

## ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО КАК ИНСТРУМЕНТ ОРГАНИЗАЦИИ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ И ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

С. М. КОМЛЕВА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступил в редакцию 06.02.2023)

Наблюдаемый в настоящее время процесс цифровизации практически всех направлений деятельности человека привел к возможности применения в сельском хозяйстве технологий точного земледелия, позволяющих оптимизировать затраты топлива, семян, удобрений, средств защиты растений и др.; повысить урожайность выращиваемых культур, качество производимой продукции и используемых земель, сокращать негативное влияние человека на окружающую среду. Однако это очень дорогостоящий процесс, требующий составления электронных карт для дифференцированного выполнения технических операций в границах полей, использования спутниковой навигации и специальной компьютеризированной сельскохозяйственной техники, наличия большого объема информации по отдельным участкам поля, особенно в условиях радиоактивного загрязнения территории, и др. В качестве инструмента внедрения технологий точного земледелия предлагается использовать проекты внутрихозяйственного землеустройства с формированием однородных рабочих участков и подробной базы количественной, качественной, агротехнологической, экологической, радиационной, культуртехнической и др. информации по ним. В статье изложены методические подходы разработки землеустроительных проектов, система показателей оценки проектного решения, подходы к решению вопроса размещения посевов сельскохозяйственных культур. Основой разработки проектов внутрихозяйственного землеустройства может стать Геопортал ЗИС Республики Беларусь. Это интернет-ресурс, который позволяет одновременный доступ к большому количеству информационных ресурсов для поиска, просмотра, визуализации, загрузки, распространения информации и предназначен для объединения источников данных в одном месте [1]. Пространственной основой разработки Геопортала послужили ортофотопланы, космические снимки, топографические карты, земельно-информационная система предприятий по землеустройству, подчиненных Государственному комитету по имуществу Республики Беларусь.

**Ключевые слова:** внутрихозяйственное землеустройство, точное земледелие, эколого-технологически однородный рабочий участок, радиоактивное загрязнение, радиоэкологический фактор, ГИС технологии.

The currently observed process of digitalization of almost all areas of human activity has led to the possibility of using precision farming technologies in agriculture, which make it possible to optimize the costs of fuel, seeds, fertilizers, plant protection products, etc.; increase the yield of cultivated crops, the quality of products and land used, and reduce the negative human impact on the environment. However, this is a very expensive process that requires the compilation of electronic maps for the differentiated performance of technical operations within the boundaries of the fields, the use of satellite navigation and special computerized agricultural equipment, the availability of a large amount of information on individual sections of the field, especially in conditions of radioactive contamination of the territory, etc. As a tool of introduction of precision farming technologies, it is proposed to use projects of on-farm land management with the formation of homogeneous working areas and a detailed database of quantitative, qualitative, agrotechnological, environmental, radiation, cultural and other information on them. The article presents methodological approaches to the development of land management projects, a system of indicators for evaluating a design solution, approaches to solving the issue of placement of crops. The Geoportall Land Information System (LIS) of the Republic of Belarus can become the basis for the development of on-farm land management projects. This is an Internet resource that allows simultaneous access to a large number of information resources for searching, viewing, visualizing, downloading, distributing information and is designed to combine data sources in one place. The spatial basis for the development of the Geoportall was orthophotomaps, satellite images, topographic maps, the land information system of land management enterprises subordinate to the State Property Committee of the Republic of Belarus.

**Key words:** on-farm land management, precision farming, ecologically and technologically homogeneous working area, radioactive contamination, radioecological factor, GIS technologies.

### Введение

Современное сельскохозяйственное производство ориентировано на снижение себестоимости производимой продукции, рост производительности труда, обеспечение продовольственной безопасности страны и рациональное использование хозяйственных и природных ресурсов. Для достижения этих целей совершенствовались сельскохозяйственная техника и агротехнические приемы обработки почвы, выводились новые высокопродуктивные сорта, применялись удобрения и т. д.

