

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С УЧЕТОМ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРА

С. М. КОМЛЕВА

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 31.01.2022)

*В статье изложены методические подходы по организации использования земель сельскохозяйственных предприятий в условиях радиоактивного загрязнения их территории, включающие анализ существующего использования земель и степени их радиоактивного загрязнения; оценку ресурсного потенциала хозяйств; агро-, радиоэкологическое зонирование территории; обоснование направлений использования ресурсов в отраслях сельскохозяйственного производства с учетом природного потенциала и плотности радиоактивного загрязнения; обоснование специализации и установление перспектив развития производства на основе оптимизации структуры земель и посевов; совершенствование размещения производственных подразделений, хозяйственных центров, дорожной сети и т.д.; организацию земель; формирование эколого-технологически однородных рабочих участков; оценку пригодности рабочих участков для возделывания основных сельскохозяйственных культур; разработку вариантов размещения севооборотов и их оценку; устройство территории сельскохозяйственных земель; оценку экономической и экологической эффективности принятых проектных решений. Раскрыты теоретические основы разработки вопросов адаптивного землеустройства. Приведено содержание экономико-математической модели оптимизации структуры земель и посевных площадей, в качестве критерия оптимальности целевой функции которой принят максимум хозяйственного дохода (прибыли) при условии содержания радиоактивных веществ в производимой продукции в пределах допустимых в Республике Беларусь значений. Описана методика формирования рабочих участков с учетом типа, гранулометрического состава почв, степени их эродированности, каменности, загрязнения территории сельскохозяйственной организации радионуклидами, рельефа местности и др., в т. ч. с использованием материалов локальной ЗИС в цифровом виде. Предложена оценка сравнительной пригодности рабочих участков для возделывания основных сельскохозяйственных культур по почвенному плодородию, технологическим условиям, природоохранным и радиоэкологическим ограничениям. Раскрыты особенности организации и обоснования размещения посевов возделываемых культур по рабочим участкам с учетом степени загрязнения почв радионуклидами. Приведена система показателей оценки разработанных вариантов размещения севооборотов, включающая технические, экономические и радиоэкологические показатели.*

**Ключевые слова:** эффективность использования, ресурсный потенциал, радиоэкологический фактор.

*The article presents methodological approaches to the organization of land use of agricultural enterprises in the conditions of radioactive contamination of their territory, including an analysis of the existing land use and the degree of their radioactive contamination; assessment of the resource potential of farms; agro-, radioecological zoning of the territory; substantiation of directions for the use of resources in the branches of agricultural production, taking into account the natural potential and the density of radioactive contamination; substantiation of specialization and establishment of prospects for the development of production based on the optimization of the structure of land and crops; improving the placement of production units, economic centers, road network, etc.; land organization; formation of ecologically and technologically homogeneous working areas; assessment of the suitability of working sites for the cultivation of major crops; development of options for the placement of crop rotations and their assessment; arrangement of the territory of agricultural lands; evaluation of the economic and environmental efficiency of the adopted design solutions. Theoretical foundations for the development of issues of adaptive land management are disclosed. The content of the economic-mathematical model for optimizing the structure of lands and sown areas is given, as a criterion for the optimality of the objective function of which the maximum economic income (profit) is taken, provided that the content of radioactive substances in the manufactured products is within the permissible values in the Republic of Belarus. A technique for forming working areas is described, taking into account the type, granulometric composition of soils, the degree of their erosion, stoniness, contamination of the territory of an agricultural organization with radionuclides, terrain, etc., including the use of local land information systems data in digital form. An assessment of the comparative suitability of working areas for the cultivation of major agricultural crops in terms of soil fertility, technological conditions, environmental and radioecological restrictions is proposed. The features of the organization and justification of the placement of crops of cultivated crops in working areas are disclosed, taking into account the degree of soil contamination with radionuclides. A system of indicators for evaluating the developed options for the placement of crop rotations, including technical, economic and radio-ecological indicators, is given.*

