

Геоинформатика. 2022. № 3. С. 56–62.
Geoinformatika. 2022;(3):56–62.

Решение практических задач

Научная статья
 УДК 631.95
<https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-3-56-62>

Использование БПЛА и геоинформационных систем при проведении испытаний технологий по снижению накопления радионуклидов в сельскохозяйственной продукции

© 2022 г. — Виктор Владимирович Кречетников^{a)}, Евгения Олеговна Кречетникова^{b)}, Игорь Евгеньевич Титов^{c)}, Николай Геннадьевич Иванкин

Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии; г. Обнинск, Россия

^{a)}viktor.krechetnikov@mail.ru, ^{b)}evg.krechet@yandex.ru, ^{c)}titan13_08@mail.ru

Аннотация: В статье приведены результаты применения БПЛА (беспилотных летательных аппаратов) и ГИС технологий при проведении опытных испытаний новых видов агроамелиорантов и гуминовых препаратов, направленных на снижение накопления радионуклидов в сельскохозяйственной продукции, выращенной на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодьях Брянской области. В ходе работ была проведена оценка опытных хозяйств для выбора оптимальных участков для проведения испытаний, а также их оцифровка с использованием беспилотного летательного аппарата, оснащенного двухчастным геодезическим приемником для определения точных географических координат. В дальнейшем с помощью дрона проводился контроль внесения удобрений, а также оценивалась всхожесть сельскохозяйственных растений после внесения агроамелиорантов.

На основе полученных материалов в программной среде ArcGis была создана библиотека электронных карт территорий, на которых проводились работы. В них вошли 4 хозяйства Новозыбковского района и 2 хозяйства Красногорского района. В библиотеку электронных карт была включена картографическая информация о типах землепользования, поверхностном загрязнении почв ¹³⁷Cs, типах и гранулометрическом составе почв, их агрохимических показателях, всхожести, урожайности, кратности снижения поступления ¹³⁷Cs в продукцию растениеводства и кормопроизводства, а также о границах элементарных опытных участков с обозначением типа внесенных удобрений.

Результаты работы являются информационной базой для решения реальных задач применения новых технологий в сельскохозяйственном производстве, направленных на снижение содержания ¹³⁷Cs в продукции растениеводства и кормопроизводства.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, сельскохозяйственные земли, ГИС, карты, атрибутивная база данных, беспилотные летательные аппараты

Для цитирования: Кречетников В.В., Кречетникова Е.О., Титов И.Е., Иванкин Н.Г. Использование БПЛА и геоинформационных систем при проведении испытаний технологий по снижению накопления радионуклидов в сельскохозяйственной продукции // Геоинформатика. — 2022. — № 3. — С. 56–62. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-3-56-62>.

Practical application

Original article

Creation of a GIS project of the results of testing technologies to reduce the accumulation of radionuclides in agricultural products

© 2022 — Viktor V. Krechetnikov^{a)}, Evgenia O. Krechetnikova^{b)}, Igor E. Titov^{c)}, Nikolai G. Ivankin

Russian Institute of Radiology and Agroecology; Obninsk, Russia

^{a)}viktor.krechetnikov@mail.ru, ^{b)}evg.krechet@yandex.ru, ^{c)}titan13_08@mail.ru

Abstract: The article presents the results of the use of drones and GIS technologies during pilot testing of new types of agro-ame-liorants and humic preparations to assess the effectiveness of reducing the accumulation of radionuclides in agricultural products grown on radioactively contaminated agricultural land in the Bryansk region. In the course of the work, an assessment of experimental farms was carried out to select the optimal sites for testing, as well as their digitization using an unmanned aerial vehicle equipped with a two-piece geodetic receiver to determine the exact geographical coordinates. Subsequently, with the help of a drone, fertilizer application was monitored, and the germination of agricultural plants was assessed after the application of agromeliorants.

Based on the received materials, a library of electronic maps of the territories where the work was carried out was created in the ArcGis software environment. They included 4 farms of the Novozybkov district and 2 farms of the Krasnogorsk district. The library of electronic maps included cartographic information on the types of land use, surface contamination of soils with ¹³⁷Cs, types and granulometric composition of soils, their agrochemical parameters, germination, yield, reduction ratio of ¹³⁷Cs inflow

into crop and forage production, as well as on the boundaries of elementary experimental plots with the designation type of fertilizer applied.

