибовский С.А. К вопросу эксплуатации гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса // Экология и строительство. 2021. № 2. С. 22–28. doi: 10.35688/2413-8452-2021-02-002.

5. Шадских В.А., Кижаяева В.Е., Новикова Ю.А. Агроэкологические аспекты совершенствования структуры посевов в севооборотах на деградированных длительно орошаемых почвах Поволжья // Экология и строительство. 2020. № 4. С. 18–28 doi: 10.35688/2413-8452-2020-04-004.

6. Шадских В.А., Кижаяева В.Е., Романова Л.Г. Эколого-мелиоративные аспекты использования орошаемых земель Саратовской области // Экология и строительство. 2020. № 2. С. 58–65 doi: 10.35688/2413-8452-2020-02-008.

7. Об утверждении Правил содержания мелиоративных защитных лесных насаждений и особенностей проведения мероприятий по их сохранению / Приказ Минсельхоза России от 30 июня 2020 года N 367 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/542672342> (Дата обращения 25.11.201 г.).

8. Об утверждении Административного регламента Министерства сельского хозяйства Российской Федерации по предоставлению государственной услуги по предоставлению сведений, полученных в ходе осуществления учета мелиорированных земель / Приказ Минсельхоза России от 30 июня 2020 года N 365 (с изменениями на 25 мая 2021 года) [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/542672610> (Дата обращения 25.11.201 г.).

9. Степанова В.И., Ишханова А.А. Использование карт местности при дистанционном зондировании Земли // Вестник ОрелГАУ. 2019. №1 (76). С. 52-57. DOI: <http://dx.doi.org/10.15217/48484>.

10. Jin Leshan, Li He, Li Ying, Du Dan. E-Agriculture in action / Bangkok, FAO and ITU, 2017. 118 p.

11. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 48 с.
12. Касьянов А.Е. Маркерные участки цифровой мелиорации сельскохозяйственных земель // Экология и строительство. 2020. № 3. С. 21–24. doi: 10.35688/2413-8452-2020-03-003.
13. Щедрин В.Н., Васильев С.М., Слабунов В.В., Слабунова А.В., Завалин А.А. Подходы к формированию информационной системы «Цифровая мелиорация» // Информационные технологии и вычислительные системы. 2020. № 1. С. 53-64.
14. База данных портала «РадугаИнформ» URL: <https://inform-raduga.ru/> / Турапин С.С., Ольгаренко Г.В., Тюрина Л.М., Кузнецов В.М.; свидетельство о регистрации базы данных № 2020622674 от 16.12.2020; заявка № 2020622595 от 07.12.2020.
15. Ермолаева О.С., Зейлигер А.М. Анализ трендов потоков суммарного испарения (за 2003-2017 гг.) по данным продукта MOD16A2 для территории Марксовского района Саратовской области // Природообустройство. 2021. № 2. С. 16-25.
16. Chance, E.W.; Cobourn, K.M.; Thomas, V.A.; Dawson, B.C.; Flores, A.N. Identifying Irrigated Areas in the Snake River Plain, Idaho: Evaluating Performance across Composting Algorithms, Spectral Indices, and Sensors. Remote Sens. 2017, 9, 546. <https://doi.org/10.3390/rs9060546>.
17. Ali A.M., El-shirbeny M.A., Saleh N.H.S. et al. Comparative analysis of some winter crops area estimation using landsat-8 and sentinel-2 satellite imagery // Asian J Agri & Biol. 2018. Vol. 6(2). P.189-197.
18. Ali A.M., El-shirbeny M.A., Saleh N.H.S. et al. Comparative analysis of some winter crops area estimation using landsat-8 and sentinel-2 satellite imagery // Asian J Agri & Biol. 2018. Vol. 6(2). P.189-197.
19. Prasad, B., Carver, B. F., Stone, M. L., Babar, M. A., Raun, W. R., Klatt, A. R. (2007). Potential use of spectral reflectance indices as a selection tool for grain

yield in winter wheat under great plains conditions. *Crop Sci.* 47, 1426–1440. doi: 10.2135/cropsci2006.07.0492.

20. Lobos, G. A., Matus, I., Rodriguez, A., Romero-Bravo, S., Araus, J. L., Pozo, A. D. (2014). Wheat genotypic variability in grain yield and carbon isotope discrimination under Mediterranean conditions assessed by spectral reflectance. *J. Integr. Plant Biol.* 56, 470–479. doi: 10.1111/jipb.12114.

21. El-Hendawy, S., Al-Suhaibani, N., Elsayed, S., Refay, Y., Alotaibi, M., Dewir, Y. H., et al. (2019b). Combining biophysical parameters, spectral indices and multivariate hyperspectral models for estimating yield and water productivity of spring wheat across different agronomic practices. *PloS One* 14 (3), e0212294. doi: 10.1371/journal.pone.0212294.

22. Moran M.S., Clarke T.R., Inoue Y., Vidal A. Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperature and spectral vegetation index // *Remote Sensing of Environment*. 1994. Volume 49, Issue 3, P. 246-263. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(94\)90020-5](https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)90020-5).

