

База данных результатов радиоэкологического мониторинга загрязненных сельскохозяйственных земель Тульского НИИСХ

© 2021 г. — Е.О. Кречетникова¹, В.В. Кречетников¹, И.Е. Титов¹, В.К. Кузнецов¹

¹ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии; Российская Федерация, г. Обнинск

Поступила 31.03.2021 г.

Принята к печати 01.06.2021 г.

Ключевые слова: база данных; адаптивно-ландшафтное земледелие; сельскохозяйственные территории; радиационная безопасность.

Аннотация: Для радиоактивно загрязненной территории Тульского НИИ сельского хозяйства создана база данных для хранения пространственно ориентированной информации. Созданная база данных содержит информацию о размещении сельскохозяйственных территорий; структуре севооборотов; распределении значений удельной активности ¹³⁷Cs на сельскохозяйственных угодьях; агрохимических показателях почв сельскохозяйственных территорий (содержание гумуса, калия, фосфора, кислотности); типов почвы; рельефа. Также содержится расчетный модуль для оценки содержания ¹³⁷Cs в продукции растениеводства и животноводства. Накопленный массив данных будет использован для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия с использованием обобщенной за многолетний период информации о содержании ¹³⁷Cs в почве.

Для цитирования: Е.О. Кречетникова, В.В. Кречетников, И.Е. Титов, В.К. Кузнецов 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.

Database of the results of radioecological monitoring of contaminated agricultural lands of the Tula NIISH

© 2021 г. — E.O. Krechetnikova¹, V.V. Krechetnikov¹, I.E. Titov¹, V.K. Kuznetsov¹

¹Russian Institute of Radiology and Agroecology; Obninsk, Russia

Received 31.03.2021

Accepted for publication 01.06.2021

Key words: database, adaptive landscape agriculture, agricultural lands, radiation safety.

Abstract: For the radioactively contaminated territory of the Tula Research Institute of Agriculture, a database has been created for storing spatially oriented information. The created database contains information about the location of agricultural areas; crop rotation structure; distribution of values of specific activity of ¹³⁷Cs on agricultural lands; agrochemical indicators of soils of agricultural territories (content of humus, potassium, phosphorus, acidity); soil types; relief. It also contains a calculation module for assessing the content of ¹³⁷Cs in crop and livestock products. The accumulated data array will be used for designing adaptive landscape farming systems using information on the ¹³⁷Cs content in the soil generalized over a long-term period.

For citation: 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. In Russ.

В результате произошедшей в 1986 г. аварии на Чернобыльской атомной электростанции практически вся территория Плавского района подверглась радиоактивному загрязнению. В результате появилась проблема загрязнения обширных сельскохозяйственных территорий. Для ведения на них хозяйственной деятельности без каких-либо ограничений по радиационному фактору и выращивания нормативно чистой продукции необходимо разработать систему наиболее эффективных адресных технологий.

В связи с этим была предложена система ведения сельского хозяйства, основанная на принципах адаптивно-ландшафтного земледелия, которая предусматривает проведение комплекса мероприятий по ограничению перехода радионуклидов в продукцию и разработку структуры размещения

отдельных отраслей производства в зависимости от уровня радиоактивного загрязнения и неоднородности агроландшафтов [4].

Для разработки адаптивно-ландшафтной системы ведения сельского хозяйства были выбраны сельскохозяйственные угодья Тульского научно-исследовательского института сельского хозяйства (Тульский НИИСХ), поскольку они расположены на территории, характеризующейся неоднородностью рельефа, сильно расчлененной овражно-балочной сетью с пологими и покатыми склонами разных экспозиций. Такие особенности мезорельефа обусловили сильную неоднородность распределения плотности загрязнения ¹³⁷Cs. В результате многолетних наблюдений за радиоэкологическим состоянием исследуемых территорий накопился большой массив данных, послуживших основой для разра-

ботки системы адаптивно-ландшафтного земледелия [2, 5].

Для хранения и обработки информации была создана база данных радиоэкологического мониторинга загрязненных сельскохозяйственных территорий Тульского НИИСХ. Созданная база данных является хранилищем атрибутивных данных, использующихся в геоинформационной системе, на основе которой ведется разработка адаптивно-ландшафтных систем земледелия радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных земель Тульского НИИСХ.

