



УДК 631.95:614.876+004.942

Более 35 лет прошло с момента аварии на ЧАЭС, однако на территориях, пострадавших в результате этой катастрофы, до сих пор существуют риски производства продукции, не соответствующей нормативным требованиям по содержанию радионуклидов. В связи с этим одной из важнейших задач сельского хозяйства в данных регионах является получение нормативно чистых продовольственного сырья и пищевой продукции.

Елена

Копыльцова,

старший научный сотрудник
Института радиобиологии
НАН Беларуси;
avkopyltsova@gmail.com

Роман

Куриленко,

младший научный сотрудник
Института радиобиологии
НАН Беларуси;
kr.socialmail@gmail.com

Виктор

Аверин,
профессор кафедры
экологической и
профилактической медицины
Гомельского государственного
медицинского университета,
доктор биологических наук,
профессор;
averinvs@mail.ru

Наталья

Тимохина,
заведующий отделом
качества окружающей среды и
продуктов питания Института
радиобиологии НАН Беларуси,
кандидат биологических наук;
irb.gerontology@gmail.com

«RISKAgro» —

электронный справочник для оценки риска превышения допустимых уровней содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr при производстве сельскохозяйственной продукции

Аннотация. В статье представлены функциональные возможности электронного справочника рисков производства сельскохозяйственной продукции с превышением нормативов по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr «RISKAgro», применение которого в условиях ведения сельского хозяйства на территории радиоактивного загрязнения позволит оперативно оценивать пригодность земель для получения нормативно чистых продуктов питания и кормов. Актуальность использования «RISKAgro» возрастает при гармонизации нормативов Республики Беларусь и Российской Федерации в рамках Союзного государства, вводе новых или изменении существующих требований к пищевой продукции, продовольственному сырью и кормам.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, ^{137}Cs , ^{90}Sr , сельскохозяйственное производство, прогноз содержания радионуклидов в продукции, риск превышения норматива.

Для цитирования: Копыльцова Е., Куриленко Р., Аверин В., Тимохина Н. RISKAgro – электронный справочник для оценки риска превышения допустимых уровней содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr при производстве сельскохозяйственной продукции // Наука и инновации. 2024. №5. С. 74–78.

<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-05-74-78>

Развитие атомной отрасли, переход к ситуации существующего облучения, принятие новых референтных уровней содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в пищевых продуктах постановлением Совета Министров Республики Беларусь №829 от 29.11.2022 г., широкое распространение информационных технологий в различных областях знаний – все это обуславливает необходимость разработки новых методов и средств, позволяющих, с одной стороны, способствовать оперативному принятию решений о целесообразности производства различных видов сельскохозяйственной продукции на землях, загрязненных радионуклидами, а с другой – обеспечивать предотвращение реализации на пищевые цели продуктов и продовольственного сырья с превышением установленных нормативов.

В Институте радиобиологии НАН Беларуси с 2019 по 2022 г. при выполнении задания «Оценка рисков получения продукции растениеводства и животноводства, не соответствующей нормативным требованиям по содержанию радионуклидов, при ведении сельскохозяйственного производства на загрязненной территории» Программы совместной деятельности России и Беларуси в рамках Союзного государства по защите населения и реабилитации территорий, пострадавших в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС, было разработано специализированное программное обеспечение «RISKAgro» (рис. 1) – электронный интерактивный справочник для расчета и оценки рисков получения сельскохозяйственной продукции с превышением нормативов по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr (справочник). В ходе исследования рассматривались только «нормативные» риски [1]. В данном контексте риск представляет собой характеристику ситуации, когда возможно производство продукции с различными уровнями содержания радионуклидов, и существует неопределенность в отношении получения нормативно чистого продукта.

Справочник «RISKAgro» разработан в среде Visual Studio Community на платформе .Net с использованием технологии WPF (Windows Presentation Foundation). В качестве языка программирования использован современный объектно- и компонентно-ориентированный язык C#. Хранение данных для работы приложения организовано в файлах форматов .xml и .xls /.xlsx.

Функциональные возможности «RISKAgro» позволяют делать прогноз содержания радиону-

клидов в продукции сельского хозяйства и оценивать риски превышения допустимых уровней ^{137}Cs и ^{90}Sr при ее производстве на загрязненных землях. Алгоритм функционирования справочника основан на методологическом подходе к оценке риска несоответствия производимой продукции нормативным требованиям как отдельно по каждому радионуклиду, так и одновременно по двум (^{137}Cs и ^{90}Sr) с применением критериев степени значимости риска, присвоением ему рангов и использованием матрицы рисков [2, 3].

