Геоинформатика. 2022. № 2. С. 62–68.
Geoinformatika. 2022;(2):62–68.

Геоэкология

Научная статья
УДК 631.95
https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-2-62-68

Информационная основа для проектирования системы адаптивно-ландшафтного земледелия на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных землях Плавского района Тульской области

© 2022 г. — Виктор Владимирович Кречетников[1, a)], Евгения Олеговна Кречетникова[1, b)], Владимир Константинович Кузнецов[1, c)], Игорь Евгеньевич Титов[1, d)]

[1]Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии; г. Обнинск, Россия
[a)]viktor.krechetnikov@mail.ru, [b)]evg.krechet@yandex.ru, [c)]vkkuzn@yandex.ru, [d)]titan13_08@mail.ru

Аннотация: В статье приведены результаты создания информационной основы для проектирования системы адаптивно-ландшафтного земледелия на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных землях Плавского района Тульской области. Для информационной поддержки проектирования системы была проведена оценка современного состояния этих территорий, дана характеристика радиоэкологического состояния земель, рельефа и агрохимических показателей почв. Полученная информация была собрана в базу атрибутивных данных.

Поскольку собранная информация имеет пространственную привязку, для ее обработки и визуализации было решено использовать географические информационные системы. В ходе работ была разработана структура эколого-агрономической ГИС. Был выполнен подбор и оцифровка базового картографического материала с уточнением координат основных границ. Созданная ГИС будет обеспечивать информационно-аналитическую поддержку при проектировании системы адаптивно-ландшафтного земледелия на исследуемых территориях.

Ключевые слова: ***радиоактивное загрязнение, сельскохозяйственные земли, адаптивно-ландшафтная система земледелия, ГИС; карты, атрибутивная база данных, агроландшафт***

Для цитирования: Кречетников В.В., Кречетникова Е.О., Кузнецов В.К., Титов И.Е. Информационная основа для проектирования системы адаптивно-ландшафтного земледелия на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных землях Плавского района Тульской области. // Геоинформатика. — 2022. — № 2. — С. 62–68. https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-2-62-68.

Geoecology

Original article

Information basis for designing an adaptive landscape farming system on radioactively contaminated agricultural lands of Plavsky District, Tula Region

© 2022 — Viktor V. Krechetnikov[1, a)], Evgenia O. Krechetnikova[1, b)], Vladimir K. Kuznetsov[1, c)], Igor E. Titov[1, d)]

[1]Russian Institute of Radiology and Agroecology; Obninsk, Russia
[a)]viktor.krechetnikov@mail.ru, [b)]evg.krechet@yandex.ru, [c)]vkkuzn@yandex.ru, [d)]titan13_08@mail.ru

Abstract: The article presents the results of creating a basis for designing a system of adaptive landscape farming on radioactively contaminated agricultural lands of the Plavsky district of the Tula region. To provide information support for the design of the system, an assessment of the current state of these territories was carried out, the characteristics of the radioecological state of lands, relief and agrochemical indicators of soils are given. The resulting information was collected into an attributive database.

Since the collected information has a spatial reference, it was decided to use geographic information systems for its processing and visualization. In the course of the work, the structure of the ecological-agronomic GIS was developed. The selection and digitization of the basic cartographic material was carried out with the specification of the coordinates of the main boundaries. The created GIS will provide information and analytical support in the design of an adaptive landscape farming system in the studied territories.

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

For citation: Krechetnikov V.V., Krechetnikova E.O., Kuznetsov V.K., Titov I.E. Information basis for designing an adaptive landscape farming system on radioactively contaminated agricultural lands of Plavsky District, Tula Region. *Geoinformatika.* 2022;(2):62–68. https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-2-62-68. In Russ.

Введение

Весной 1986 года в результате аварии на Чернобыльской атомной электростанции радиоактивному загрязнению подверглись регионы, относящиеся к территориям интенсивного ведения сельскохозяйственного производства. Выброс радиоактивных веществ затронул 21 субъект Российской Федерации. Площадь территории с плотностью загрязнения ^{137}Cs выше 37 кБк/м^2 на них составила более 65 тыс. км^2. Из хозяйственного использования было выведено 17,1 тыс. га сельскохозяйственных земель [1]. В результате довольно продолжительного выброса радиоактивных веществ под действием постоянно изменяющихся погодных условий радиоактивные выпадения распределялись по территории неоднородно.

