

## РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Научная статья  
УДК 631.42

### Получение первичных данных о динамике в почве питательных веществ

**Валерий Алексеевич Монастырский**

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация, valerijmonastyrskij@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0881-4282>

**Аннотация.** **Цель:** использовать различные методы получения первичных данных для определения содержания в почве питательных веществ и отрисовки их наличия на обследуемом участке. **Материалы и методы.** Рассмотрены три метода сбора данных. Первый метод включает в себя отбор почвенных образцов с помощью пробоотборника. Второй метод основан на применении специализированных датчиков, которые определяют наличие питательных веществ в почве. Третий метод получения данных – на технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). **Результаты.** С помощью использованных методов получены первичные данные и отрисованы карты наличия в почве питательных веществ. На картах за условные обозначения принята цветовая палитра, отображающая отклонение количества питательных веществ в почве от номинального их значения. Для каждого питательного элемента отрисовывается индивидуальная карта. На картах изображаются участки, ограниченные областями с наличием питательных веществ в почве с равным или выше номинального значения (окрашивается зеленым цветом), ниже номинального на 10–15 % (окрашивается желтым цветом), ниже на 15–20 % (окрашивается оранжевым цветом), ниже и более 25 % (красным цветом). Номинальное значение содержания в почве для общего азота 25 мг на 1 кг почвы, подвижного фосфора – 40 мг на 1 кг, обменного калия – 270 мг на 1 кг почвы. **Выводы.** В результате проведенных исследований выявлено, что общепринятый метод определения в почве питательных веществ является трудоемким (при его использовании необходимы лабораторные исследования), но при этом он является наиболее точным. Главным недостатком использования почвенных датчиков является их дороговизна. Помимо этого, следует контролировать состояние самого датчика и соприкасающихся с почвой элементов. Метод с использованием камер, установленных на БПЛА, спутниковых карт и данных дистанционного зондирования показывает разницу с гостированным методом более чем на 20 %.

**Ключевые слова:** пробоотборник, мониторинг питательных веществ, отбор почвенных образцов, дистанционное зондирование Земли, общий азот, подвижный фосфор и обменный калий

**Апробация результатов исследования:** основные положения статьи доложены на Международной научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 18 февраля 2026 г.).

**Для цитирования:** Монастырский В. А. Получение первичных данных о динамике в почве питательных веществ // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2026. Т. 98, № 1. С. 276–289.

## THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Original article

### Obtaining primary data on the dynamics of soil nutrients



## Valeriy A. Monastyrskiy

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,  
Russian Federation, valerijmonastyrskij@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0881-4282>

**Abstract. Purpose:** to use various methods of obtaining primary data to determine the soil nutrients content and map their presence in the surveyed area. **Materials and methods.** Three data collection methods are considered. The first method involves collecting soil samples using a sampler. The second method is based on the use of specialized sensors that determine the presence of soil nutrients. The third data obtaining method uses Earth remote sensing (ERS) technology. **Results.** Using the methods applied, primary data were obtained and maps of the soil nutrient presence were drawn. A color palette representing the deviation of the amount of soil nutrients from their nominal value was used as legend on the maps. An individual map is drawn for each nutrient. The maps depict areas delimited by the presence of soil nutrients equal to or above the nominal value (colored green), below the nominal value by 10–15 % (colored yellow), below by 15–20 % (colored orange), below and above 25 % (colored red). The nominal value for total nitrogen content in the soil is 25 mg per 1 kg of soil, mobile phosphorus – 40 mg per 1 kg of soil, exchangeable potassium – 270 mg per 1 kg of soil. **Conclusions.** The conducted research revealed that the generally accepted method of determining soil nutrients is labor-consuming (its use requires laboratory testing), but it is also the most accurate. The main disadvantage of using soil sensors is their high cost. In addition, the condition of the sensor itself and the elements in contact with the soil should be monitored. A method using UAV-mounted cameras, satellite maps, and remote sensing data demonstrates a difference of more than 20 % compared to the standard method.

**Keywords:** sampler, nutrient monitoring, soil sampling, Earth remote sensing, total nitrogen, mobile phosphorus, exchangeable potassium

**Evaluation of the research results:** the main provisions of the article were reported at the International scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 18, 2026).

**For citation:** Monastyrskiy V. A. Obtaining primary data on the dynamics of soil nutrients. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2026;98(1):276–289. (In Russ.).

**Введение.** Информация о состоянии плодородия почвы и динамике в ней питательных веществ для определенного агроценоза является одним из основных параметров эффективного сельскохозяйственного производства. Почва – это основной источник макро- и микроэлементов, влаги и кислорода для растений. Входящие в ее состав элементы, ее физические и химические свойства должны поддерживаться на уровне, комфортном для произрастания культурных растений [1–3].