В процессе своей деятельности сельскохозяйственные предприятия, расположенные на территории радиоактивного загрязнения, сталкиваются с совокупностью различных видов риска, отличающихся между собой по месту и времени возникновения, а также факторов, влияющих на их уровень и, следовательно, на способ их анализа и методы описания. Поэтому оценивать риск необходимо по всей технологической цепи, а не только на этапе производства товарной продукции растениеводства и животноводства.

Для этих целей в состав справочника входят три специализированных модуля с условными названиями «Растениеводство», «Кормопроизводство» и «Животноводство».



Рис. 1. Электронный интерактивный справочник «RISKAgro»

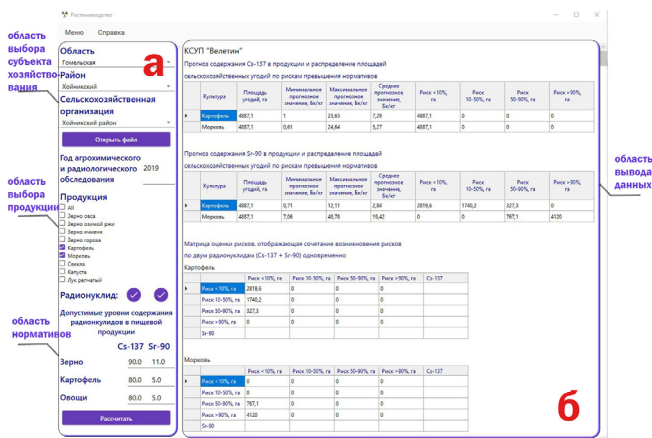


Рис. 2. Рабочее окно справочника

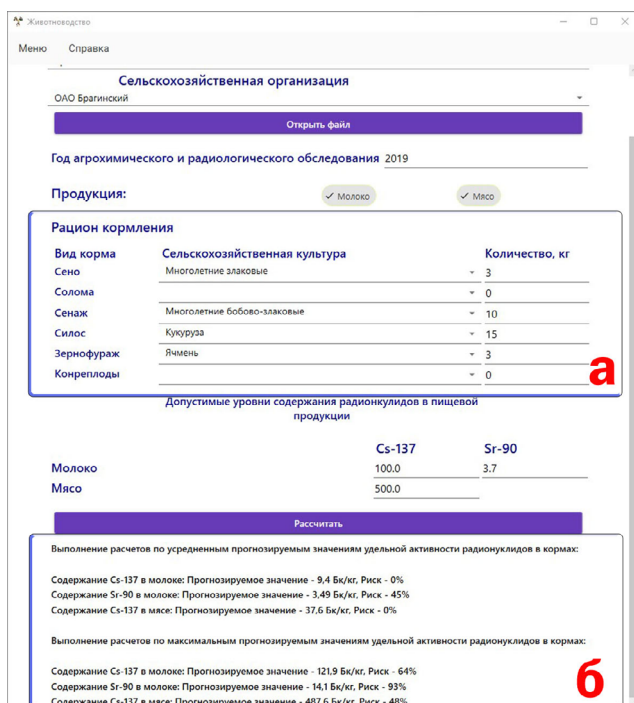


Рис. 3. Вид окна модуля «Животноводство»: область ввода данных о рационе кормления КРС (а) и область вывода информации по усредненным и максимальным прогнозируемым значениям удельной активности (б)

После выбора в меню, например, пункта «Растениеводство», открывается окно, которое условно можно разделить на 2 панели: ввода информации (рис. 2а) и вывода рассчитанных данных (рис. 2б). Первая панель состоит из нескольких областей, каждая из которых выполняет определенную задачу (рис. 2).

В каждом из модулей исходными данными для расчета являются коэффициенты перехода радионуклидов по цепочкам «почва – растение» [4], «почва – сельскохозяйственная культура – рацион – молоко/мясо» и файлы, содержащие информацию радиологического и агрохимического обследования сельскохозяйственных земель в формате электронной таблицы в разрезе элементарных участков организаций, расположенных на территории радиоактивного загрязнения: Брагинского, Ветковского, Добрушского, Калинковичского, Мозырского, Наровлянского, Хойникского и Чечерского р-нов Гомельской обл. и Костюковичского, Краснопольского, Славгородского и Чериковского р-нов Могилевской обл. Для удобства вычисления можно проводить как по району в целом, так и отдельно по выбранным сельскохозяйственным организациям. Прогноз содержания радионуклидов и оценка рисков выполняются по каждому элементарному участку для отдаленного периода времени после катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Далее полученные значения риска в абсолютных величинах группируются по диапазонам для сопоставления с соответствующими градациями качественной шкалы и определения его значимости [2]. На основании расчетов есть возможность классифицировать сельскохозяйственные земли с разными уровнями рисков, так называемые зоны потенциального риска.