В настоящее время широкое применение получили спутниковые и компьютерные технологии, что позволяет широко использовать в сельском хозяйстве технологии точного земледелия. Их преимуществами являются оптимизация затрат (топлива, семян, удобрений, гербицидов и т. д.) на производство сельскохозяйственной продукции, сокращение негативного влияния человека на окружающую среду, повышение плодородия почв и др.

Основоположником методологии точного земледелия является П. Роберт. В основе его идеи лежит представление о том, что внутри границы каждого отдельно взятого поля имеются значительные неод-

нородности в связи с действием различных факторов: климатических, почвенных (гранулометрический состав, степень увлажнения, эродированности и др.), рельефа местности, культуртехнического состояния земель и т.д. Данное обстоятельство требует дифференцированного подхода при выполнении внутриполевых технологических операций. Например, необходима корректировка нормы вносимых удобрений в зависимости от конкретных условий отдельного участка поля в зависимости от почвенного покрова, рельефа местности, агрохимических характеристик, степени эродированности и др., по сравнению с традиционной технологией, согласно которой достаточно одной усредненной нормы [6].

В условиях радиоактивного загрязнения территории ввиду наличия различий степени концентрации радионуклидов в почве точное земледелие является важным элементом организации рационального использования земель. При этом должна также решаться проблема получения экологически «чистой» продукции.

### Основная часть

Важным инструментом применения технологий точного земледелия в сельскохозяйственных предприятиях, в т. ч. с наличием радиоактивно загрязненных земель, могут стать проекты внутрихозяйственного землеустройства, разрабатываемые по следующей методике: анализ существующего использования земель и степени их радиоактивного загрязнения; оценка ресурсного потенциала хозяйств (земельных, материально-технических, денежных ресурсов); 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.; организация 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); разработка вариантов размещения севооборотов и их оценку; устройство территории сельскохозяйственных земель; оценка экономической и экологической эффективности организации использования земель [2].

В условиях радиоактивного загрязнения территории конкретного сельскохозяйственного предприятия важным вопросом является оптимизация структуры посевных площадей с возможным уточнением специализации производства. Для решения данного вопроса целесообразно применение симплексного метода математического программирования и использование блочной экономико-математической модели. При этом в качестве критерия оптимальности предлагается использовать максимум хозяйственного дохода (прибыли) при условии получения большего количества продукции, меньшими затратами на ее производство и допустимом содержании в ней радиоактивных веществ [3]. Целевая функция модели имеет вид:

$$Z = \sum_{j \in J} c_j x_j - x_z \rightarrow \max \quad (1)$$

На переменные накладываются ограничения по: общей площади сельскохозяйственных, пахотных и луговых земель; степени радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции; производству гарантированного объема товарной продукции (госзаказа) с концентрацией радионуклидов в пределах допустимых республиканских уровней; трудовым ресурсам; поддержанию бездефицитного баланса гумуса в почве с целью сохранения почвенного плодородия и рационального использования удобрений; балансу минеральных удобрений; агротехническим требованиям, предъявляемым к возделываемым культурам и их рекомендуемому удельному весу в структуре посевных площадей; производству и использованию кормов; расчету ежегодных производственных затрат предприятия (без оплаты собственного труда); общему размеру капитальных вложений.

Одновременно на загрязненных радионуклидами территориях требуется решение проблемы сохранения почвенного плодородия. Следовательно, структура посевных площадей должна обеспечивать возможность соблюдения баланса гумуса почв и рационального использования всех видов удобрений.

На современном уровне развития производительных сил необходимы совершенствование методики проектирования севооборотов и переход от системы классических севооборотов к более гибким и динамичным, которые дают возможность наиболее полно учитывать природные, технологические, экологические и другие особенности земли, как главного средства производства, а также легко вносить научно обоснованные изменения в ранее принятые проектные решения в соответствии с изменением задач сельскохозяйственного производства. При этом проектирование системы севооборотов

должно вестись от агротехнически и экологически однородных рабочих участков к полю и севообороту, то есть по принципу «от частного к общему».