Без постоянного мониторинга свойств почвы при интенсивном ведении сельскохозяйственного производства возможны истощение плодородного слоя, нарушение структуры, ухудшение водного баланса и накопление токсичных соединений, что снижает урожайность возделываемых культур [4].

Целью работы было использование различных методов получения первичных данных для определения содержания в почве питательных веществ и отрисовки их наличия на обследуемом участке.

**Материалы и методы.** Первый метод представляет собой отбор почвенных образцов посредством использования пробоотборника. Основной составляющей второго метода является использование датчиков, измеряющих наличие в почве питательных веществ посредством отправки электрического мини-разряда и получения отклика. В зависимости от его интенсивности определяется количество элементов, на которые нацелен разряд. Третий метод получения данных основан на использовании данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с БПЛА для области исследований или запросе данных у компетентных организаций, которые занимаются данным вопросом.

**Результаты и обсуждение.** Для мониторинга содержания питательных веществ в почве существует ряд технических средств, включая как стационарные, так и мобильные приборы. К ним относятся почвенные датчики, спектрометры, мобильные лаборатории и почвенные пробоотборники. Эти устройства позволяют оперативно и точно оценивать содержание таких питательных элементов, как общий азот, подвижный фосфор и обменный калий, а также других макро- и микроэлементов, влияющих на рост и развитие растений [5, 6].

Если сельскохозяйственный участок небольшой, можно воспользоваться ручными отборниками, которые позволяют получать пробы при помощи физической силы человека. Ручной бур хорошо справляется с задачами отбора проб на небольшой глубине в однородном грунте [7].

Однако на больших площадях при интенсивном ведении сельского хозяйства такой способ не подходит. Современный рынок аграрной сферы требует ускоренных методик, точного соблюдения глубины и необходимого числа проб. С этими задачами справляются пробоотборники автоматического типа, сводящие к минимуму человеческий фактор и обеспечиваю-

щие достоверные показатели. Они позволяют быстро и эффективно проводить отбор проб одному человеку вместо бригады работников при ручном способе агрохимического обследования.

Автоматические почвенные агрегаты представляют собой навесное оборудование, агрегируемое с пикапами любого класса, УАЗ или другими автомобилями, квадроциклами и прицепами [8–11].

Для получения проб грунта используют два вида автоматических пробоотборников: сверильного типа с буром, вращающимся при погружении; ударного типа с буром, вбиваемым в почву. Они могут работать с разделением и смешением слоев, погружаясь на большую глубину (рисунки 1, 2) [12].



**Рисунок 1 – Установленный на квадроцикл автоматический гидравлический пробоотборник грунта (автор фото В. А. Монастырский)**

**Figure 1 – An automatic hydraulic soil sampler mounted on an ATV (photo by V. A. Monastyrsky)**



**Рисунок 2 – Автоматический пенетрометр с пробоотборником почвы (автор фото В. А. Монастырский)**

**Figure 2 – Automatic penetrometer with a soil sampler (photo by V. A. Monastyrsky)**

Оба варианта имеют схожий принцип действия: буры погружаются в почву, одновременно набирая ее, а при возвратном движении специальные скребки стряхивают грунт в подготовленные ящики [7].

Также для мониторинга динамики питательных веществ в почве используются цифровые измерители почвы. Они распознают уровень pH, температуру среды, влажность почвы и содержание в ней макроэлементов. Измерители подходят для комнатных растений, теплиц, виноградников, фруктовых садов, полевого производства, питомников, газонов, садов, клумб, сельскохозяйственных угодий (рисунок 3) [13, 14].



**Рисунок 3 – Цифровой измеритель почвы**  
**Figure 3 – Digital soil meter**

Ручные многофункциональные измерительные приборы по типу анализатора NPK в почве разработаны с учетом их применения в различных почвенно-климатических условиях. Они спроектированы с использованием новейших технологий производства цифровых интегральных схем. В приборе используют схему обнаружения, разработанную на основе цифровой интеллектуальной системы, которая обеспечивает очень высокую чувствительность и отличную повторяемость. Корпус изготовлен из пластика повышенной прочности, подходящего для данного типа применения и обеспечивающего необходимую прочность.