В справочнике заложена возможность корректировки данных радиологического обследования сельскохозяйственных земель с учетом радиоактивного распада. Используемый метод автоматически считывает системную дату, выделяет текущий год, сопоставляет с годом обследования, введенным пользователем, и выполняет соответствующий перерасчет плотности загрязнения угодий.

При работе с «RISKAgro» у пользователя есть возможность проводить расчеты по следующим видам продукции:

- *зерновые и зернобобовые культуры: озимая рожь, ячмень, овес, горох;*
- *овощные культуры: картофель, морковь, свекла, капуста, лук (репка);*
- *кормовые культуры, выращиваемые на: зеленую массу – озимая рожь, однолетняя злаково-бобовая смесь, многолетние злаковые травы, многолетние злаково-бобовые травы и др.;*
сено и сенаж – многолетние злаковые травы, многолетние злаково-бобовые травы;

силос – кукуруза;
солому – овес, ячмень;

■ **молоко и мясо крупного рогатого скота.**

Вместе с тем в ходе выполнения вычислений определяются и учитываются параметры пригодности почв под возделывание культуры. Так, зерновые и бобовые, кукуруза, однолетние посевы на зеленый корм могут быть размещены на пашне, многолетние травы – на пашне и улучшенных луговых землях, естественные сенокосы – на естественных луговых землях. Кроме того, из оценки исключены площади, на которых по технологическим требованиям к плодородию участка не рекомендуется выращивать определенные культуры (например, пшеницу на песчаных почвах).

В модулях «Кормопроизводство» и «Животноводство» предусмотрены дополнительные параметры. В первом – выпадающий список «Направление использования». Здесь предоставляется возможность выбора целей выращивания корма и дальнейшего использования в рационе животных: для производства молока цельного, молока-сырья для переработки на масло или для откорма крупного рогатого скота на мясо, согласно ветеринарно-санитарным правилам обеспечения безопасности кормовых добавок [5].

Во втором – выпадающие списки, из которых производится выбор кормовых культур для составления рациона и вводится количество корма в рационе животных (рис. 3а). На данной странице справочника расчеты выполняются как по усредненным прогнозируемым значениям удельной активности радионуклидов в кормах, так и по максимальным значениям (рис. 3б).

Область нормативов позволяет пользователю выбрать необходимый для его расчетов показатель по ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr (или оба) и указать числен-

ные значения допустимых уровней содержания радионуклидов в зависимости от целей реализации продукции (пищевые, кормовые, технические и др.). По умолчанию отображаются значения «Республиканских допустимых уровней содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде» (РДУ-99) [6] и «Допустимых уровней содержания ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в кормах, кормовых добавках и сырье для производства комбикормов» [5]. В «RISKAgro» предусмотрена возможность изменения этих параметров, что увеличивает значимость разработки, так как позволяет использовать справочник в качестве инструментария, значительно сокращающего время для оценки пригодности земельных ресурсов для производства того или иного вида нормативно чистой продукции в соответствии с новыми референтными уровнями содержания ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в пищевых продуктах [7].

Чтобы расширить круг потенциальных пользователей «RISKAgro», была добавлена функция расчета не только по хранящимся в нем данным агрохимического и радиологического обследования сельскохозяйственных земель по 8 районам Гомельской и 4 районам Могилевской обл., но и сведениям пользователя, которые должны быть оформлены в виде электронной таблицы согласно шаблону (таблица). Для выполнения расчетов по своим данным необходимо нажать кнопку «Открыть файл» и в диалоговом окне выбрать нужный файл с данными.

Область вывода информации формируется на основе результатов работы электронного справочника (рис. 2, 3), предоставляя пользователю обобщенные сведения о прогнозных значениях содержания ¹³⁷Cs и/или ⁹⁰Sr в выбранных видах продукции и рисках ее производства с превышением нормативных требований. Также указаны площади

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Название поля	Название сельскохозяйственного предприятия	Тип угодья	№ рабочего участка	Площадь рабочего участка	№ элементарного участка	Площадь элементарного участка	Код почвы	Код мелиоративного состояния	Мощность гумусового горизонта	pH в KCl	Гумус в %	Фосфор, мг/кг	Калий, мг/кг	Кальций, мг/кг	Магний, мг/кг	Цезий-137, Ки/км ²	Стронций-90, Ки/км ²

Таблица. Шаблон представления входных данных по обследованию сельскохозяйственных земель

земель, сгруппированные по градации таких рисков согласно разработанной методологии.