В базу данных были занесены данные детального радиологического и агрохимического обследования сельскохозяйственных угодий Тульского НИИСХ Плавского района, которое было проведено в 1994, 2004 и 2010 гг. ФГБУ «Плавскагрохимрадиология» Минсельхоза России. В базе данных собрана информация по загрязнению почв сельскохозяйственных угодий, продукции растениеводства, кормопроизводства и животноводства, а также информация об агрохимических характеристиках почв и рельефе.

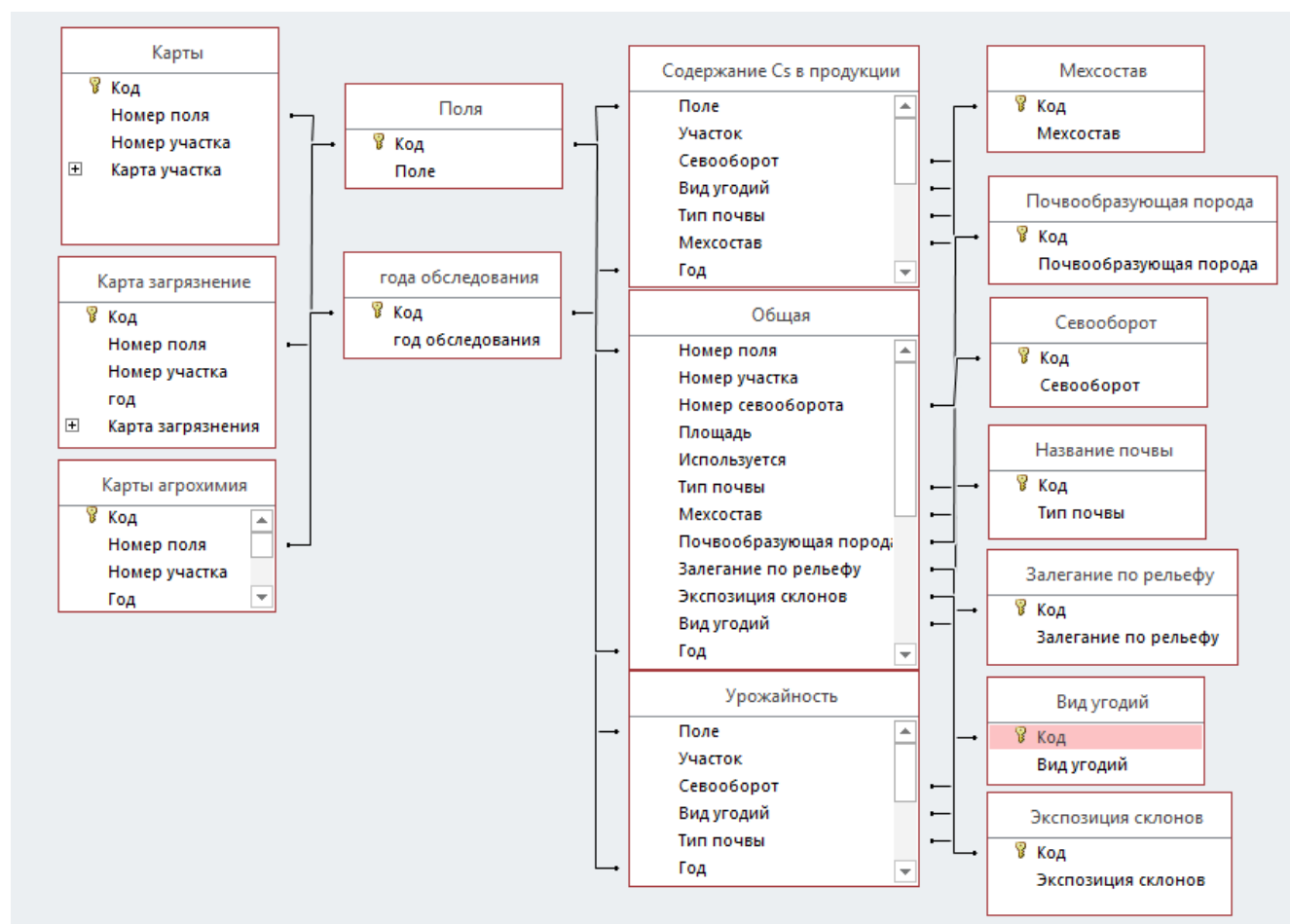
На сегодняшний момент в основные таблицы базы данных внесено более трех тысяч записей.

База данных результатов радиоэкологического мониторинга загрязненных сельскохозяйственных земель Тульского НИИСХ Плавского района создана с использованием системы управления базами данных (далее — СУБД) Access-2016, объектами которой являются таблицы для хранения информации, запросы, формы и макросы. СУБД Access обеспечивает все возможности обработки и управления данными при работе с большими объемами информации. Структура базы данных результатов радиоэкологического мониторинга загрязненных сельскохозяйственных земель Тульского НИИСХ Плавского района представлена на рис. 1.