Результаты производственной деятельности сельскохозяйственных организаций дают возможность отметить получение дополнительной продукции со значительным снижением степени ее загрязнения радиоактивными веществами в результате дифференцированного размещения посевов сельскохозяйственных культур с учетом микроклиматических, агроэкологических и радиационных особенностей территории и обеспечения культур лучшими предшественниками. При организации использования земель сельскохозяйственных предприятий в условиях радиоактивного загрязнения необходимо не только учитывать агротехнические, агрохимические, технологические, радиоэкологические и другие особенности земельных участков, но и принимать во внимание степень поглощения и накопления радионуклидов различными сельскохозяйственными культурами, их дальнейшее хозяйственное использование, технологии возделывания на территориях с разной плотностью загрязнения почв, требовательность к условиям произрастания, трудоемкость и т. д.

Решать проблему размещения севооборотов и посевов сельскохозяйственных культур целесообразно вести на основе специального зонирования территории хозяйства с выделением зон с различной плотностью загрязнения радиоактивными веществами. При этом в каждой зоне формируются эколого-технологически однородные рабочие участки, исходной территориальной единицей проектирования которых принимается топографический контур. В условиях мелкой контурности рабочие участки могут формироваться из нескольких смежных или близко расположенных однородных в радиационном, почвенном и эколого-технологическом отношении отдельно обрабатываемых контуров. При наличии на территории хозяйства крупных по площади топографических контуров проектирование рабочих участков может вестись путем их деления с учетом необходимости соизмерения площади с площадью посевов наиболее ценных с экономической точки зрения сельскохозяйственных культур, которые обладают наименьшей способностью к поглощению радиоактивных веществ из почвы.

Дальнейшая характеристика эколого-технологически однородных рабочих участков проводится по следующим показателям: почвенному покрову (типу, гранулометрическому составу, степени увлажнения почв), рельефу местности, степени эродированности, агрохимическому составу, плотности радиоактивного загрязнения, культуртехническому состоянию, результатам кадастровой оценки земель, наличию ограничений по использованию и др. Данная информация может быть получена с использованием Геопортала ЗИС Республики Беларусь.

Запроектированные эколого-технологические рабочие участки оцениваются по их агротехнической пригодности для возделывания основных сельскохозяйственных культур и радиоэкологической допустимости по содержанию радионуклидов в производимой продукции по следующим факторам: почвенному плодородию, технологическим условиям, природоохранным и радиоэкологическим ограничениям [3].

По радиоэкологическим условиям сравнительная пригодность рабочих участков для возделывания основных сельскохозяйственных культур определяется с использованием оценочных шкал, которые разработаны нами в зависимости от почвенного покрова и плотности их загрязнения радионуклидами. В их основу положен расчет такой степени загрязнения почв, при которой содержание нуклида в производимой продукции не превышает Республиканских допустимых уровней максимальной концентрации радионуклидов в продукции растениеводства и значений коэффициента перехода радиоактивных веществ в урожай основных сельскохозяйственных культур.

Результаты сравнительной оценки эколого-технологически однородных рабочих участков используются для проведения их эколого-технологической группировки. При этом для каждой группы определяется площадь и возможный для возделывания состав культур с учетом рекомендаций по ведению сельскохозяйственного производства в различных зонах радиоактивного загрязнения и видовых различиях растений в поглощении радионуклидов из почвы [5].

Далее организация использования пахотных земель может осуществляться по двум направлениям: либо формирование севооборотов с чередованием культур по годам и полям из эколого-технологически однородных рабочих участков, либо чередование культур только во времени в границах отдельно взятых рабочих участков.

Для обоснования разработанных проектных решений по размещению севооборотов и посевов сельскохозяйственных культур целесообразна их оценка по системе технических, экономических и радиоэкологических 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 альтернативных вариантов предлагается осуществлять по величине среднегодового дохода.