23. Туктаров Р.Б. Картографическое обеспечение мониторинга земель сельскохозяйственного назначения (на примере Александрово-Гайского района Саратовской области) // *Инновационные технологии в АПК: Теория и практика: сб. тр. конф.* Пенза: Пензенский ГАУ, 2019. С. 102-107.

24. Туктаров Р.Б. Методические приемы картографирования параметров режима затопления инженерных лиманов на основе данных спутникового мониторинга // *Проблемы и мониторинг природных экосистем: Теория и практика: сб. статей VI Всерос. науч.-практ. конф.* Пенза: Пензенский ГАУ, 2019. С. 148-152.

25. Градостроительный кодекс Российской Федерации, ст. 57.5. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901919338> (Дата обращения 25.11.2020 г.).

26. Постановление Правительства РФ от 15 сентября 2020 г. № 1431 «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и

представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов, а также о внесении изменения в пункт 6 Положения о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства» [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/docs/all/129915/> (Дата обращения 25.11.2020 г.).

### References

1. О мелioratsii zemel' (s izmeneniyami na 8 dekabrya 2020 goda) / Federal'nyi zakon № 4-FZ ot 10 yanvarya 1996 g. [Ehlektronnyi resurs]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9015302> (Data obrashcheniya 25.11.2021 g.).
2. Ob utverzhdenii Pravil ehkspluatatsii meliorativnykh sistem i otdel'no raspolozhennykh gidrotekhnicheskikh sooruzhenii / Prikaz Minsel'khoza Rossii ot 31 iyulya 2020 goda N 438 [Ehlektronnyi resurs]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565780455?marker=6560IO> (Data obrashcheniya 25.11.2021 g.).
3. Dzhaililova L.Z., Mustafaev F.M. Izmenenie kolichestva solei i mineralizatsii gruntovykh vod na pochvakh Karabakhskoi stepi // Ehkologiya i stroitel'stvo. 2021. № 2. С. 29–35. doi: 10.35688/2413-8452-2021-02-003.
4. Savushkin S.S., Gzhibovskii S.A. K voprosu ehkspluatatsii gidrotekhnicheskikh sooruzhenii meliorativnogo kompleksa // Ehkologiya i stroitel'stvo. 2021. № 2. С. 22–28. doi: 10.35688/2413-8452-2021-02-002.
5. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E., Novikova YU.A. Agroehkologicheskie aspekty sovershenstvovaniya struktury posevov v sevooborotakh na degradirovannykh dlitel'no oroshaemykh pochvakh Povolzh'ya // Ehkologiya i stroitel'stvo. 2020. № 4. С. 18–28 doi: 10.35688/2413-8452-2020-04-004.
6. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E., Romanova L.G. Ehkologo-meliorativnye aspekty ispol'zovaniya oroshaemykh zemel' Saratovskoi oblasti // Ehkologiya i stroitel'stvo. 2020. № 2. С. 58–65 doi: 10.35688/2413-8452-2020-02-008.
7. Ob utverzhdenii Pravil sodержaniya meliorativnykh zashchitnykh lesnykh nasazhdenii i osobennostei provedeniya meropriyatii po ikh sokhraneniyu / Prikaz

Minsel'khoza Rossii ot 30 iyunya 2020 goda N 367 [Ehlektronnyi resurs]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/542672342> (Data obrashcheniya 25.11.201 g.).

8. Ob utverzhdenii Administrativnogo reglamenta Ministerstva sel'skogo khozyaistva Rossiiskoi Federatsii po predostavleniyu gosudarstvennoi usluzhi po predostavleniyu svedenii, poluchennykh v khode osushchestvleniya ucheta meliorirovannykh zemel' / Prikaz Minsel'khoza Rossii ot 30 iyunya 2020 goda N 365 (s izmeneniyami na 25 maya 2021 goda) [Ehlektronnyi resurs]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/542672610> (Data obrashcheniya 25.11.201 g.).

9. Stepanova V.I., Ishkhanova A.A. Ispol'zovanie kart mestnosti pri distantsionnom zondirovanii Zemli // Vestnik OreLGAU. 2019. №1 (76). S. 52-57. DOI: <http://dx.doi.org/10.15217/48484>.

10. Jin Leshan, Li He, Li Ying, Du Dan. E-Agriculture in action / Bangkok, FAO and ITU, 2017. 118 p.

11. Vedomstvennyi proekt «Tsifrovoe sel'skoe khozyaistvo»: ofitsial'noe izdanie. – M.: FGBNU «RosinformagroteKH», 2019. – 48 s.

12. Kas'yanov A.E. Markernye uchastki tsifrovoi melioratsii sel'skokhozyaistvennykh zemel' // Ehkologiya i stroitel'stvo. 2020. № 3. C. 21–24. doi: 10.35688/2413-8452-2020-03-003.

13. Shchedrin V.N., Vasil'ev S.M., Slabunov V.V., Slabunova A.V., Zavalin A.A. Podkhody k formirovaniyu informatsionnoi sistemy «Tsifrovaya melioratsiya» // Informatsionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy. 2020. № 1. S. 53-64.