**Key words:** efficiency of use, resource potential, radioecological factor.

### Введение

В сложившихся в результате аварии на Чернобыльской АЭС условиях особенностью ведения хозяйственной деятельности в Республике Беларусь является направленность на получение экологически «чистой» продукции, повышение ее конкурентоспособности и сокращение дозы внутреннего облучения населения, в т.ч. за счет потребления продуктов питания. Данный принцип достижения социальной безопасности и экономической эффективности был положен в основу Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на период до 2020 года

[3]. Однако на практике возникла необходимость внедрения дополнительных мер по переориентации сельскохозяйственных организаций с учетом специфических особенностей территорий и степени загрязнения почв радионуклидами с целью получения продукции с допустимым содержанием радиоактивных веществ.

Целью исследования является разработка методических подходов организации земель и рациональных севооборотов, адекватных сложившейся радиационной обстановке, и их территориального размещения.

Анализ литературных источников [1, 2, 4, 5, 12 и др.] показывает возможность деления всех имеющихся приемов по снижению уровня загрязнения конечной продукции на две большие группы. Первая группа включает общепринятые в агропромышленном производстве мероприятия, которые одновременно сохраняют и увеличивают плодородие почв, повышают урожайность и качество растениеводческой продукции, а также способствуют уменьшению перехода радиоактивных веществ из почвы в сельскохозяйственные культуры. Вторую группу составляют адаптивные технологии возделывания культур с применением специальных агрохимических и агротехнических приемов воздействия на почву.

К дополнительным мерам по ведению сельскохозяйственного производства в данных условиях хозяйствования относятся проводимые в Республике Беларусь мероприятия, которые в основном направлены на строго сбалансированное внесение минеральных и органических удобрений, известкование кислых почв, регулирование водного режима. Практика показывает, что они не имеют высокой результативности по многим причинам.

Изменение специализации производства сельскохозяйственных организаций как меры по реабилитации загрязненных территорий является затратным мероприятием, т.к. включает и потери от прекращения производства определенных видов продукции по радиэкологическим показателям и затраты на организацию нового производства. Вопрос о его осуществлении должен иметь тщательное экономическое и экологическое обоснование.

Однако совершенствование отдельных элементов сельскохозяйственного производства часто не приводит к общесистемному эффекту. Только адаптивное землеустройство и, в частности, внутрихозяйственная организация использования земель и устройство их территории, дает такую возможность на базе системного анализа.

В этой связи целью данного научного исследования явилась разработка методических положений организации экономически и экологически эффективного использования радиоактивно загрязненных земель сельскохозяйственных предприятий.

При этом основополагающим должен стать принцип «от общего к частному», предполагающий обоснованность принимаемых в данной области предложений в общем виде в схеме землеустройства административного района с последующей их конкретизацией для условий конкретных сельскохозяйственных предприятий в проектах внутрихозяйственного землеустройства.

#### **Основная часть**

Для решения поставленной задачи разработана методика, включающая: анализ существующего использования земель и степени их радиоактивного загрязнения; оценку ресурсного потенциала хозяйств (земельных, материально-технических, денежных ресурсов); агро-, радиэкологическое зонирование территории; обоснование направлений использования ресурсов в отраслях сельскохозяйственного производства с учетом природного потенциала и плотности радиоактивного загрязнения; обоснование специализации и установление перспектив развития производства на основе оптимизации структуры земель и посевов; совершенствование размещения производственных подразделений, хозяйственных центров, дорожной сети и т.д.; организацию земель (трансформацию, освоение, улучшение, закрепление луговых земель за скотом); формирование эколого-технологически однородных рабочих участков; оценку пригодности рабочих участков для возделывания основных сельскохозяйственных культур; формирование земельных массивов с однотипным использованием (группировку рабочих участков); разработку вариантов размещения севооборотов и их оценку; устройство территории сельскохозяйственных земель; оценку экономической и экологической эффективности принятых проектных решений.