Key words: *Nuclear pollution, agricultural land, adaptive landscape farming system, GIS, maps, attribute database, unmanned aerial vehicles*

For citation: Krechetnikov V.V., Krechetnikova E.O., Titov I.E., Ivankin N.G. Creation of a GIS project of the results of testing technologies to reduce the accumulation of radionuclides in agricultural products. Geoinformatika. 2022;(3):56–62. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-3-56-62>. In Russ.

Введение

На территории Брянской области, подвергшейся в 1986 году радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС, на сегодняшний момент активно ведется сельскохозяйственное производство. На территориях 5-ти наиболее загрязненных юго-западных районов в настоящее время действует более 90 сельхоз предприятий. Учитывая пятнистое распределение загрязнения сельскохозяйственных территорий, обусловленное неоднородностью выпадений, в некоторых хозяйствах возможно производство продукции растениеводства и кормопроизводства с повышенным содержанием ^{137}Cs . Для создания благоприятных условий проживания населения в условиях радиоактивного загрязнения разрабатываются проекты, направленные на реабилитацию, устойчивое функционирование и социально-экономическое развитие территорий и поселений. Одним из основных направлений является совершенствование систем аграрного производства на загрязненных землях, направленное на снижение поступления ^{137}Cs в сельскохозяйственную продукцию. С целью выполнения этой задачи реализуется разработка новых видов удобрений и технологий ведения сельского хозяйства.

Для проведения производственных испытаний применения новых видов агроулучшителей и гуминовых препаратов в растениеводстве и кормопроизводстве были выбраны следующие сельскохозяйственные предприятия: ООО «ФХ Пуцко»

(на землях СХПК «Память Ленина»), СПК «Заречье» (бывшее СПК «Красная Ипать») СПК «им. Ленина», СПК «Комсомолец» Новозыбковского района, СПК «Родина», СПК «им. Чапаева» Красногорского района Брянской области.

В качестве новых подходов к технологиям по снижению накопления радионуклидов в сельскохозяйственной продукции были предложены наиболее перспективные агроулучшители. В полевых исследованиях на территории Брянской области испытывались следующие агроулучшители: Доломитовая мука, Калиймаг, Боркалимagneзия, Фосс Агро НР, ФОСАГРО НРК, ГЕОТОН, ГУМИТОН, ГУМИСТИМ. Данные виды удобрений применялись при выращивании следующих сельскохозяйственных культур: зерновых, картофеля, сахарного сорго и кормовых культур (1-ый год).

При проведении производственных испытаний на всех стадиях выполнения работ применялись технологии аэрофотосъемки с использованием дрона. Для обработки и анализа полученной информации применялись геоинформационные системы.

Результаты и их обсуждение

Работы проводились в несколько этапов. На первом этапе с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА) DJI Mavic 2 PRO Geobox For a PPK L1L2 DRONE UPGRADE, оснащенного двухчастным геодезическим приемником Geobox GNSS PPK Logger для определения точных (1-2 см) координат цен-