Сложившаяся радиологическая обстановка на загрязненных территориях обусловила необходимость разработки систем ведения сельского хозяйства, учитывающих уровни и характер загрязнения сельскохозяйственных земель, зональные и агроландшафтные особенности территорий, специфику ведения отдельных отраслей растениеводства и животноводства, а также эколого-экономическую эффективность реабилитационных мероприятий по снижению перехода радионуклидов в продукцию. Этим требованиям в наибольшей степени соответствует адаптивно-ландшафтное земледелие, внедрение основных принципов которого на радиоактивно загрязненных территориях потребует и внедрения защитных мероприятий эколого-ландшафтной направленности.

Адаптивно-ландшафтная система земледелия — это система использования земли определенной агроэкологической группы, ориентированная на производство продукции экономически и экологически обусловленного количества, и качества в соответствии с общественными (рыночными) потребностями, природными и производственными ресурсами, обеспечивающая устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия [3].

Таким образом внедрение адаптивно-ландшафтной системы земледелия в систему ведения сельского хозяйства на радиоактивно загрязненных территориях потребует проектирования и внедрения специальных реабилитационных мероприятий с учетом ландшафтных особенностей этих территорий путем группировки угодий и типизации земель и последующего адресного применения защитных мероприятий непосредственно в каждом типологическом комплексе.

Для выполнения данной задачи необходимо оценить современную радиоэкологическую обста-

Рис. 1. Картосхемы внутрихозяйственного использования территории четырех хозяйств Плавского района
Fig. 1. On-farm maps of the on-farm use of the territory of 4 farms of the Plavsky district

A — ГНУ Тульский НИИСХ; B — ЗАО Тульская Нива отд. Ольхи; C — ООО МТС Ново-Никольская; D — ООО Камынино

A — *State Scientific Institution Tula Research Institute of Agriculture;* B — *CJSC Tulskaya Niva of the Alder Department;* C — *LLC MTS Novo-Nikolskaya;* D — *LLC Kamynino*

новку на загрязненных сельскохозяйственных территориях, оценить особенности рельефа и степень эродированности почв, обобщить и оценить информацию об агрохимических показателях сельскохозяйственных земель.

Результаты и их обсуждение

Задачей исследования стало создание информационной основы информационной поддержки по разработке системы адаптивно-ландшафтного земледелия для радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных земель, обеспечивающей снижение поступления ^{137}Cs в сельскохозяйственную продукцию. В качестве объекта были выбраны сельскохозяйственные территории Плавского района Тульской области. В ходе разработки системы были использованы данные, предоставленные ФГБУ «Плавскагрохимрадиология», а также данные многолетних полевых изысканий.

Информация о состоянии сельскохозяйственных территорий и результатах полевых изысканий имеет пространственную привязку, поэтому для ее обработки и визуализации использовались географические информационные системы.