Для дистанционного мониторинга питательных веществ в почве возможно применение мультиспектральных камер. Мультиспектральные камеры позволяют вести съемку одновременно в пяти узких (12–40 нм) диапазонах. Помимо основных каналов видимого спектра (синего, красного и зеленого), камеры могут регистрировать дальний красный и ИК, что позволяет рассчитывать различные индексы вегетации: SAVI, NDVI, NDRE, LAI и др. Благодаря более высокому разрешению и увеличенному фокусному расстоянию изображения отличаются большей детализацией. При съемке с БПЛА позволяет получить разрешение 5,2 см/пикс. Материалы съемки могут быть также использованы для построения цифровых моделей местности, композитных растровых изображений и псевдоцветных комбинаций, позволяющих достичь цветового разделения культурных растений и сорняков [5–8].

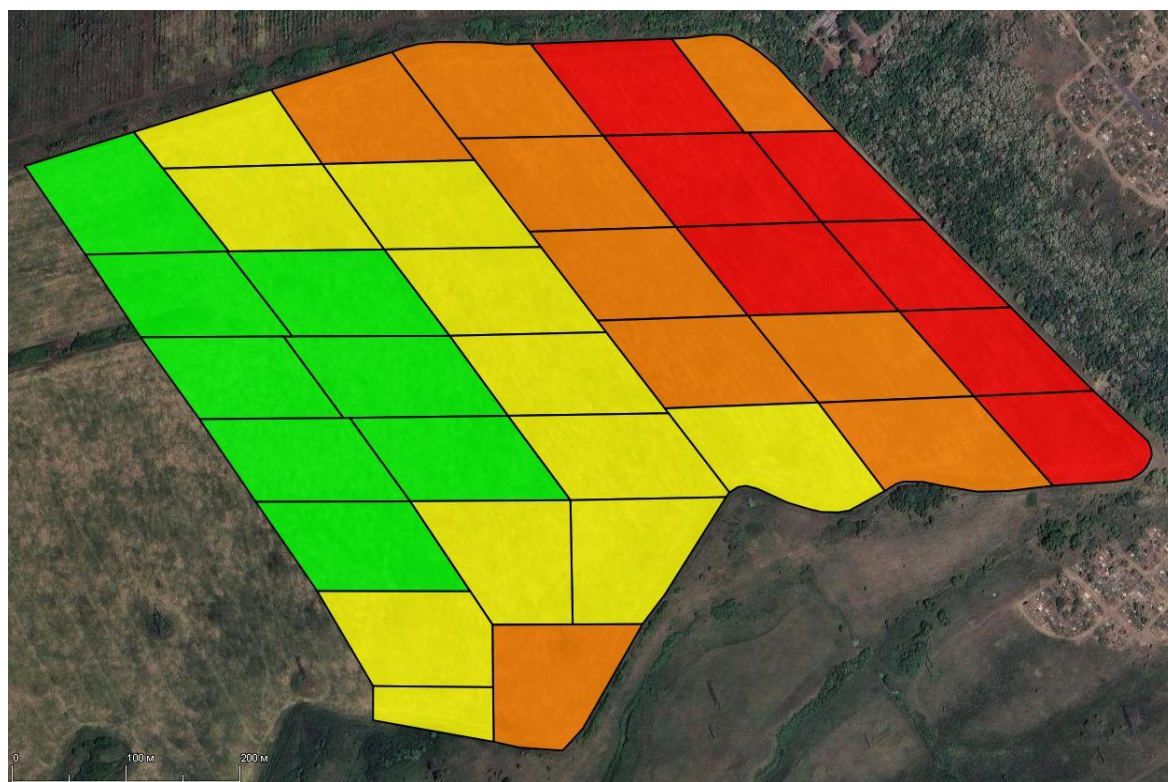
Существует мультиспектральная камера, которая обеспечивает многоканальные изображения в видимом диапазоне с высоким разрешением благодаря оптимизированному и простому в использовании рабочему процессу обработки данных (рисунок 4) [15–17].



