
1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.44.001.53:631.47

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**В. В. Лапа, Д. В. Матыченков, Т. Н. Азаренок,
О. В. Матыченкова, С. В. Дыдышко**

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь,*

ВВЕДЕНИЕ

В Институте почвоведения и агрохимии уже на протяжении многих лет активно ведется разработка специализированных систем, включающих базы данных количественных и качественных параметров агроэкологического состояния компонентного состава почвенного покрова с учетом региональной специфики их антропогенной трансформации, обеспечивающих ресурсосберегающее, экологически безопасное повышение плодородия почв, урожайности сельскохозяйственных культур [1, 2, 4]. Отличительной особенностью создаваемых систем от существующих исследований по оптимизации аграрного землепользования с применением ГИС-технологий является практическая ориентированность и современная административно-территориальная основа разрабатываемой системы.

Современный подход к управлению продуктивностью сельскохозяйственных культур имеет комплексный характер и должен формироваться согласно принципам, которые учитывают особенности фотосинтеза, морфогенеза, минерального питания сельскохозяйственных культур и обеспечивают управление ими. Первоочередной задачей такого подхода является максимальное нивелирование факторов, препятствующих сближению биологического потенциала культуры (сорта) с фактическим. Этому способствует использование систем применения удобрений (минеральных и органических), химических мелиорантов. Специализированная информационная система (СИС) агротехнологических мероприятий для максимально возможного уровня урожайности сельскохозяйственных культур, основанная на применении ГИС технологий – это комплексное решение с применением целого ряда технологических приемов, объединенных в одну информационно-управляющую систему и представляющую собой взаимосвязанные данные о почвенных ресурсах, требованиях возделываемых культур, нормативных документах, современных системах применения удобрений и имеющихся в распоряжении сельхозпроизводителей ресурсов.

Цель исследования состояла в создании специализированной информационной системы помощи принятия решений (СППР) для разработки агротехнологических

мероприятий по достижению максимально возможного уровня урожайности сельскохозяйственных культур, практическое применение которой позволяет решать следующие задачи:

- расчет необходимых доз минеральных удобрений при существующих материальных ресурсах для достижения максимальной отдачи от почвенных ресурсов;
- расчет прогнозных показателей динамики агрохимических свойств почвенного покрова, рассчитанные на основе нормативно-справочных материалов;
- создание картографической, табличной и описательной выходной информации для практического использования в удобном и понятном для широкого круга пользователей виде.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования явились почвы ОАО «Большевик-Агро» Солигорского района Минской области в Почвенной Информационной Системе Беларуси (ПИСБ) [2, 4] различные по типовой принадлежности, степени гидроморфизма, гранулометрическому составу почвообразующих и подстилающих пород, характеру строения генетического профиля и их современному агроэкологическому состоянию. Предметом исследований являются дозы удобрений, а также взаимосвязь производительной способности почв элементарных участков и доз внесенных удобрений. Специализированные информационные системы для сельскохозяйственного производства соединяют в себе базы данных характеристик почв республики и базы знаний [1]. База знаний информационной системы состоит из переведенных в цифровую табличную форму данных источников [3, 5, 6, 7]. Учтены и произведены расчеты по основным питательным элементам: азоту, фосфору и калию – рассчитано 140 значений норм внесения элементов питания по каждому элементарному участку исследуемого хозяйства. Для создания информационных банков данных об отдельных свойствах компонентов почвенного покрова за различные периоды наблюдения и при разработке наиболее оптимальных наборов данных и сроков их обновления использовались следующие основные методы: картографический, аналитический, статистический, экспертных оценок, системного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Важнейшей составной частью функционирования СИС для максимально возможного уровня урожайности сельскохозяйственных культур является разработка алгоритмов получения информации по дозам минеральных удобрений для почвенного полигона и элементарного участка с использованием данных по нормативным материалам, методикам применения минеральных удобрений и отраслевым регламентам как при установлении необходимого уровня урожайности, так и при всех возможных уровнях урожайности.

Рассмотрим этапы разработки алгоритма расчета затрат фосфорных удобрений сверх выноса с урожаем для увеличения содержания подвижного фосфора на 10 мг/кг почвы, кг/га P_2O_5 (табл. 1) согласно «Справочнику нормативных материалов для агрохимического окультуривания почв и эффективного использования удобрений» для почв различного гранулометрического состава [7].