Радиоэкологический фактор может быть учтен посредством оценки эколого-технологически однородных рабочих участков по суммарному уровню загрязнения единицы урожая сельскохозяйственных культур по формуле [4]:

$$A = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^I \sum_{j=J} A_{ij} \cdot P_{ij} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где  $A$  – суммарный среднегодовой уровень накопления радионуклидов в урожае сельскохозяйственных культур по севообороту,  $Ku/kg$ ,  $A_{ij}$  – уровень накопления радионуклидов при возделывании 1 га  $i$ -й сельскохозяйственной культуры на  $j$ -м рабочем участке,  $Ku/kg$ ,  $P_{ij}$  – 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 этом в качестве лучшего выбирается вариант проектирования системы севооборотов и размещения посевов сельскохозяйственных культур, который позволяет получить наибольший среднегодовой доход и наименьшее содержание радионуклидов в единице производимой продукции.

В настоящее время во всех отраслях деятельности человека, в том числе и землеустроительном проектировании, широко используются ГИС-технологии. При разработке проектов внутрихозяйственного землеустройства они используются не только как система для сбора, хранения, анализа и отображения информации, но и в качестве важного инструмента проектирования при выполнении агроэкологического зонирования территории, определения площадей видов земель с последующей их группировкой в отдельные слои, разработки и оценки вариантов организации системы севооборотов и размещения посевов сельскохозяйственных культур, оформления планово-картографических материалов. Применение ГИС-технологий в землеустроительном проектировании позволяет значительно сократить затраты времени на разработку проектного решения и повысить его качество. В качестве преимуществ использования геоинформационных технологий над традиционными технологиями проектирования могут быть названы вариативность, значительное ускорение процесса изготовления землеустроительной документации, возможность хранения и использования большого количества информации, всесторонний учет всех особенностей объекта проектирования, повышение производительности и эффективности труда.

### **Заключение**

Широкое развитие спутниковых и компьютерных технологий позволяет внедрять технологии точного земледелия в сельскохозяйственное производство с целью повышения его эффективности. Однако, наряду с положительными моментами их применения, существуют и некоторые недостатки, к которым могут быть отнесены дороговизна, техническая сложность, динамичность.

С целью сокращения влияния данных недостатков, особенно в условиях радиоактивного загрязнения территории, следует использовать в качестве информационной базы проекты внутрихозяйственного землеустройства сельскохозяйственных предприятий с формированием на пахотных землях однородных рабочих участков.

Разработка проектов должна вестись с использованием ГИС-технологий и Геопортала ЗИС Республики Беларусь, которые в настоящее время являются неотъемлемой частью землеустроительного проектирования. Их применение намного упрощает как процесс принятия, так и окончательную разработку и оформление проектного решения, улучшает его наглядность и удобство пользования.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Бобер, Н. П. Создание геопортала земельно-информационной системы Республики Беларусь / Н. П. Бобер // Геоматика. – 2011. – № 3. – С. 85–93.
2. Методические вопросы оптимизации использования земель в условиях радиоактивного загрязнения территории / В. Ф. Колмыков, С. М. Комлева [и др.] // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2008. – № 3. – С. 113–116.
3. Комлева, С. М. Организация использования земель сельскохозяйственных предприятий в условиях радиоактивного загрязнения территории: монография / С. М. Комлева. – Горки: БГСХА, 2013. – 131 с.
4. Комлева, С. М. Теоретические вопросы комплексной организации использования радиоактивно загрязненных земель / С. М. Комлева // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 2. – С. 136–142.
5. Комлева, С. М. Размещение посевов сельскохозяйственных культур с учетом степени радиоактивного загрязнения пахотных земель / С. М. Комлева // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 4. – С. 104–107.
6. Труфляк, Е. В. Основные элементы системы точного земледелия / Е. В. Труфляк. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 39 с.