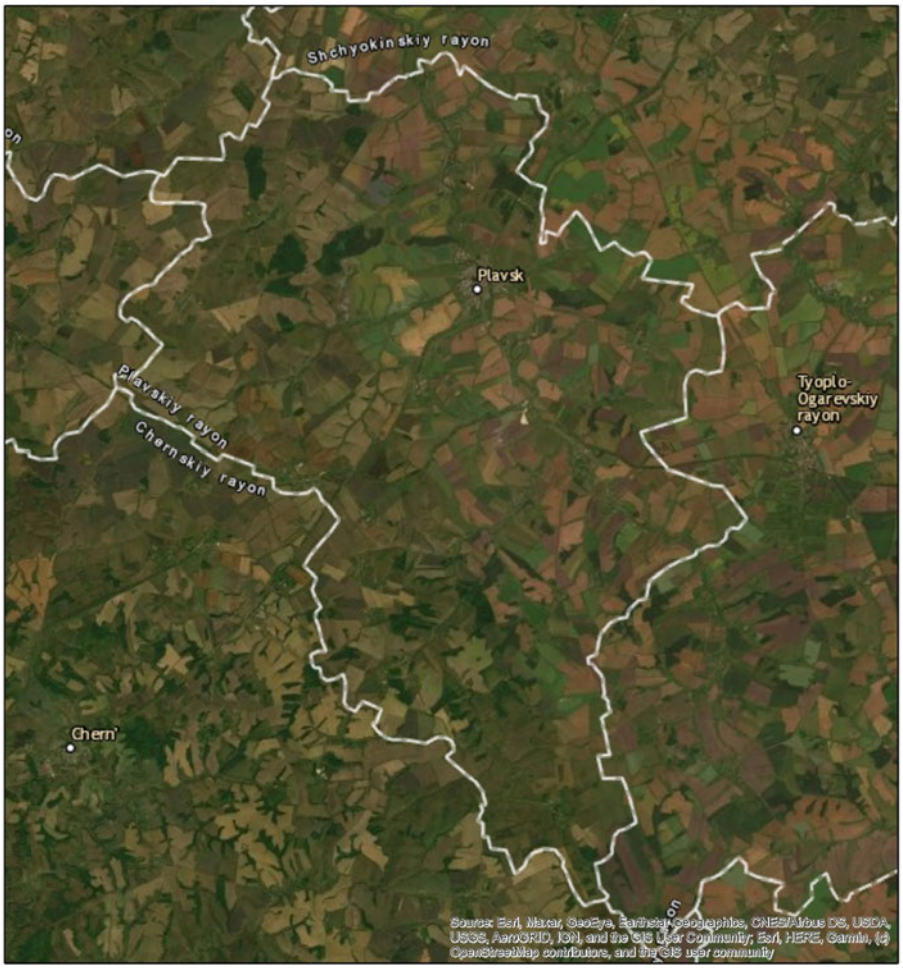
Вся собранная информация в дальнейшем добавлялась и обрабатывалась в программной среде ArcGis 10.5 — аппаратно-программном комплексе, обеспечивающем сбор, обработку, отображение и распространениепространственно-координированных данных и связанных с ними непространственных, а также получение на их основе информации и знаний о геопространстве. ArcGis включают в себя возможности СУБД, редакторов растровой и векторной графики и аналитических средств и позволяют решать широкий спектр задач.

В качестве источников картографической информации для формирования ГИС использовались существующие картосхемы внутрихозяйственного использования территорий хозяйств, топографические карты и данные дистанционного зондирования (космоснимки) (рис. 1, 2).

Территория Плавского района расположена в северо-восточной части Средне-Русской возвышенности и относится к Новомосковско-Плавскому

Рис. 2. Космоснимок территории Плавского района

Fig. 2. Satellite image of the territory of the Plavsky District



геоморфологическому району, который протянулся широкой полосой с северо-востока на юго-запад на водоразделе рек Дон, Плава и Упа. Климат умеренно-континентальный, с умеренно холодной зимой и тёплым летом. Территория Плавского района относится к лесостепной зоне. Леса занимают небольшую площадь.

По характеру рельефа территория представляет собой широковолнистую равнину, в средней степени расчлененную овражно-балочной сетью. Склоны балок имеют крутизну 10–15 и более градусов, хорошо задернованы и практически не имеют промоин и растущих оврагов. Отвершки, отходящие от этих балок, имеют более пологие склоны, днища становятся шире и также хорошо задернованы.

Общая земельная площадь Плавского района составляет 102,46 тыс. га. Земли сельскохозяйственного назначения составляют 89,8 тыс. га, в том числе пашня — 76,4 тыс. га, сенокосы — 3,4 тыс. га, пастбища — 8,9 тыс. га и 355 га залежь [2].