Таблица 1

Нормативы затрат фосфорных удобрений сверх выноса с урожаем для увеличения содержания подвижного фосфора на 10 мг/кг почвы, кг/га P₂O₅ (фрагмент)

Гранулометрический состав почвы	pH _{KCl}	Исходное содержание P ₂ O ₅ , мг/кг почвы			
		< 60	61–100	101–150	151–250
Суглинистые	4,5–5,0	75	69	65	69
	5,1–5,5	70	63	57	58
	5,6–6,0	65	56	49	47
Супесчаные	4,5–5,0	70	64	60	64
	5,1–5,5	65	58	52	52
	5,6–6,0	60	51	44	42

Этапы алгоритма:

1. Установление гранулометрического состава почвенного полигона и элементарного участка (порядковый номер 2 согласно «Номенклатурному списку почв Беларуси»).

2. Установление содержания элементов питания в почвенном покрове элементарного участка.

3. Установление планируемой урожайности. Данная опция является переменной и может быть задана. Иначе система может рассчитать дозы удобрений на каждую из запланированных урожайностей.

4. Расчет дозы минеральных удобрений соответственно планируемой урожайности зерновых культур по выносу элементов питания с урожаем согласно отраслевым регламентам и «Нормативам возмещения выноса элементов питания для расчета доз минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры».

5. Увеличение дозы минеральных удобрений сверх выноса с урожаем для повышения содержания подвижных элементов согласно «Справочнику нормативных материалов для агрохимического окультуривания почв и эффективного использования удобрений».

6. Запись полученной информации по дозам минеральных удобрений (отдельно по каждому элементу питания) и запланированной урожайности в атрибутивные данные почвенного полигона и элементарного участка.

В качестве примера приведен алгоритм работы базы знаний СИС применительно для доз минеральных удобрений, рассчитанных балансовым методом с учетом планируемого урожая и содержания элементов питания в почве элементарного участка согласно «Технологическому регламенту по возделыванию озимого рапса»:

1. Установление классификационной принадлежности почвенного полигона и элементарного участка (порядковый номер 1 согласно «Номенклатурному списку почв Беларуси»).

2. Установление гранулометрического состава почвенного полигона и элементарного участка (порядковый номер 2 согласно «Номенклатурному списку почв Беларуси»).

3. Установление содержания элементов питания в почвенном покрове элементарного участка.

4. Установление коэффициента использования растениями питательных элементов из почвы и удобрений согласно установленной классификационной принадлежности почвы, ее гранулометрическому составу и содержанию в ней элементов

питания (отдельно по каждому элементу питания) согласно «Справочнику нормативных материалов для агрохимического окультуривания почв и эффективного использования удобрений»).

5. Установление необходимой урожайности семян. Данная опция является вариабельной и может быть задана. Иначе система может рассчитать дозы удобрений на каждую из запланированных урожайностей.

6. Расчет дозы минеральных удобрений балансовым методом согласно формуле, представленной в «Технологическом регламенте по возделыванию озимого рапса».

7. Запись полученной информации по дозам минеральных удобрений (отдельно по каждому элементу питания) и запланированной урожайности в атрибутивные данные почвенного полигона и элементарного участка.

При расчете также учитывалось содержание фосфора и калия в почвах объектов исследований по данным агрохимического обследования, гранулометрический (суглинистые и супесчаные почвы на суглинках, супесчаные и песчаные почвы на рыхлых отложениях) и типовой состав почвенного покрова (дерново-подзолистые и дерновые почвы, торфяные и деградированные почвы) элементарных участков. Для расчета использовались ранее разработанные алгоритмы работы базы знаний интеллектуальной информационной системы для доз минеральных удобрений. Для их использования были сформированы запросы для баз данных языка программирования общего назначения Python с использованием операторов if, else, then и т. д. В результате были рассчитаны нормативные дозы внесения азота, фосфора и калия для озимой пшеницы, озимого тритикале, яровой пшеницы, ячменя, льна, сахарной свеклы и рапса по каждому уровню планируемой урожайности для каждого элементарного участка объекта исследования (табл. 2). Рассчитаны как нормы внесения азота, фосфора и калия для каждого планируемого уровня урожайности на гектар площади, так и абсолютные нормы внесения в килограммах действующего вещества на элементарный участок.