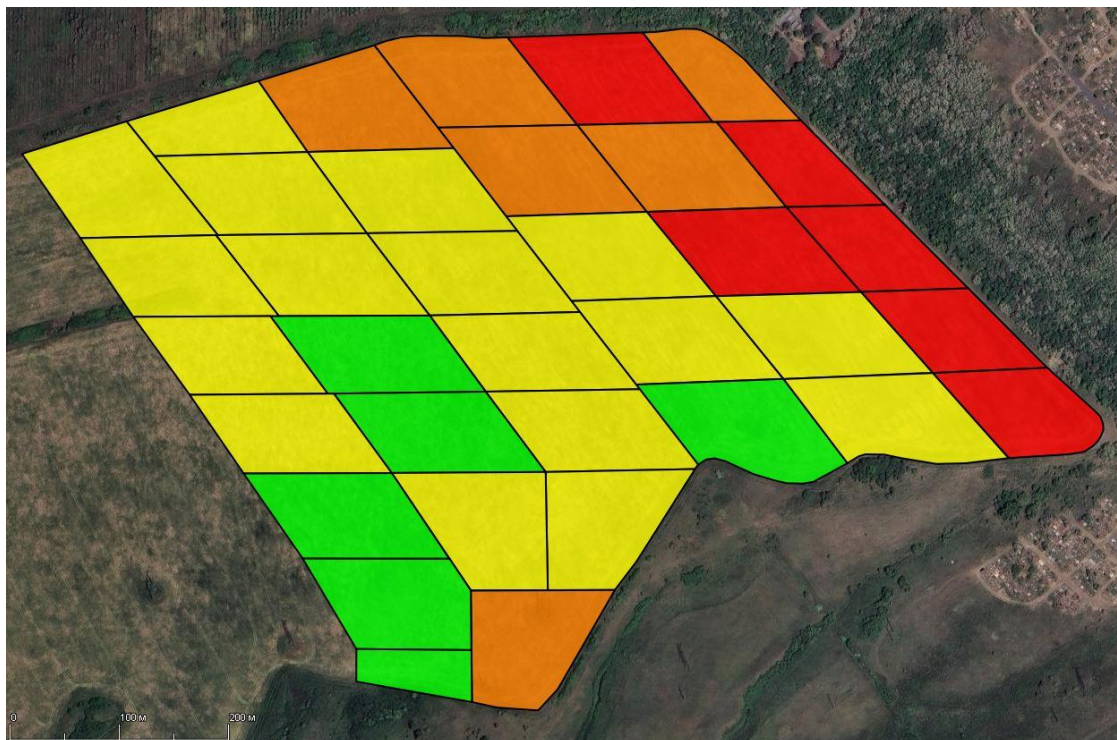
**Рисунок 4 – Мультиспектральная камера**  
**Figure 4 – Multispectral camera**

Для получения первичных данных о динамике в почве питательных веществ для участков с неправильной формой, которые в основном орошаются капельным способом, можно применять те же методы, что и при орошении дождеванием.

На рисунках 5–7 за условные обозначения принята цветовая палитра, отображающая отклонение количества питательных веществ в почве от номинального их значения. Так, после анализа почвенных образцов за номинальное значение принято 25 мг общего азота на 1 кг почвы. Если данные равны или превышают данный показатель, обследуемый сегмент участка отрисовывается зеленым цветом. Снижение номинального показателя на 10–15 % отображается желтым цветом. Разница на 15–25 % отображается оранжевым цветом. Если показатель наличия в почве питательных веществ отличается на 25 % и более, отрисовка проводится красным цветом. Данные условные обозначения применяются также и к показателям обменного калия и подвижного фосфора. Номинальное содержание подвижного фосфора составляет 40 мг/кг почвы, обменного калия – 270 мг/кг почвы.