Рис. 1. Квадрокоптер DJI Mavic 2 PRO

Fig. 1. Quadcopter DJI Mavic 2 PRO



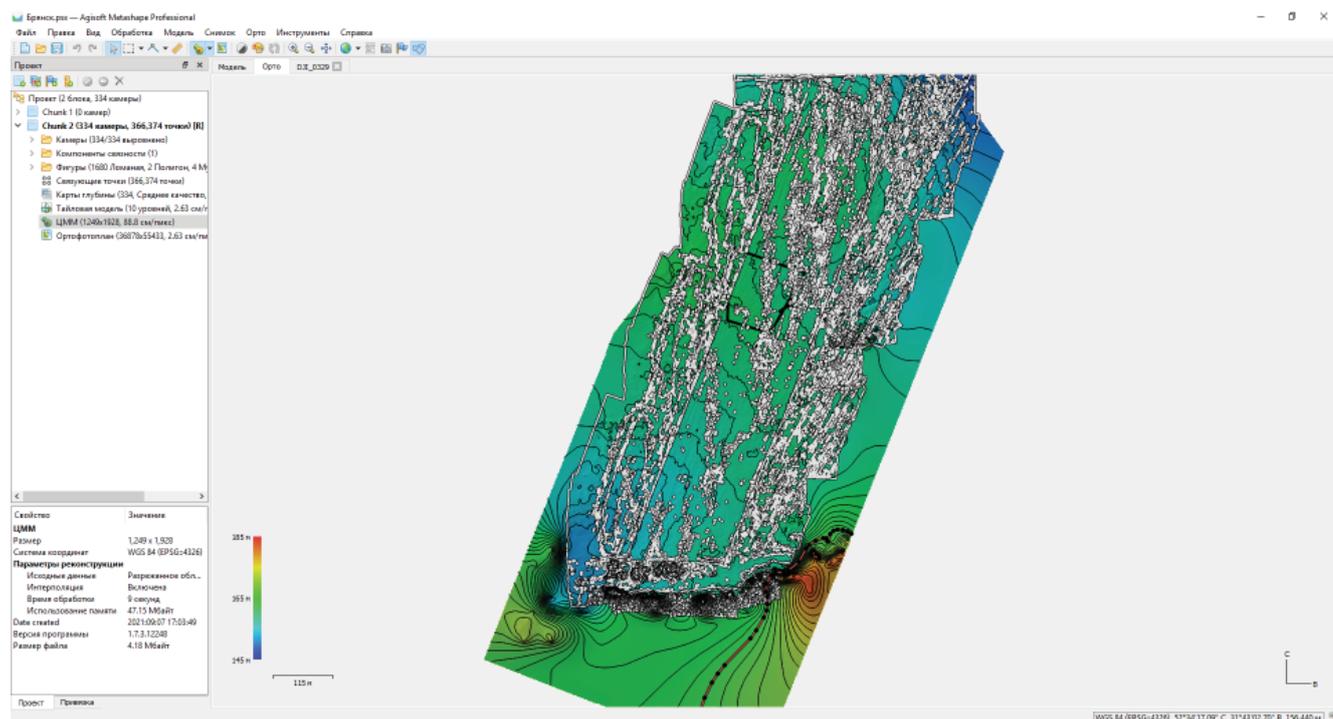
Рис. 2. Создание полетного маршрута

Fig. 2. Creation of a flight route



Рис. 3. Создание ЦММ в Agisoft Metashape Professional

Fig. 3. Creation of DTM in Agisoft Metashape Professional



тров фотографий методом РРК проводилась оценка пригодности участка для проведения испытаний (рис. 1).

Были созданы полетные маршруты для каждого опытного участка. Полетные маршруты создавались в программной среде DJI Pilot для Android, которая позволяет в автоматическом режиме производить аэрофотосъемку местности, учитывая погодные ус-

ловия и наличие высотных объектов на местности (рис. 2).

В последующем была выполнена аэрофотосъемка различных сельхозугодий для определения кривизны поверхности, размеров и удобства расположения. Полученный набор высокоточных снимков был обработан в программной среде Agisoft Metashape Professional. Эта программа дает возмож-

Рис. 4. Разбивка поля на элементарные участки с назначением применяемых удобрений
Fig. 4. Breakdown of the field into elementary plots with the appointment of applied fertilizers