Для оптимизации использования загрязненных радионуклидами земель целесообразно применение симплексного метода математического программирования. Для решения поставленной задачи разработана экономико-математическая модель, в качестве критерия оптимальности целевой функции которой принят максимум хозяйственного дохода (прибыли). В ЭММ вводятся ограничения по площа-

дям пахотных и других сельскохозяйственных земель с учетом плотности их загрязнения радионуклидами; по наличию трудовых ресурсов и общему размеру капиталовложений; по поддержанию бездефицитного баланса гумуса в почве; по агротехническим требованиям, предъявляемым к культурам и их рекомендуемому удельному весу в структуре посевных площадей; по балансу минеральных удобрений; по производству гарантированного объема товарной продукции и использованию кормов; а также по расчету объемов ежегодных производственных затрат хозяйства (без оплаты собственного труда). Важным моментом данной экономико-математической модели являются ограничения по степени радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции, в основу которых положена необходимость содержания радионуклидов в произведенных видах продукции, ниже предусмотренных республиканскими допустимыми уровнями [8]. В результате ее решения определяются оптимальные площади и структура сельскохозяйственных земель и посевов возделываемых культур для каждой зоны радиоактивного загрязнения, отдельного производственного подразделения и хозяйства в целом.

Опыт производственной деятельности сельскохозяйственных организаций доказывает возможность получения дополнительной продукции со значительным снижением степени ее загрязнения радионуклидами в результате дифференцированного размещения севооборотов и культур с учетом микроклиматических, агроэкологических и радиационных особенностей территории, а также обеспечения растений лучшими предшественниками. В условиях радиоактивного загрязнения, кроме всестороннего учета агротехнических, агрохимических, технологических и других особенностей земель, необходимо принимать во внимание степень поглощения и накопления радионуклидов различными сельскохозяйственными культурами, хозяйственное их использование, технологии выращивания на территориях с разной плотностью загрязнения, требовательность к природной среде, трудоемкость и т.д.

Решение вопроса размещения посевов сельскохозяйственных культур целесообразно вести расчетно-вариантным и экономико-математическим методами. В основу организации севооборотов должен быть положен эколого-технологически однородный рабочий участок.

При формировании рабочих участков целесообразно использовать обновленный планово-картографический материал, почвенную карту, результаты кадастровой оценки земель, агроэкологического зонирования территории хозяйства, материалы технической инвентаризации мелиорированных земель и др. При наличии локальной ЗИС в цифровом виде могут быть использованы также: границы и атрибутивная информация о пахотных, улучшенных луговых землях, землях под постоянными культурами (слой «Земельное покрытие» (Land)); границы и атрибутивная информация о мелиорированных землях (слой «Мелиоративное состояние земель» (Melio)); границы и атрибутивная информация о почвенном покрове (слой «Почвы» (Soil)); границы и атрибутивная информация об ограничениях в использовании земель (слой «Ограничения использования» (Serv)); границы и атрибутивная информация об объектах, расположенных на рабочих участках (слои «Коммуникации» (Comm), «Внемасштабные объекты и символы» (Obj), «Аннотации» (Text)).

Могут использоваться также агрохимические карты в цифровом виде. Рабочие участки с применением ГИС-технологий формируются в результате проведения оверлейных операций между различными слоями. Сформированные рабочие участки анализируются на предмет их агротехнической пригодности для возделывания основных сельскохозяйственных культур и радиоэкологической допустимости по содержанию радионуклидов в конечной продукции. Такая оценка выполняется по почвенному плодородию, технологическим условиям, природоохранным и радиоэкологическим ограничениям [7].

Сравнительная пригодность рабочих участков для возделывания сельскохозяйственных культур по радиоэкологическим условиям устанавливается с использованием разработанных нами оценочных шкал в зависимости от типа почв и плотности их загрязнения радиоцезием. В их основу положен расчет степени загрязнения земель, при которой содержание нуклида в продукции не превышает допустимых норм, исходя из регламентированных Республиканскими допустимыми уровнями максимальных концентраций радионуклидов в продукции растениеводства и значений коэффициента их перехода в урожай основных культур.