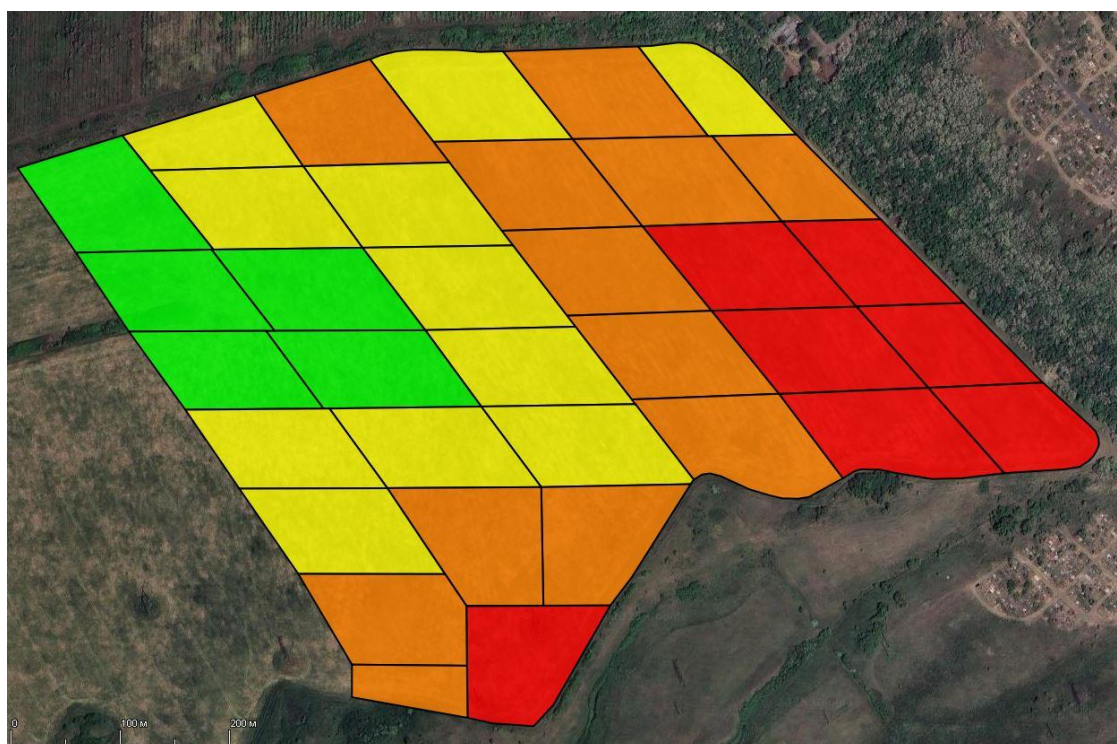


**Рисунок 5 – Карта содержания в почве общего азота на основе данных, полученных при отборе почвенных образцов пробоотборником**  
**Figure 5 – Map of total nitrogen content in soil based on data obtained from soil sampling with a sampler**



**Рисунок 6 – Карта содержания в почве общего азота на основе данных почвенных датчиков**

**Figure 6 – Map of total nitrogen content in soil based on soil sensor data**



**Рисунок 7 – Карта содержания в почве общего азота на основе данных дистанционного зондирования Земли**

**Figure 7 – Map of total nitrogen content in soil based on Earth remote sensing data**

За контроль среди вариантов получения данных о количестве питательных веществ в почве принята методика отбора почвенных образцов и их анализа в лабораторных условиях.

На рисунке 5 представлена карта содержания макроэлементов (NPK) на основе данных, полученных при отборе почвенных образцов пробоотборником.

На рисунке 6 представлена карта получения при использовании данных почвенных датчиков.

На рисунке 7 представлена карта, составленная посредством применения данных спутниковых снимков и результатов их анализа.

Полученные первичные результаты, отражающие содержание в почве питательных веществ, и дальнейшая их визуализация на плане местности с привязкой к фактическим отметкам позволяют определить дефицит элементов питания для растений сельскохозяйственных культур. Оптимальная разбивка орошаемого поля по микроучасткам основывается на однородности исследуемого массива. Сегмент участка не должен быть менее 1 га. Площадь обосновывается нецелесообразностью сгущения сети отбора почвенных образцов независимо от разрешения камеры, использованной для дистанционного мониторинга, и количества пространственных пикселей.

Все полученные данные о динамике в почве питательных веществ для каждого отдельно взятого поля используются для корректировки рассчитанной нормы удобрений и внесения различных доз. При правильной привязке к местности на сегменты поля с недостаточным питательным режимом должны поступить удобрения в их номинальном размере. В контексте составленных нами схем содержания в почве питательных веществ это красные участки. На оранжевых и желтых участках следует вносить дозы удобрений, рассчитанные согласно дефициту питательных веществ в почве. На участках, отображенных зеленым цветом, внесение удобрений не предусматривается. Такая технология мониторинга в почве питатель-

ных веществ, расчета и внесения доз минеральных удобрений (мероприятия предусматриваются в период подкормки сельскохозяйственных культур) по сегментам поля разработана для экономии удобрений при сохранении почвенного плодородия и обеспечения высокой урожайности сельскохозяйственных культур.

**Выводы.** В результате проведенных исследований, посвященных определению в почве питательных веществ и отрисовке карт их содержания на опытных участках, выявлено, что классический метод определения в почве питательных веществ является трудоемким, при его использовании необходимы лабораторные исследования, но при этом гостированные методики позволяют сказать, что он является наиболее точным при определении содержания питательных веществ в почве.

Использование для получения первичных данных почвенных датчиков уменьшает время на обработку и анализ получаемых данных. По сравнению с первым методом имеются отклонения в показателях, но они не превышают 10–15 %. Это допустимые показатели для применения такого подхода при внесении органических, минеральных удобрений под основную обработку почвы. Главным недостатком использования почвенных датчиков является их дороговизна. Помимо этого, следует контролировать состояние самого датчика и соприкасающихся с почвой элементов.

Метод с использованием камер, установленных на БПЛА, спутниковых карт и данных дистанционного зондирования Земли по ортофотопланам и иным подобным материалам дает общую картину наличия в почве питательных веществ, позволяет определить участки с недостаточным питательным режимом почвы, однако для точного внесения удобрений по отдельно взятым сегментам показывает разницу с гостированным методом более чем на 20 %.

### **Список литературы**

1. Якименко В. Н. Изменение параметров плодородия почвы в агроценозах // Плодородие. 2008. № 1(40). С. 10–12. EDN: KUCLJH.