База данных включает в себя три блока информации, состоящих из основных таблиц и вспомогательных таблиц, которые носят справочный характер. Приведенные в них обозначения и параметры используются в основных таблицах как элемент подстановки, предназначенный для избежания дублирования информации. Первый блок является информационным и представлен таблицей «Об-

Рис. 1. Логическая структура базы данных радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодий Тульского НИИСХ Плавского района

Fig. 1. The logical structure of the database of radioactively contaminated agricultural land in the Tula Research Institute of Agriculture, Plavsky District



щая». Она содержит расширенный объем данных о плотности загрязнения сельскохозяйственных угодий, агрохимических показателях и рельефе участков (табл. 1). Все таблицы составлены с учетом того, что в дальнейшем база будет пополняться новыми данными.

Идентификация элементарных участков проводилась по номеру поля, севооборота хозяйства и номерам участков. База данных является открытой, и в ней предусмотрен ввод информации для всей территории хозяйства. Классификаторы базы данных при необходимости могут быть дополнены — например, добавлены новые участки, севообороты, типы почв и т.д.

Второй блок информации является расчетным и содержит данные, необходимые для оценки содержания ^{137}Cs в сельскохозяйственной продукции, выращенной на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодьях. Он представлен в таблице «Содержание ^{137}Cs в продукции» (табл. 2).

Табл. 1. Поля таблицы «Общая»

Tab. 1. Fields of the "General" table

Поле	Формат поля	Описание
Номер поля	Числовой	Номер поля
Номер участка	Числовой	Номер элементарного участка
Номер севооборота	Числовой	Номер севооборота
Год обследования	Числовой	Год обследования
Использование	Числовой	Процент используемых земель
Вид угодий	Числовой	Вид угодий (пашня, сенокос, пастбище, многолетние насаждения, лес)
Площадь	Числовой	Площадь поля, га
Тип почвы	Текстовый	Название (текстовое) почвы
Мехсостав	Числовой	Механический состав почвы
Почвообразующая порода	Текстовый	Описание почвообразующей породы
Залегание по рельефу	Текстовый	Описание рельефа элементарного участка
Экспозиция склонов	Текстовый	Экспозиция склонов элементарного участка
Плотность загрязнения	Числовой	Плотность загрязнения ^{137}Cs , кБк/м ²
pH _{сол}	Числовой	Обменная кислотность почвы
Hr	Числовой	Гидролитическая кислотность почвы
Калий	Числовой	Содержание K ₂ O, мг/кг
Сера	Числовой	Содержание серы, мг/кг
Фосфор	Числовой	Содержание P ₂ O ₅ , мг/кг
Гумус, %	Числовой	Гумус, %
S	Числовой	Сумма обменных оснований, мг/100 г почвы
V	Числовой	Степень насыщенности основаниями, %

Накопление радионуклидов в сельскохозяйственных культурах зависит от плотности загрязнения почв, характеристик радионуклида, типа и свойств почв, биологических особенностей растений. Для расчетов используются коэффициенты перехода (КП) ^{137}Cs в сельскохозяйственные растения в зависимости от типов почв и почвенного плодородия, включая обеспеченность почв обменным калием [6].

Расчет уровней загрязнения ^{137}Cs продукции растениеводства и кормов сельскохозяйственных животных проводится по формуле (1):

$$A_{np} = КП \times P_n \quad (1)$$

где A_{np} — удельная активность радионуклида в продукции, Бк/кг; КП — коэффициент перехода радионуклида в продукцию (Бк/кг)/(кБк/м²); P_n — плотность загрязнения радионуклидом почвы, кБк/м².