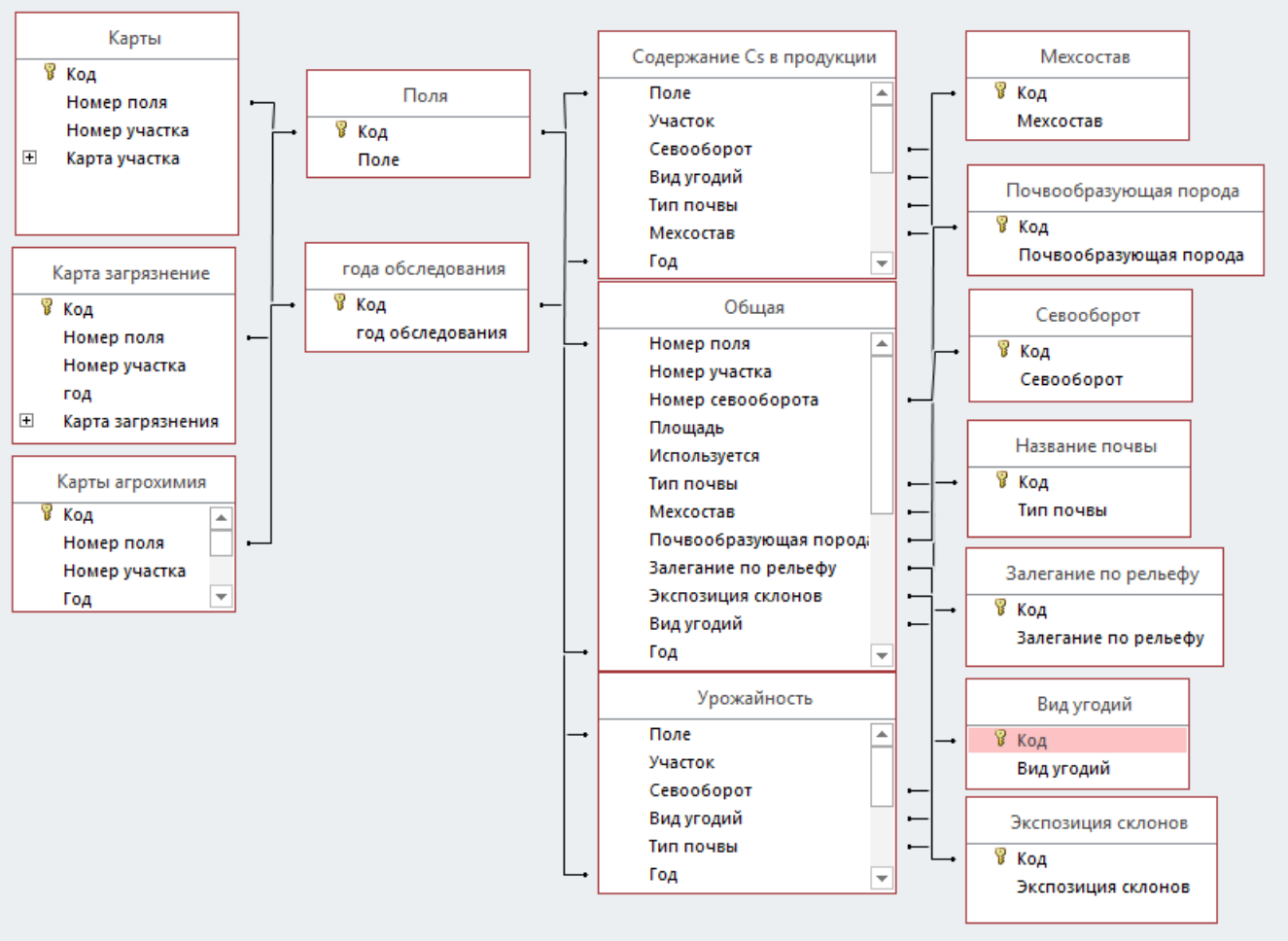
Землепользование Плавского района из-за сильной изрезанности рельефа характеризуется большим ландшафтным разнообразием. Все сельскохозяйственные земли Плавского района можно разделить на 5 групп: плакорные земли, умеренно-эрозионные земли, среднеэрозионные земли, сильноэрозионные (овражно-балочные) земли, полугидроморфные и гидроморфные земли [6].

Почвенный покров представлен черноземными почвами. Наибольшее распространение получили чернозем выщелоченный среднемощный среднесуглинистый на лессовидном суглинке и в меньшей степени чернозем оподзоленный среднемощный на лессовидном суглинке среднесуглинистый. Содержание гумуса на сельскохозяйственных землях Плавского района высокое и в среднем составляет 6,5%. Обеспеченность почвы подвижным фосфором в основном средняя (50–100 мг/кг почвы) на 49,1% и повышенная (100–150 мг/кг почвы) на 28,4% земель. Содержание K_2O варьирует в основном в диапазонах от 80 до 170 мг/кг почвы, что указывает на среднюю и повышенную обеспеченность почвы. Почвы преимущественно средне и слабокислые [2].