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2026. Т. 98, № 1. С. 276–289.  
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2026. Vol. 98, no. 1. P. 276–289.

2. Абдусаламова Р. Р., Баламирзоева З. М. Способы комплексной оценки плодородия почв сельскохозяйственных земель // Вестник Социально-педагогического института. 2022. № 1(41). С. 7–14. EDN: CUABXH.

3. Влияние минеральных удобрений на развитие хлопчатника в условиях орошения / Р. Е. Юркова, С. А. Селицкий, А. Н. Бабичев, Ю. И. Недоцукова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. № 2(93). С. 264–276. EDN: JKFOGX.

4. Почвенно-мелиоративное состояние новоорошаемых земель Приазовья / Р. Е. Юркова, Г. Т. Балакай, А. Н. Бабичев, С. А. Селицкий // Мелиорация почв для устойчивого развития сельского хозяйства: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 105-летию со дня рождения профессора Александра Филипповича Тимофеева, г. Киров, 28–29 нояб. 2024 г. Киров: Вятский государственный агротехнологический университет, 2024. С. 193–198. EDN: JHZXYN.

5. Блохина С. Ю., Матвеевко Д. А. Мониторинг основных агрохимических параметров плодородия почв в интеллектуальном земледелии // Земледелие. 2025. № 8. С. 9–15. DOI: 10.24412/0044-3913-2025-8-9-15. EDN: NDDHJK.

6. Милюткин В. А., Канаев М. А. Разработка технических средств мониторинга плодородия почв с исследованием эффективности дифференцированного внесения удобрений при точном земледелии // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 2(64). С. 92–95. EDN: YMXGUJ.

7. Нугманов С. С., Гриднева Т. С., Васильев С. И. Совершенствование конструкции почвенного пробоотборника // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3. С. 55–60. EDN: UOHKCB.

8. Leonov A.A., Sankina O.V. Working Tool for Robotic Soil Sampling System // Modern Trends in Agricultural Production in the World Economy: Proceedings of XVIII International Scientific and Practical Conference, Kemerovo, 3–4 december 2019. Kemerovo: Kuzbass State Agricultural Academy, 2020. P. 69–76. DOI: 10.32743/kuz.agri.2020.69-76. EDN: DKOFZT.

9. Лужецкий В. В., Паньков Д. Н., Бугорский И. А. Методы механизированного отбора проб почвы для проведения агрохимического анализа // Современные перспективы развития гибких производственных систем в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе: сб. науч. статей Всерос. конф. г. Курск, 26 мая 2023 г. Курск: Университетская книга, 2023. Т. 1. С. 89–92. EDN: IRBRLE.

10. Киселев М. В. Сравнительный анализ ручного и механизированного методов отбора почвенных образцов для их агрохимического анализа // II International scientific conferential: Conserving soils and water: Proceeding, Burgas, Bulgaria, 30.08. – 02.09.2017. Том 1(1). Burgas, Bulgaria: Scientific Technical Union of Mechanical Engineering, 2017. С. 18–20. EDN: JCABDS.

11. Котрухова М. С., Машков С. В. Разработка автоматизированного почвенного пробоотборника с дистанционным управлением // Молодая наука аграрного Дона: традиции, опыт, инновации. 2017. № 1. С. 140–143. EDN: YPDSHR.

12. Голохвастова Е. Ф., Гурин И. В. Устройство пробоотбора почвы для универсальной сельскохозяйственной платформы // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2024. № 45. С. 13–16. DOI: 10.26160/2474-5901-2024-45-13-16. EDN: LGGSKU.

13. Нугманов С. С., Гриднева Т. С., Васильев С. И. Совершенствование конструкции почвенного пробоотборника // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3. С. 55–60. EDN: UOHKCB.

14. Rabbani G., Smeaton C., Cheema M., Galagedara L. Evaluation and estimation of boreal podzol soil nutrient concentrations using electromagnetic induction sensors // Computers and Electronics in Agriculture. 2025. Vol. 236. Article number: 110448. DOI: 10.1016/j.compag.2025.110448.

15. Косова А. Е., Кориков А. М. Применение видеокамер на борту беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для задач автоматического определения координат БПЛА // Электронные средства и системы управления. Материалы докладов Международной научно-практической конференции. 2016. № 1–2. С. 32–34. EDN: YGXUNN.

16. Куликов Ю. А., Куликова Е. В. Мультиспектральная съемка как инструмент дистанционного мониторинга состояния растительности природных территорий и агроландшафтов // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы нац. науч.-практ. конф., г. Воронеж, 1 апр. 2024 г. Воронеж: Воронежский ГАУ им. императора Петра I., 2024. С. 152–157. EDN: JFCEUC.