Таблица 2

**Нормативы внесения азота, фосфора и калия для озимой пшеницы по уровням
запланированной урожайности для элементарного участка № 126*
ОАО «Большевик-агро» (фрагмент)**

Планируемая урожайность, ц/га	Озимая пшеница						Яровая пшеница					
	N		P		K		N		P		K	
	кг д. в./га	кг на участок	кг д. в./га	кг на участок	кг д. в./га	кг на участок	кг д. в./га	кг на участок	кг д. в./га	кг на участок	кг д. в./га	кг на участок
30–40	80	325,7	35	142,5	45	183,2	65	264,6	35	142,5	50	203,6
40–50	110	447,9	45	183,2	60	244,3	75	305,4	45	183,2	70	285
50–60	140	570	55	223,9	80	325,7	85	346,1	55	223,9	90	366,4
60–70	165	671,8	70	285	100	407,2	95	386,8	65	264,6	110	447,9
Более 70	185	753,2	80	325,7	120	488,6	105	427,5	75	305,4	130	529,3

* рН – 6,3, гумус – 1,4 %, фосфор – 253 мг/кг почвы, калий – 316 мг/кг почв, площадь – 4,68 га, 30–40 т/га органических удобрений.

Доза азотных, фосфорных и калийных удобрений были также рассчитаны *балансным методом* с учетом коэффициентов возмещения выноса питательных элементов, нормативных выносов элементов с урожаем, доз внесения органических удобрений как под данную культуру, так и под предшественник. Данным методом были рассчитаны нормы внесения азота, фосфора и калия для озимой пшеницы, озимого тритикале, яровой пшеницы, ячменя, льна, сахарной свеклы и рапса для 5 уровней урожайности для каждой из культур. Уровни планируемой урожайности использовались аналогичные расчетам по нормативному внесению удобрений. Данным способом рассчитаны нормы внесения основных питательных веществ при следующих уровнях внесения органических удобрений: без внесения, 20 т/га и 40 т/га.

Далее на основе проведенной геостатистической оценки использования удобрений при различных уровнях планирования урожайности сельскохозяйственных культур с учетом нормативов возмещения выноса элементов питания по элементарным участкам сельскохозяйственных организаций, созданы картограммы внесения минеральных удобрений согласно разработанным комплексам мероприятий по их использованию для различных культур (озимой пшеницы, озимого тритикале, яровой пшеницы, ячменя, льна, сахарной свеклы, озимого рапса) по каждому объекту исследования для всех элементарных участков. Это позволяет выявить элементарные участки с большим потенциалом агрономической эффективности и с наибольшим риском потери своей производительной способности, вследствие значительного выноса питательных веществ с урожаем (рис. 1, 2).

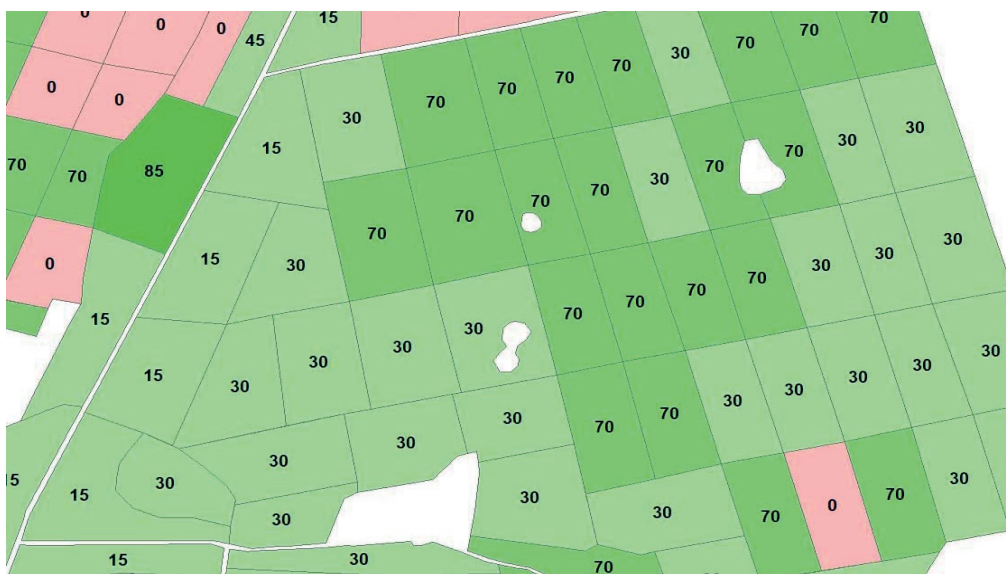


Рис. 1. Фрагмент картограммы норм внесения фосфора (нормативный способ расчета кг д. в./га)