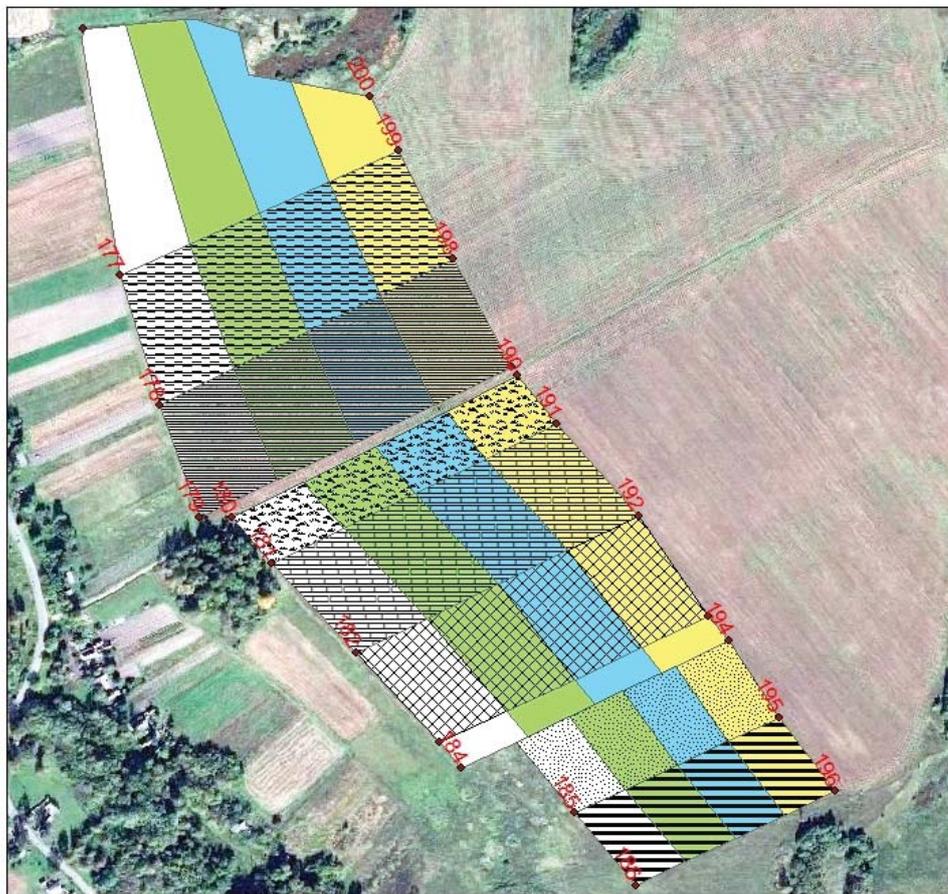


Рис. 5. Оценка всхожести сельскохозяйственных культур по фотоснимкам
Fig. 5. Evaluation of the germination of agricultural crops by photographs



Рис. 6. Карта расположения границ элементарных опытных участков с обозначением типа внесенных удобрений для СПК «им. Чапаева»

Fig. 6. Map of the location of the boundaries of the elementary experimental plots with the designation of the type of fertilizer applied for the SPK "im. Chapaev"



Боркалмагнезия + ФосАгро (N, Геотон	Доломитовая мука + ФосАгро(N, Геотон
Боркалмагнезия + ФосАгро (N, Гумистин	Доломитовая мука + ФосАгро(N, Гумистин
Боркалмагнезия + ФосАгро (N, Гумитон	Доломитовая мука + ФосАгро(N, Гумитон
Боркалмагнезия + ФосАгро (N, Фон	Доломитовая мука + ФосАгро(N, Фон
Боркалмагнезия, Геотон	Доломитовая мука, Геотон
Боркалмагнезия, Гумистин	Доломитовая мука, Гумистин
Боркалмагнезия, Гумитон	Доломитовая мука, Гумитон
Боркалмагнезия, Фон	Доломитовая мука, Фон
Долом+ Фос кал, Геотон	Фон хозяйства, Геотон
Долом+ Фос кал, Гумистин	Фон хозяйства, Гумистин
Долом+ Фос кал, Гумитон	Фон хозяйства, Гумитон
Долом+ Фос кал, Фон	Фон хозяйства, Фон
Доломитовая мука + КалийМаг, Геотон	ФосАгро (N 8P 20K30), Геотон
Доломитовая мука + КалийМаг, Гумистин	ФосАгро (N 8P 20K30), Гумистин
Доломитовая мука + КалийМаг, Гумитон	ФосАгро (N 8P 20K30), Гумитон
Доломитовая мука + КалийМаг, Фон	ФосАгро (N 8P 20K30), Фон

ность обрабатывать изображения, получаемые с помощью RGB- или мультиспектральных камер БПЛА и преобразовывать полученные снимки в плотные облака точек, текстурированные полигональные модели, геопривязанные ортофотопланы и цифровые модели рельефа/местности (ЦМР/ЦММ) (рис. 3).

После определения полей, на которых будут производиться испытания выполнялась разметка

элементарных экспериментальных участков. Производилась полевая разбивка полей большой площади (более 10 га) на элементарные участки площадью от 4 до 0,5 га. Затем для каждого элементарного участка назначался вид вносимых удобрений (рис. 4).

На втором этапе работ вносились удобрения согласно разметке. Контроль за внесением агроメリорантов в границах размеченных опытных участков

осуществлялся с помощью визуального наблюдения с применением высокоточной камеры БПЛА. После внесения удобрений проводилась оценка всхожести сельскохозяйственных культур. Проводилась аэрофотосъемка полей со всходами, полученные фотографии высокого разрешения обрабатывались, создавался ортофотоплан наблюдаемой территории. В программной среде ArcGis проводился анализ полученного растрового изображения высокой детализации с использованием модуля 3D Analyst, выделялись области с не проросшими сельхозкультурами, считалась их площадь и процентное соотношение (рис. 5).