17. Кучин Л. С. Мультиспектральная съемка на платформе беспилотного летательного аппарата районов природно-техногенной аккумуляции углеводородов // Географический вестник. 2025. № 1(72). С. 160–173. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-1-160-173. EDN: NFIFVK.

## References

1. Yakimenko V.N., 2008. *Izmenenie parametrov plodorodiya pochvy v agrotsenozakh* [Changes in soil fertility parameters in agrocenoses]. *Plodorodie* [Fertility], no. 1(40), pp. 10-12, EDN: KUCLJH. (In Russian).

2. Abdusalamova R.R., Balamirzoeva Z.M., 2022. *Sposoby kompleksnoy otsenki plodorodiya pochv sel'skokhozyaystvennykh zemel'* [Methods of complex assessment of soil fertility in agricultural lands]. *Vestnik Sotsial'no-pedagogicheskogo instituta* [Bulletin of Socio-Pedagogical Institute], no. 1(41), pp. 7-14, EDN: CUABXH. (In Russian).

3. Yurkova R.E., Selitsky S.A., Babichev A.N., Nedotsukova Yu.I., 2024. *Vliyanie mineral'nykh udobreniy na razvitie khlopchatnika v usloviyakh orosheniya* [The influence of mineral fertilizers on cotton development under irrigation]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2 (93), pp. 264-276, EDN: JKFOGX. (In Russian).

4. Yurkova R.E., Balakai G.T., Babichev A.N., Selitsky S.A., 2024. *Pochvenno-meliorativnoe sostoyanie novooroshaemykh zemel' Priazov'ya* [Soil and reclamation status of newly irrigated lands of the Azov region]. *Melioratsiya pochv dlya ustoychivogo razvitiya sel'skogo khozyaystva: materialy Mezhdunar. nauchno-prakt. konf., posvyashchennoy 105-letiyu so dnya rozhdeniya professora Aleksandra Filippovicha Timofeyeva* [Soil Reclamation for Sustainable Development of Agriculture: Proceed. of the International Scientific and Practical Conference Dedicated to the 105th Anniversary of the Birth of Professor Alexander Filippovich Timofeev]. Kirov, Vyatka State Agrotechnological University, pp. 193-98, EDN: JHZXYN. (In Russian).

5. Blokhina S.Yu., Matveenkov D.A., 2025. *Monitoring osnovnykh agrokhimicheskikh parametrov plodorodiya pochv v intellektual'nom zemledelii* [Monitoring the main agrochemical parameters of soil fertility in smart farming]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 8, pp. 9-15, DOI: 10.24412/0044-3913-2025-8-9-15, EDN: NDDHJK. (In Russian).

6. Milyutkin V.A., Kanaev M.A., 2017. *Razrabotka tekhnicheskikh sredstv monitoringa plodorodiya pochv s issledovaniem effektivnosti differentsirovannogo vneseniya udobreniy pri tochnom zemledelii* [Technical means of soil fertility monitoring and effectiveness of differentiated soil fertilization under the conditions of precise farming]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bullet. of Orenburg State Agrarian University], no. 2(64), pp. 92-95, EDN: YMXGUJ. (In Russian).

7. Nugmanov S.S., Gridneva T.S., Vasiliev S.I., 2015. *Sovershenstvovanie konstruksii pochvennogo probotbornika* [Improving the design of a soil sampler]. *Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bullet. of Samara State Agricultural Academy], no. 3, pp. 55-60, EDN: UOHKCB. (In Russian).

8. Leonov A.A., Sankina O.V., 2020. Working Tool for Robotic Soil Sampling System. Modern Trends in Agricultural Production in the World Economy: Proceed. of XVIII International Scientific and Practical Conference, Kemerovo, 3–4 December 2019. Kemerovo, Kuzbass State Agricultural Academy, pp. 69-76, DOI: 10.32743/kuz.agri.2020.69-76, EDN: DKOFZT.

9. Luzhetskiy V.V., Pankov D.N., Bugorskiy I.A., 2023. *Metody mekhanizirovannogo otbora prob pochvy dlya provedeniya agrokhimicheskogo analiza* [Methods of mechanized soil sampling for agrochemical analysis]. *Sovremennye perspektivy razvitiya gibkikh proizvodstvennykh sistem v promyshlennom grazhdanskom stroitel'stve i agropromyshlennom komplekse: sb. nauch. statey Vseros. konferentsii* [Modern Prospects for the Development of Flexible Production Systems in Industrial Civil Engineering and the Agro-Industrial Complex: Collection of Scientific Articles of the All-Russian Conference]. Kursk, University Book Publ., vol. 1, pp. 89-92, EDN: IRBRLE. (In Russian).