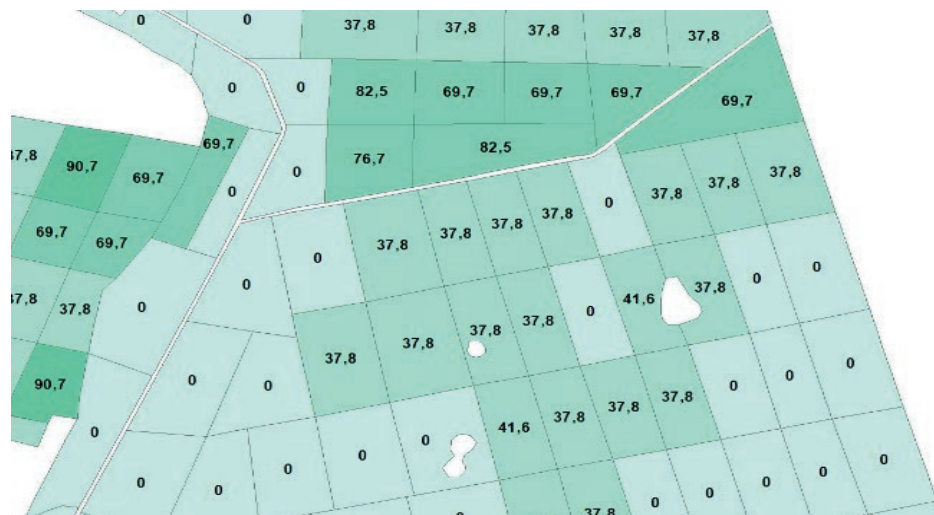


Рис. 2. Фрагмент картограммы норм внесения фосфора (балансовый способ расчета кг д. в./га)

ВЫВОДЫ

Разработанная СИС является научно-методическим обеспечением сельскохозяйственного производства. Ее практическое применение позволяет с наименьшими материальными затратами существенно повысить экономическую эффективность получения растениеводческой продукции за счет объективного планирования производства с учетом требований к агроэкологическим свойствам почвенного покрова, определить количественную необходимость внесения органических и минеральных удобрений, целесообразность проведения мероприятий по повышению плодородия почв, что обеспечит дифференцированный подход в использовании почвенных ресурсов и удобрений на планируемую урожайность применительно для каждого поля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика создания информационной системы учета динамики и прогноза свойств отдельных компонентов почвенного покрова землепользований для наиболее экономически эффективного использования почвенных ресурсов / В. В. Лапа [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Институт почвоведения и агрохимии. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2022. – 42 с.
2. Методические указания по созданию Почвенной Информационной Системы / Г. С. Цытрон [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. – 49 с.
3. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных, кормовых и технических растений: сборник отраслевых регламентов / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; рук. работы: Ф. И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2022. – 530 с.

4. Почвенно-информационные системы в агропочвоведении / В. В. Лапа [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2018. – № 2(117). – С. 9–12.
5. Рекомендации по экономически обоснованным приемам управления продуктивностью посевов зерновых культур в агротехнологиях различной интенсивности на дерново-подзолистых почвах / В. В. Лапа [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2014. – 24 с.
6. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии; под ред. акад. В. В. Лапа. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 260 с.
7. Справочник нормативных материалов для агрохимического окультуривания почв и эффективного использования удобрений / В. В. Лапа [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2017. – 60 с.

SPECIALIZED INFORMATION SYSTEMS IN AGRICULTURAL PRODUCTION OF THE REPUBLIC OF BELARUS

**V. V. Lapa, D. V. Matychenkov, T. N. Azaronak,
O. V. Matychenkova, S. V. Dydyska**

Summary

The results of research on the development of a specialized information system based on a computerized system for collecting, storing, processing information using geostatistical assessments are presented. The practical application of a specialized information system allows, with the least material costs, to significantly increase the economic efficiency of obtaining crop products through objective production planning, taking into account the requirements for agro-ecological properties of the soil cover, determine the quantitative need for applying organic and mineral fertilizers, the feasibility of carrying out measures to increase soil fertility, which will provide a differentiated approach to the use of soil resources and fertilizers for the planned yield for each field of an agricultural enterprise.

Поступила 27.11.23