Табл. 2. Поля таблицы «Содержание ^{137}Cs в продукции»Tab. 2. Fields of the table " ^{137}Cs content in products"

Поле	Формат поля	Описание
Поле	Числовой	Номер поля
Участок	Числовой	Номер участка
Севооборот	Числовой	Тип севооборота
Вид угодий	Числовой	Вид угодья
Тип почвы	Числовой	Тип почвы
Мехсостав	Числовой	Механический состав почвы
Год	Числовой	Год обследования
Калий	Числовой	Содержание обменного калия в почве, мг/100 г почвы
Плотность загрязнения	Числовой	Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs , кБк/м ²
Зерно	Расчетный	Расчетное содержание ^{137}Cs в зерне, кБк/кг
Картофель	Расчетный	Расчетное содержание ^{137}Cs в картофеле, кБк/кг
Солома	Расчетный	Расчетное содержание ^{137}Cs в соломе, кБк/кг
Сено	Расчетный	Расчетное содержание ^{137}Cs в сене, кБк/кг
Сенаж	Расчетный	Расчетное содержание ^{137}Cs в сенаже, кБк/кг
Силос	Расчетный	Расчетное содержание ^{137}Cs в силосе, кБк/кг

Рис. 2. Форма для вывода картографического материала

Fig. 2. Form for displaying cartographic material

Карты

Код: 50

Номер поля: 1

Номер участка: 2

Севооборот: 4

Карта участка

Карта расположения элементарного участка

1:25 000

Предельно допустимая плотность загрязнения ^{137}Cs почв сельскохозяйственных угодий (Π_n), на которых возможно получение продукции растениеводства, кормопроизводства и животноводства, соответствующей установленным радиологическим нормативам, определяется по формуле (2):

$$\Pi_n = \frac{A_n}{KП} \quad (2)$$

где A_n — предельно допустимое содержание радионуклида в пищевой продукции и кормах сельскохозяйственных животных, Бк/кг (в соответствии с [7], [8], [1]).

Расчёт прогнозируемого содержания ^{137}Cs в продукции животноводства ($A_{ж}$) проводится по формулам (3) и (4):

$$A_{ж} = A_{рац} \times \frac{K_n}{100} \quad (3)$$

где $A_{рац}$ — удельная активность радионуклида (Бк), поступающая с суточным рационом; K_n — коэффициент перехода радионуклида из рациона в 1 кг (л) продукции, %.

$$A_{рац} = A_1 \times m_1 + A_2 \times m_2 + A_n \times m_n \quad (4)$$

где $A_1...A_n$ — фактическое содержание радионуклида в корме, Бк/кг; $m_1...m_n$ — количество корма данного вида в рационе, кг.

Суточный рацион для пастбищного («критического») периода выпаса скота, когда наблюдается повышенное накопление радионуклидов в продукции животноводства, состоит из 40 кг зеленой массы и 2,5 кг фуражного зерна.

Третий блок содержит картографическую информацию для конкретного участка. Эти данные представлены в таблицах «Карты загрязнение», «Карты агрохимия», «Карты расположение» и служат для предоставления отчетной информации по конкретному участку или хозяйству (рис. 2). Карты импортируются в базу данных из геоинформационной системы «Адаптивно-ландшафтное земледелие на территории Тульского НИИСХ» [3].

База данных является составной частью разрабатываемой ГИС для проектирования системы адаптивно-ландшафтного земледелия на сельскохозяйственных угодьях Тульского НИИСХ. Созданная база данных предназначена для получения, преобразования, накопления и хранения данных, получаемых в результате радиоэкологических обследований.

Литература

1. ВП 13.5.13/06-01. Ветеринарно-санитарные требования к радиационной безопасности кормов, кормовых добавок, сырья кормового. Допустимые уровни содержания ^{90}Sr и ^{137}Cs : утверждены Министерством сельского хозяйства РФ 19 декабря 2000 г. [Электронный ресурс]. Документ опубликован не был. Доступ из справочно-правовой системы «Гарант».
2. Коломейченко В.В., Князева Е.П. Оценка кормовых угодий на овражно-балочных системах Среднерусской возвышенности // Российская сельскохозяйственная наука. — 2018. — № 5. — С. 36–40. DOI: 10.31857/S250026270000641-0.
3. 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.
4. Кузнецов В.К. Научные основы и системы мероприятий по реабилитации радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных территорий в адаптивно-ландшафтном земледелии: дис. ... докт. биол. наук. — Обнинск, 2014. — 453 с.
5. Кузнецов В.К., Грунская В.П., Калашников К.Г., Санжарова Н.И. Особенности распределения ^{137}Cs в агроландшафтах склонов северной части лесостепной зоны // Агрохимия. — 2009. — № 2. — С. 75–86.
6. Панов А.В., Алексахин Р.М., Прудников П.В., Новиков А.А., Музалевская А.А. Влияние защитных мероприятий на поглощение ^{137}Cs сельскохозяйственными растениями из почвы после аварии на Чернобыльской АЭС // Почвоведение. — 2009. — № 4. — С. 484–497.
7. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов: утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 14 ноября 2001 г. № 36 // Российская газета. — 2002. — 15 июня. — №106.
8. СанПиН 2.3.2.2650-10. Дополнения и изменения № 18 к санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов»: утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 июня 2010 г. № 71 // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. — 2010. — 23 августа. — № 34.