В течение всего послеаварийного периода было проведено несколько туров радиологического обследования сельскохозяйственных земель Плавско-

Рис. 3. Структура базы данных, содержащей атрибутивную информацию

Fig. 3. The structure of the database containing attribute information



го района Тульской области. Анализ имеющейся информации показал, что радиационная обстановка на сельскохозяйственных угодьях Плавского района значительно улучшилась. Средневзвешенная плотность загрязнения ^{137}Cs не превышает 74 кБк/м^2. За время, прошедшее с момента аварии, произошло перераспределение площадей по уровням загрязнения. Площадь загрязненных ^{137}Cs сельхозугодий Плавского района с плотностью загрязнения 185–555 кБк/м^2 в период с 1994 по 2021 годы сократилась в 2 раза. Так же возросла почти в 3 раза площадь сельхозугодий с плотностью загрязнения менее 37 кБк/м^2 [7].

Полученная информация была объединена в базах атрибутивных данных [4]. В дальнейшем для проектирования адаптивно-ландшафтной системы земледелия для сельскохозяйственных территорий Плавского района Тульской области база атрибутивных данных будет экспортирована в геоинформационную систему и географически ориентирована посредством привязки к оцифрованным географическим объектам (рис. 3).

Для создания ГИС-проекта, обеспечивающего информационную поддержку адаптивно-ландшафтной системы земледелия был выполнен подбор и оцифровка базового картографического материала с уточнением координат основных границ хозяйств (рис. 4) [5].

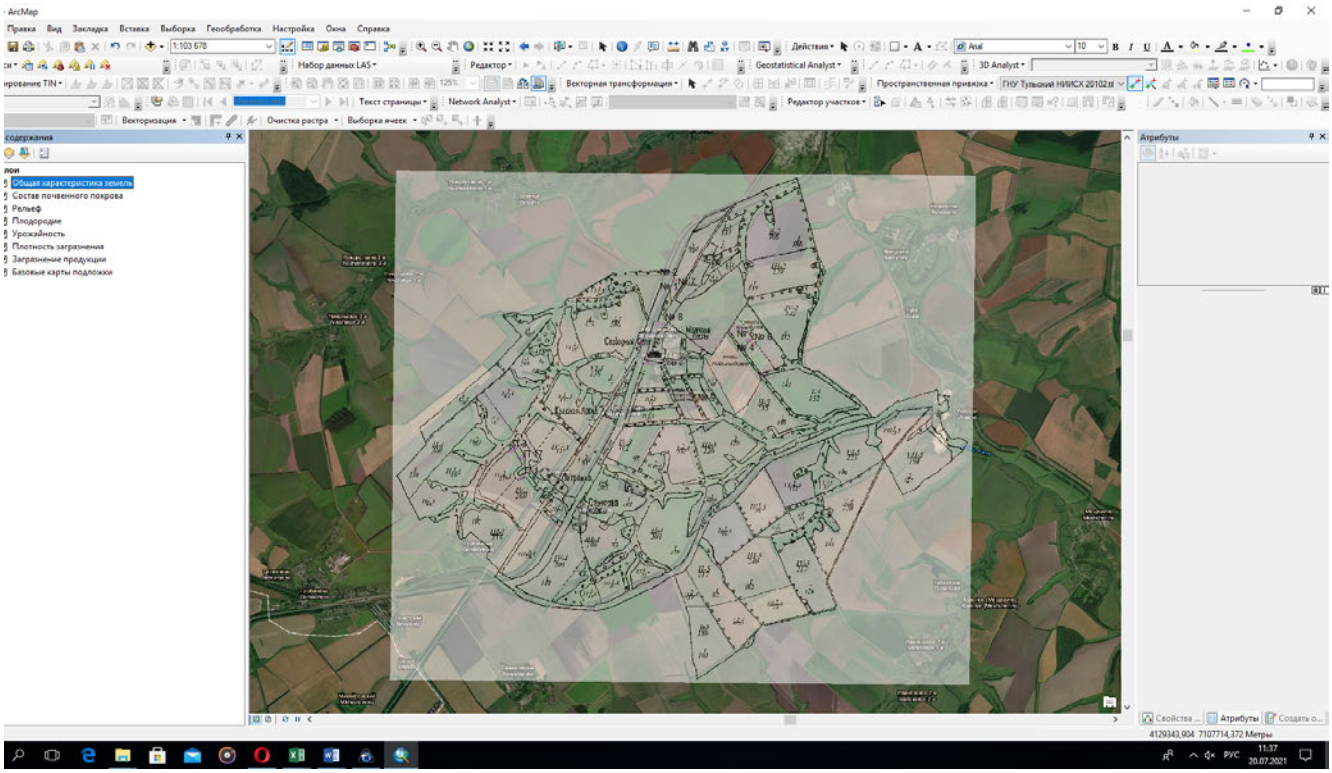
Созданный ГИС-проект содержит следующие разделы:

- базовые карты подложки;
- общая характеристика земель (площадь полей, вид землепользования (пашня, сенокос, пастбище), севооборот);
- состав почвенного покрова полей и участков;
- рельеф (экспозиция склонов, уклон, степень эродированности, изолинии высот);
- средние значения основных агрохимических показателей почв (кислотность, содержание гумуса, подвижного фосфора, подвижного калия и др.);
- показатели урожайности;
- уровни содержания ^{137}Cs в почве (Бк/кг);
- коэффициенты накопления или коэффициенты перехода радионуклидов в урожай сельскохозяйственных культур.

В дальнейшем созданные разделы будут пополнятся, а результаты анализа и обработки собранной

Рис. 4. Привязка картосхемы внутрихозяйственного использования территории хозяйства ГНУ Тульский НИИСХ

Fig. 4. Linking the map of on-farm use of the territory of the economy of the State Scientific Institution Tula Research Institute of Agriculture



информации отображаться на следующих электронных картах:

• электронная административно-хозяйственная карта, содержащая информацию о населенных пунктах, транспортных путях сообщения, землях лесного фонда, водных объектах и др.;

• электронная почвенная карта с указанием типа почв и их гранулометрического состава;

• электронные карты с информацией об основных агрохимических свойствах почв;

• карта рельефа с изолиниями высот и информацией об уклонах, экспозиции склонов;

• карта радиоактивного загрязнения почв с диапазоном уровней радиоактивного загрязнения (менее 37, 37÷185, 185÷555, 555÷1480, свыше 1480 кБк/м^2);

• карта урожайности сельскохозяйственных земель;

• карта риска радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции.

Выводы

В ходе работ была проведена оценка современной радиоэкологической обстановки на загрязненных сельскохозяйственных территориях, оценка особенности рельефа и степени эродированности почв, оценены современные агрохимические показатели почв. Собранная информация была объединена в базу данных, которая в дальнейшем будет экспортирована в эколого-агрономическую ГИС.

Разработана структура эколого-агрономической ГИС для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия на радиоактивно загрязненных землях Плавского района Тульской области. Был выполнен подбор и оцифровка базового картографического материала с уточнением координат основных границ.

Разработанная ГИС система будет открыта для редактирования и внесения новых данных. Она будет содержать всю необходимую информацию для принятия решений по размещению сельскохозяйственных культур, выбору технологий их возделывания, оптимальной организации территории с учетом плодородия почв, уровней радиоактивного загрязнения, ландшафтных особенностей и рисков получения радиоактивно загрязненной продукции, то есть формирования системы адаптивно-ландшафтного земледелия и применения необходимых агротехнологий.

Список источников

1. *Атлас* современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия-Беларусь) / Под ред. Ю.А. Израэля и И.М. Богдевича. – Москва;Минск : Фонд Инносфера - НИА Природа, 2009. – 140 с.

2. *Кирюшин В.И.* Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов. – М. : Колос, 2011. – 443 с.