Электронный справочник «RISKAgro» может быть использован как инструментарий для оперативной оценки пригодности земельных ресурсов агропредприятий для производства нормативно чистой продукции при гармонизации нормативов Республики Беларусь и Российской Федерации в рамках Союзного государства, вводе новых или изменении существующих нормативных требований на пищевую продукцию, продовольственное сырье и корма.

Дальнейшее совершенствование справочника заключается в расширении его функционала и доступных опций, например таких, как пополнение списка сельскохозяйственных культур, по которым выполняются расчеты, добавление дополнительных параметров для оценки возможности производства продукции без превышения допустимых уровней по ^{137}Cs и ^{90}Sr для различных периодов ликвидации последствий радиационных инцидентов.

Внедрение «RISKAgro» в практику предприятий и организаций АПК всех форм собственности, ведущих свою деятельность на территории радиоактивного загрязнения, позволит минимизировать содержание радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в продуктах питания, а также способствовать снижению радиофобных настроений в обществе в условиях существующего и/или потенциального радиоактивного загрязнения территории. ■

■ **Summary.** The paper describes the functionalities of the electronic handbook of risks of agricultural production above the food safety standards that establish the maximum permissible levels of ^{137}Cs and ^{90}Sr . The handbook is based on the methods that allow to assess and analyze the risk of food non-compliance either for each radionuclide individually (^{137}Cs or ^{90}Sr), or simultaneously for both radionuclides (^{137}Cs and ^{90}Sr). The RISKAgro can be used as an aid tool to rapidly assess the suitability of land resources of agricultural organizations for the production of regulatory clean products in terms of existing national or harmonized Union State standards of the Republic of Belarus and the Russian Federation, as well as any new or changing legal requirements for the quality and safety of foodstuffs, feedstuffs and raw materials. Introduction of the RISKAgro handbook into agricultural practices in the areas of radioactive contamination will help to minimize contamination levels of ^{137}Cs and ^{90}Sr , improve the radiological quality of foods and prevent against production of highly contaminated agricultural produces above the established norms.

■ **Keywords:** radioactive contamination, ^{137}Cs , ^{90}Sr , agricultural production, prediction of food contamination, risk of contamination above the norm.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-05-74-78>

Статья поступила в редакцию
28.09.2023 г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методология оценки риска воздействия техногенных факторов различной природы на агроэкосистемы / С.И. Спиридонов [и др.]. – Обнинск, 2007.
2. Е.В. Копыльцова. Методологический подход к оценке риска производства продукции, не соответствующей нормативным требованиям по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr // Радиация и риск. 2023. Т. 32, №1. С. 118–130.
3. Е.В. Копыльцова. Создание электронного интерактивного справочника рисков производства сельскохозяйственной продукции с превышением нормативов по содержанию радионуклидов / Е.В. Копыльцова, Р.С. Куриленко // Современные проблемы радиобиологии, радиэкологии и агроэкологии: сборник докладов IV междунар. молодежной конф., Обнинск, 22–24 сентября 2021 г. / ФГБНУ ВНИИРАЭ; редкол.: О.А. Шубина (отв. ред.) [и др.]. – Обнинск, 2021. С. 203–206.
4. Рекомендации по ведению агропромышленного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021–2025 гг. / Национальная академия наук Беларуси, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Институт почвоведения и агрохимии; Н.Н. Цыбулько [и др.]. – Минск, 2021.
5. Ветеринарно-санитарные правила обеспечения безопасности в ветеринарно-санитарном отношении кормов и кормовых добавок: постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, 5 февр. 2018 г., №9 // <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21832801p>.
6. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде от 3 августа 1999 г. (РДУ-99): постановление главного государственного санитарного врача Республики Беларусь, 26 апр. 1999 г., №16 // https://radbez.bsmu.by/library/RDU_99.pdf.
7. Об утверждении гигиенических нормативов: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 25 января 2021 г., №37 (в редакции постановления Совета Министров Респ. Беларусь, 29 ноября 2022 г., № 829) // <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22200829&p1=1&p5=0>.