References

1. VP 13.5.13/06-01. Veterinarno-sanitarnye trebovaniya k radiatsionnoi bezopasnosti kormov, kormovykh dobavok, syr'ya kormovogo. Dopustimye urovni sodержaniya ^{90}Sr i ^{137}Cs [Veterinary and sanitary requirements to the radiological safety of forage, forage additives, forage raw. Allowable content levels of ^{90}Sr i ^{137}Cs]: approved by the Ministry of Agriculture on 19 December 2000. [Electronic resource]. Unpublished. Access through the legal reference system «Garant» [in Russian].
2. Kolomeichenko V.V., Knyazeva E.P. Estimation of the grasslands in gully-beam systems of the Central Russian Upland. *Russian Agricultural Sciences*. 2018;(5):36–40. DOI: 10.31857/S250026270000641-0 [in Russian].

3. 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 [in Russian].
4. Kuznetsov V.K. Nauchnye osnovy i sistemy meropriyatii po reabilitatsii radioaktivno zagryaznennykh sel'skokhozyaistvennykh territorii v adaptivno-landshaftnom zemledelii: dis. ... dokt. biol. nauk [Scientific bases and systems of measures for the rehabilitation of radioactively contaminated agricultural areas in adaptive landscape agriculture: diss. ... Doctor of Biological Sciences]. Obninsk; 2014. 453 p. [in Russian].
5. Kuznetsov V.K., Grunskaya V.P., Kalashnikov K.G., Sanzharova N.I. Characteristics of Migration 137Cs on Slopes Agrolandscapes of Northern Part of a Forest-steppe Zone. *Agricultural Chemistry*. 2009;2:75-86 [in Russian].
6. Panov A.V., Aleksakhin R.M., Muzalevskaya A.A., Prudnikov P.V., Novikov A.A. Influence of rehabilitation measures on 137Cs uptake by crops from soils contaminated during the Chernobyl NPP accident. *Eurasian Soil Science*. 2009;42(4):445–457. DOI: 10.1134/S1064229309040127.
7. SanPiN 2.3.2.1078-01. Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoi tsennosti pishchevykh produktov [SanPiN 2.3.2.1078-01. Hygienic requirements for safety and nutritional value of food products]: approved by Decision No. 36 of Chief State Sanitary Physician of the Russian Federation on 14 November 2001. *Rossiiskaya gazeta*. 15.05.2002;106 [in Russian].
8. SanPiN 2.3.2.2650-10. Dopolneniya i izmeneniya № 18 k sanitarno-epidemiologicheskim pravilam i normativam SanPiN 2.3.2.1078-01 "Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoi tsennosti pishchevykh produktov" [SanPiN 2.3.2.2650-10. Alterations and additions No. 18 to the Sanitary Rules and Regulations "SanPiN 2.3.2.1078-01. Hygienic requirements for safety and nutritional value of food products"]': approved by Decision No. 71 of Chief State Sanitary Physician of the Russian Federation on 28 June 2010. *Byulleten' normativnykh aktov federal'nykh organov ispolnitel'noi vlasti*. 23.08.2010;34 [in Russian].

Информация об авторах

Кречетникова Евгения Олеговна

Младший научный сотрудник
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»
249032, Россия, г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км
e-mail: evg.krechet@yandex.ru

Кречетников Виктор Владимирович

Научный сотрудник
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»
249032, Россия, г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км
e-mail: viktor.krechetnikov@mail.ru

Титов Игорь Евгеньевич

Научный сотрудник
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»
249032, Россия, г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км
e-mail: titan13_08@mail.ru

Кузнецов Владимир Константинович

Доктор биологических наук,
главный научный сотрудник
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»
249032, Россия, г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км
e-mail: vkkuzn@yandex.ru

Information about authors

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

Viktor V. Krechetnikov

Researcher
Russian Institute of Radiology and Agroecology
Kievskoe shosse 109 km, Obninsk, Kaluga region, 249032, Russia
e-mail: viktor.krechetnikov@mail.ru

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

Vladimir K. Kuznetsov

Doctor of Biological Sciences,
Chief Researcher
Russian Institute of Radiology and Agroecology
Kievskoe shosse 109 km, Obninsk, Kaluga region, 249032, Russia
e-mail: vkkuzn@yandex.ru