14. Baza dannykh portala «RadugaInforM» URL: <https://inform-raduga.ru/> / Turapin S.S., Ol'garenko G.V., Tyurina L.M., Kuznetsov V.M.; cvidetel'stvo o registratsii bazy dannykh № 2020622674 ot 16.12.2020; zayavka № 2020622595 ot 07.12.2020.

15. Ermolaeva O.S., Zeiliger A.M. Analiz trendov potokov summarnogo ispareniya (za 2003-2017 gg.) po dannym produkta MOD16A2 dlya territorii Marksovskogo raiona Saratovskoi oblasti // Prirodoobustroistvo. 2021. № 2. S. 16-25.

16. Chance, E.W.; Cobourn, K.M.; Thomas, V.A.; Dawson, B.C.; Flores, A.N. Identifying Irrigated Areas in the Snake River Plain, Idaho: Evaluating Performance

across Composting Algorithms, Spectral Indices, and Sensors. *Remote Sens.* 2017, 9, 546. <https://doi.org/10.3390/rs9060546>.

17. Ali A.M., El-shirbeny M.A., Saleh N.H.S. et al. Comparative analysis of some winter crops area estimation using landsat-8 and sentinel-2 satellite imagery // *Asian J Agri & Biol.* 2018. Vol. 6(2). P.189-197.

18. Ali A.M., El-shirbeny M.A., Saleh N.H.S. et al. Comparative analysis of some winter crops area estimation using landsat-8 and sentinel-2 satellite imagery // *Asian J Agri & Biol.* 2018. Vol. 6(2). P.189-197.

19. Prasad, B., Carver, B. F., Stone, M. L., Babar, M. A., Raun, W. R., Klatt, A. R. (2007). Potential use of spectral reflectance indices as a selection tool for grain yield in winter wheat under great plains conditions. *Crop Sci.* 47, 1426–1440. doi: 10.2135/cropsci2006.07.0492.

20. Lobos, G. A., Matus, I., Rodriguez, A., Romero-Bravo, S., Araus, J. L., Pozo, A. D. (2014). Wheat genotypic variability in grain yield and carbon isotope discrimination under Mediterranean conditions assessed by spectral reflectance. *J. Integr. Plant Biol.* 56, 470–479. doi: 10.1111/jipb.12114.

21. El-Hendawy, S., Al-Suhaibani, N., Elsayed, S., Refay, Y., Alotaibi, M., Dewir, Y. H., et al. (2019b). Combining biophysical parameters, spectral indices and multivariate hyperspectral models for estimating yield and water productivity of spring wheat across different agronomic practices. *PloS One* 14 (3), e0212294. doi: 10.1371/journal.pone.0212294.

22. Moran M.S., Clarke T.R., Inoue Y., Vidal A. Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperature and spectral vegetation index // *Remote Sensing of Environment.* 1994. Volume 49, Issue 3, P. 246-263. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(94\)90020-5](https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)90020-5).

23. Tuktarov R.B. Kartograficheskoe obespechenie monitoringa zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya (na primere Aleksandrovo-Gaiskogo raiona Saratovskoi oblasti) // *Innovatsionnye tekhnologii v APK: Teoriya i praktka: sb. tr. konf.* Penza: Penenskii GAU, 2019. S. 102-107.

24. Tuktarov R.B. Metodicheskie priemy kartografirovaniya parametrov rezhima zatopleniya inzhenernykh limanov na osnove dannykh sputnikovogo monitoringa // Problemy i monitoring prirodnnykh ehkositsem: Teoriya i praktka: sb. statei VI Vseros. nauch.-prakt. konf. Penza: Penenskii GAU, 2019. S. 148-152.

25. Gradostroitel'nyi kodeks Rossiiskoi Federatsii, st. 57.5. [Ehlektronnyi resurs]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901919338> (Data obrashcheniya 25.11.2020 g.).

26. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 15 sentyabrya 2020 g. № 1431 «Ob utverzhdenii Pravil formirovaniya i vedeniya informatsionnoi modeli ob"ekta kapital'nogo stroitel'stva, sostava svedenii, dokumentov i materialov, vklyuchaemykh v informatsionnuyu model' ob"ekta kapital'nogo stroitel'stva i predstavlyaemykh v forme ehlektronnykh dokumentov, i trebovaniy k formatam ukazannykh ehlektronnykh dokumentov, a takzhe o vnesenii izmeneniya v punkt 6 Polozheniya o vypolnenii inzhenernykh izyskaniy dlya podgotovki proektnoi dokumentatsii, stroitel'stva, rekonstruktsii ob"ektov kapital'nogo stroitel'stva» [Ehlektronnyi resurs]. URL: <http://government.ru/docs/all/129915/> (Data obrashcheniya 25.11.2020 g.).

© Зверьков М.С., 2021. *International agricultural journal*, 2021, № 6, 893-912.

**Для цитирования:** Зверьков М.С. Совершенствование методики мониторинга состояния мелиоративных объектов в соответствии с целями цифровой мелиорации // *International agricultural journal*. 2021. № 6, 893-912.