10. Kiselev M.V., 2017. *Sravnitel'nyy analiz ruchnogo i mekhanizirovannogo metodov otbora pochvennykh obraztsov dlya ikh agrokhimicheskogo analiza* [Comparative analysis of manual and mechanized methods of selection of soil samples for agrochemical analysis]. II International Scientific Conferential: Conserving Soils and Water: Proceed. vol. 1(1). Burgas, Bulgaria, Scientific Technical Union of Mechanical Engineering, pp. 18-20, EDN: JCABDS. (In Russian).

11. Kotrukhova M.S., Mashkov S.V., 2017. *Razrabotka avtomatizirovannogo pochvennogo probotbornika s distantsionnym upravleniem* [Development of an automatic soil sampler with remote control]. *Molodaya nauka agrarnogo Dona: traditsii, opyt, innovatsii* [Young Science of the Agrarian Don: Traditions, Experience, Innovations], no. 1, pp. 140-143, EDN: YPDSHR. (In Russian).

12. Golokhvastova E.F., Gurin I.V., 2024. *Ustroystvo probotbora pochvy dlya universal'noy sel'skokhozyaystvennoy platformy* [Soil sampling device for a universal agricultural platform]. *Journal of Advanced Research in Technical Science*, no. 45, pp. 13-16, DOI: 10.26160/2474-5901-2024-45-13-16, EDN: LGGSQU. (In Russian).

13. Nugmanov S.S., Gridneva T.S., Vasiliev S.I., 2015. *Sovershenstvovanie konstruktsii pochvennogo probotbornika* [Improving the design of a soil sampler]. *Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulet. of Samara State Agricultural Academy], no. 3, pp. 55-60, EDN: UOHKCB. (In Russian).

14. Rabbani G., Smeaton C., Cheema M., Galagedara L., 2025. Evaluation and estimation of boreal podzol soil nutrient concentrations using electromagnetic induction sensors. *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 236, article number: 110448, DOI: 10.1016/j.compag.2025.110448.

15. Kosova A.E., Korikov A.M., 2016. *Primenenie videokamer na bortu bespilotnykh letatel'nykh apparatov (BPLA) dlya zadach avtomaticheskogo opredeleniya koordinat BPLA* [The use of video cameras on board unmanned aerial vehicles (UAVs) for the tasks of automatic determination of UAV coordinates]. *Elektronnye sredstva i sistemy upravleniya. Materialy dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Electronic Means and Control Systems. Proceed. of the International Scientific-Practical Conference], no. 1-2, pp. 32-34, EDN: YGXUNN. (In Russian).

16. Kulikov Yu.A., Kulikova E.V., 2024. *Mul'tispektral'naya s"yemka kak instrument distantsionnogo monitoringa sostoyaniya rastitel'nosti prirodnykh territoriy i agrolandshaftov* [Multispectral photography as a tool for remote monitoring of vegetation conditions in natural areas and agricultural landscapes]. *Teoriya i praktika innovatsionnykh tekhnologiy v APK: materialy nats. nauchno-prakt. konferentsii* [Theory and Practice of Innovative Technologies in the Agro-Industrial Complex: Proceed. of the National Scientific-Practical Conference]. Voronezh, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, pp. 152-157, EDN: JFCEUC. (In Russian).

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2026. Т. 98, № 1. С. 276–289.  
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2026. Vol. 98, no. 1. P. 276–289.

17. Kuchin L.S., 2025. *Mul'tispektral'naya s"yemka na platforme bespilotnogo letatel'nogo apparata rayonov prirodno-tekhnogennoy akumulyatsii uglevodorodov* [Multispectral survey of hydrocarbons natural and man-made accumulation areas using an unmanned aerial vehicle]. *Geograficheskiy vestnik* [Geographical Bulletin], no. 1(72), pp. 160-173, DOI: 10.17072/2079-7877-2025-1-160-173, EDN: NFIFVK. (In Russian).

---

#### ***Информация об авторе***

**В. А. Монастырский** – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, valerijmonastyrskij@yandex.ru, Author ID: 626723, ORCID: 0000-0002-0881-4282.

#### ***Information about the author***

**V. A. Monastyrsky** – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, valerijmonastyrskij@yandex.ru, Author ID: 626723, ORCID: 0000-0002-0881-4282.

*Автор несет ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.  
The author is responsible for violation of scientific publication ethics.*

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.  
The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 05.02.2026; одобрена после рецензирования 10.03.2026; принята к публикации 13.04.2026.  
The article was submitted 05.02.2026; approved after reviewing 10.03.2026; accepted for publication 13.04.2026.*