В результате сравнительной оценки рабочих участков проводится их эколого-технологическая группировка с определением для каждой группы площади и возможного для возделывания состава культур с учетом рекомендаций по ведению сельскохозяйственного производства в различных зонах радиоактивного загрязнения и видовых различиях растений в поглощении радиоизотопов из почвы [10].

Далее создается информационная база данных земельных ресурсов хозяйства. Она представляет собой комплексную характеристику участков обрабатываемых земель и предназначается для решения с помощью ПВЭМ практических вопросов управления сельскохозяйственным производством. В

содержание комплексной характеристики участков обрабатываемых земель входят следующие показатели: нормативная урожайность сельскохозяйственных культур; нормативные затраты на выполнение полевых механизированных работ при возделывании сельскохозяйственных культур; нормативная себестоимость единицы продукции; нормативный чистый доход с единицы площади; оптимальное размещение посевов сельскохозяйственных культур с учетом качества земель, благоприятности предшественников, фитосанитарных требований и радиозэкологических условий.

Обоснование размещения посевов сельскохозяйственных культур предусматривает оценку альтернативных решений по системе технических, экономических и радиозэкологических показателей. В состав технических показателей можно включить: количество севооборотов, полей и рабочих участков; среднюю площадь поля и рабочего участка ( $P_{cp}$ ); средневзвешенное расстояние до полей севооборота ( $R$ ); условную рабочую длину гона ( $L$ ); рабочий уклон по севообороту ( $i_p$ ); прогнозный вынос радиоцезия с урожаем ( $A_{np}$ ) и др. Экономическую оценку разработанных вариантов целесообразно осуществлять по суммарному доходу. С целью учета радиозэкологического фактора выполняется оценка рабочих участков по суммарному уровню загрязнения единицы урожая сельскохозяйственных культур [6].

$$A = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J A_{ij} \cdot P_{ij} \rightarrow \min,$$

где  $A$  – суммарный среднегодовой уровень накопления радионуклидов в урожае сельскохозяйственных культур по севообороту, Ку/кг;  $A_{ij}$  – уровень накопления радионуклидов при возделывании 1 га  $i$ -й сельскохозяйственной культуры на  $j$ -м рабочем участке, Ку/кг;  $P_{ij}$  – площадь, занимаемая  $i$ -й культурой на  $j$ -м рабочем участке, га;  $t$  – число лет ротации севооборота или размещения посевов культуры;  $i$  – индекс видов сельскохозяйственных культур;  $j$  – индекс рабочих участков;  $I$  – множество видов сельскохозяйственных культур;  $J$  – множество рабочих участков.

При решении вопроса о закреплении луговых земель за фермами и группами сельскохозяйственных животных необходимо принять во внимание радиозэкологический фактор. Пригодность рабочих участков для организации выпаса скота должна устанавливаться, исходя из предъявляемых к ним требований сформированных выпасных групп по удаленности от ферм, степени увлажнения, составу травостоя, а также степени их загрязнения радионуклидами. Для выпаса скота личной собственности необходимо выделять луговые участки, плотность загрязнения которых Cs-137 не превышает 2 Ку/км<sup>2</sup> [9]. Выпас молочного стада рекомендуется проводить на культурных луговых землях с плотностью загрязнения радиоцезием менее 3 Ку/км<sup>2</sup> [9]. При отсутствии участков луговых земель с такой степенью загрязнения необходим перевод коров на стойлово-выгульный способ содержания, что позволит в 2,2 раза уменьшить концентрацию радиоцезия в молоке по сравнению с традиционным пастбищным содержанием. Естественные луговые земли с плотностью загрязнения до 15 Ку/км<sup>2</sup> закрепляются за выпасными группами ремонтного молодняка, рабочего и мясного скота с обязательным последующим заключительным откормом последних на «чистых» кормах [9].

Предложенные методические подходы апробированы на примере типичных хозяйств Могилевской области Республики Беларусь.