На основе собранных данных создан ГИС проект результатов испытаний технологий по снижению накопления радионуклидов в сельскохозяйственной продукции. Собранные данные добавлялись в программную среду ArcGis 10.5, где происходила обработка, а затем ее отображение. Импортировались полученные ЦММ, оцифровывались границы хозяйств, создавалась структура проекта во фрейме данных, заполнялась база атрибутивных данных. Завершенный ГИС проект представляет собой библиотеку электронных карт для 6 опытных хозяйств Новозыбковского и Красногорского районов Брянской области и включает следующую информацию:

- типы землепользования на опытных участках;
- поверхностное загрязнение ^{137}Cs опытных участков;
- типы почв;
- содержание гумуса в почве;
- агрохимический состав почвы: pH_{KCl} , P_2O_5 , K_2O ;
- границы элементарных опытных участков с обозначением типа внесенных удобрений;

- урожайность сельскохозяйственных культур;
- кратность снижения поступления цезия в сельскохозяйственную продукцию.

На рисунке 6 приведен пример созданных с использованием ГИС систем векторных карт для опытных хозяйств Новозыбковского района Брянской области. На них представлены векторные карты расположения опытных участков и типов землепользования, а также расположение границы элементарных опытных участков с обозначением типа внесенных удобрений для СПК «им. Чапаева».

Выводы

При проведении производственных испытаний активно применялись технологии дистанционного зондирования с применением БПЛА и ГИС технологии. На стадии подготовки работ с помощью дрона производился выбор оптимальных участков для проведения испытаний. Производилась аэрофотосъемка и на основании полученных данных создавались ЦММ и ортофотопланы местности. На стадии внесения агроулучшителей осуществлялся контроль с использованием БПЛА. Также проводилась оценка всхожести посредством анализа ортофотоплана и выделения зон с отсутствием проростков.

В ходе выполнения испытаний вся собранная информация оперативно добавлялась и обрабатывалась в созданный ГИС проект. Созданная ГИС открыта для редактирования и внесения новых данных. Результаты работы являются информационной базой для решения реальных задач применения новых технологий в сельскохозяйственном производстве, направленных на снижение содержания ^{137}Cs в продукции растениеводства и кормопроизводства.

Статья поступила в редакцию 21.09.2022, одобрена после рецензирования 22.09.2022, принята к публикации 23.09.2022.
The article was submitted 21.09.2022; approved after reviewing 22.09.2022; accepted for publication 23.09.2022.

Информация об авторах

Кречетников Виктор Владимирович

Научный сотрудник

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»

249032 г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км

e-mail: viktor.krechetnikov@mail.ru

ORCID: 0000-0002-6099-6917

Scopus: 57208577554

Information about authors

Victor V. Krechetnikov

Researcher

Russian Institute of Radiology and Agroecology

Kievskoe shosse 109 km, Obninsk, Kaluga region, 249032, Russia

e-mail: viktor.krechetnikov@mail.ru

ORCID: 0000-0002-6099-6917

Scopus: 57208577554

Кречетникова Евгения Олеговна

Младший научный сотрудник

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»

249032 г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км

e-mail: evg.krechet@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-3601-2201

Титов Игорь Евгеньевич

Научный сотрудник

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»

249032 г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км

e-mail: titan13_08@mail.ru

ORCID: 0000-0002-5275-3229

Scopus: 36449472300

Иванкин Николай Геннадиевич

Научный сотрудник

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»

249032 г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км

Evgeniya O. Krechetnikova

Junior Researcher

Russian Institute of Radiology and Agroecology

Kievskoe shosse 109 km, Obninsk, Kaluga region, 249032, Russia

e-mail: evg.krechet@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-3601-2201

Igor E. Titov

Researcher

Russian Institute of Radiology and Agroecology

Kievskoe shosse 109 km, Obninsk, Kaluga region, 249032, Russia

e-mail: titan13_08@mail.ru

ORCID: 0000-0002-5275-3229

Scopus: 36449472300

Nikolai G. Ivankin

Researcher

Russian Institute of Radiology and Agroecology

Kievskoe shosse 109 km, Obninsk, Kaluga region, 249032, Russia