3. *Кречетникова Е.О., Кречетников В.В., Титов И.Е., Кузнецов В.К.* База данных результатов радиоэкологического мониторинга загрязненных сельскохозяйственных земель Тульского НИИСХ // Геоинформатика. – 2021. – № 2. – С. 53–58. DOI: 10.47148/1609-364X-2021-2-53-58.

4. *Кречетникова Е.О., Кречетников В.В., Титов И.Е., Кузнецов В.К.* Геоинформационная система для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия на радиоактивно загрязненной территории Тульского НИИ сельского хозяйства // Геоинформатика. – 2020. – № 4. – С. 12–19.

5. *Кузнецов В.К.* Научные основы и системы мероприятий по реабилитации радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных территорий в адаптивно-ландшафтном земледелии: автореф. дис. … докт. биол. наук. – Обнинск, 2014. – 50 с.

6. Радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС: биологические эффекты, миграция, реабилитация загрязненных территорий / Под ред. Н.И. Санжаровой, С.В. Фесенко. – М. : РАН, 2018. – 278 с.

7. Доклад о состоянии и использовании земель в Тульской области в 2020 г. / Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Тульской области. – Тула, 2021. – 126 с.

References:

1. *Izraehl' Yu.A., Bogdevich I.M. (eds.)* Atlas sovremennykh i prognoznykh aspektov posledstvii avarii na Chernobyl'skoi AEHS na postradavshikh territoriyakh Rossii i Belarusi (ASPA Rossiya-Belarus') [Atlas of contemporary and predictive aspects of the consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant in the affected territories of Russia and Belarus (ASPA Russia-Belarus)]. Moskow; Minsk: Fond Innosfera - NIA Priroda; 2009. 140 p.

2. Kiryushin V.I. Teoriya adaptivno-landshaftnogo zemledeliya i proektirovanie agrolandshaftov [Theory of adaptive landscape agriculture and design of agricultural landscapes]. Moscow: Kolos: 2011. 443 p.

3. Krechetnikova E.O., Krechetnikov V.V., Titov I.E., Kuznetsov V.K. Database of the results of radioecological monitoring of contaminated agricultural lands of the Tula NIISH. *Geoinformatika*. 2021;2:53–58. DOI: 10.47148/1609-364X-2021-2-53-58.

4. Krechetnikova E.O., Krechetnikov V.V., Titov I.E., Kuznetsov V.K. Geoinformation system for designing adaptive landscape farming systems on the radioactively contaminated territory of the Tula Research Institute of Agriculture. *Geoinformatika.* 2020;4:12–19.

5. *Kuznetsov V.K.* Nauchnye osnovy i sistemy meropriyatii po reabilitatsii radioaktivno zagryaznennykh sel'skokhozyaistvennykh territorii v adaptivno-landshaftnom zemledelii: avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk [Scientific foundations and systems of measures for the rehabilitation of radioactively contaminated agricultural areas in adaptive landscape agriculture: dissertation abstract of Doctor of Biological Sciences]. Obninsk; 2014. 50 p.

6. *Sanzharova N.I., Fesenko S.V. (eds.)* Radioecological consequences of the Chernobyl accident: biological effects, migration, rehabilitation of contaminated areas. Moscow: RAN; 2018. 278 p.

7. Doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Tul'skoi oblasti v 2020 g. [Report on the state and use of land in the Tula Region in 2020]. Tula; 2021. 278 p.

Статья поступила в редакцию 30.04.2022, одобрена после рецензирования 11.05.2022, принята к публикации 01.06.2022.
The article was submitted 30.04.2022; approved after reviewing 11.05.2022; accepted for publication 01.06.2022.

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

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

Кузнецов Владимир Константинович
Доктор биологических наук,
Главный научный сотрудник, и.о. зав. лаборатории
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»
249032 г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км
e-mail: vkkuzn@yandex.ru
ORCID: 0000-0003-4481-9395

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

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

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

Vladimir K. Kuznetsov
Doctor of Biological Sciences
Chief Researcher, Acting Head Laboratory Russian Institute of Radiology and Agroecology
Kievskoe shosse 109 km, Obninsk, Kaluga region, 249032, Russia
e-mail: vkkuzn@yandex.ru
ORCID: 0000-0003-4481-9395

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