### **Заключение**

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что:

- организация использования радиоактивно загрязненных земель сельскохозяйственных предприятий должна носить комплексный характер и представлять собой научно обоснованную систему мероприятий, обеспечивающих получение экологически «чистой» сельскохозяйственной продукции, повышение культуры земледелия, внедрение адаптивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур;

- ее содержание должно включать вопросы внутрихозяйственного землеустройства, системы земледелия, животноводства, рабочего проектирования отдельных мероприятий по улучшению земель, защите их от повторного загрязнения радионуклидами и эрозии, инженерному оборудованию территории и строительству различных объектов, решаемые в проекте землеустройства с использованием, как известных методик, так разработанных нами.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Антоненко, Н. Н. Оценка эффективности противорадиационных мероприятий в сельском хозяйстве / Н. Н. Антоненко, Т. А. Крылович // Экологические вопросы развития сельского хозяйства Республики Беларусь: межведомственный темат. сб. / БелНИИЭП АПК. – Минск, 1993. – Вып.22. – С. 174–181.

2. Богдевич, И. М. Влияние радиоактивного загрязнения земель Беларуси на производство и качество сельскохозяйственной продукции / И. М. Богдевич, В. А. Щербаков // Известия Акад. аграр. наук Респ. Беларусь. – 1997. – N1. – С. 30–40.

3. Государственная программа по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2011–2015 годы и на период до 2020 года: Постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 31 декабря 2010 г., № 1922 // Эталон – Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2010. – 133 с.
4. Давыдчук, В. С. Географическая поддержка радиоэкологических исследований в зоне аварии на ЧАЭС / В. С. Давыдчук // Радиология: успехи и перспективы: Материалы науч. семинара, 3–7 октября 1994 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т радиологии и агроэкологии. – Севастополь, 1994. – С. 40–41.
5. Дембрицкий, М. Ф. Изменение радиоактивности почв и растений за счет изотопа К-40 под влиянием удобрений / М. Ф. Дембрицкий, Н. Н. Ивахненко, Т. П. Шапшеева // Почвы, их эволюция, охрана и повышение производительной способности в современных социально-экономических условиях: Материалы первого съезда Белорус. о-ва почвоведов / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 1995. – С. 123–128.
6. Колмыков, В. Ф. К обоснованию размещения посевов сельскохозяйственных культур на радиоактивно загрязненных землях / В. Ф. Колмыков, С. М. Панасенко // Тез. докл. на науч.-практич. конф. профессорско-преподавательского состава ГУЗ по итогам НИОКР за 1997 год, 13–15 апреля 1998г. / Гос. ун-т по землеустройству. – М., 1998. – С. 71–72.
7. Колмыков, В. Ф. Учет радиоэкологического фактора при организации использования пахотных земель / В. Ф. Колмыков, С. М. Панасенко // Белорусское село: прошлое, настоящее, будущее: Тематич. сб. материалов междунар. науч.-производ. конф. – Горки, 1996. – Ч.2. – С. 373–376.
8. Колмыков, В. Ф. Оптимизация использования земель в условиях радиоактивного загрязнения / В. Ф. Колмыков, С. М. Яковцова: материалы междунар. научно-производ. конф. – Горки, 2000. – С. 46–52.
9. Радиоактивное загрязнение почв Брянской области / Г. Т. Воробьев, Д. Е. Гуганов, З. Н. Маркина и др. – Брянск: Грани, 1994. – 149 с.
10. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 годы // Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, РНИУП. – Минск, 2012. – 124 с.
11. Фирсакова, С. К. Луговые биоценозы как критические радиоэкологические системы и принципы ведения лугового водства в условиях радиоактивного загрязнения: Автореф. дис. ... д-ра биолог. наук: 03.00.01 / Всесоюзный науч.-исслед. ин-т с.-х. радиологии. – Обнинск, 1992. – 60 с.
12. Чернобыльская катастрофа: Причины и последствия (Эксперт. заключение). В 4-х Ч. Ч.3: Последствия катастрофы на Чернобыльской АЭС для Республики Беларусь. / под ред. В. Б. Нестеренко. – Минск: Скарына, 1992. – Ч. 3. – 207 с.