

УДК 004:332.3(476.1)

Д. В. МАТЫЧЕНКОВ<sup>1</sup>, Г. С. ЦЫТРОН<sup>1</sup>, В. В. СЕВЕРЦОВ<sup>2</sup>

## ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС ПО ОПТИМИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ ОТДЕЛЬНОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

<sup>1</sup>Институт почвоведения и агрохимии, Минск, Беларусь, e-mail: soil@tut.by

<sup>2</sup>Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки, Беларусь, e-mail: soil-soligorsk@tut.by

В статье на примере СПК «Большевик-агро» Солигорского района рассматривается методика создания программно-информационного комплекса по оптимизации использования почвенных ресурсов. Рассматриваются информационные составляющие данного комплекса, алгоритмы их взаимодействия для установления пригодности почвенного покрова предприятия для возделывания конкретных сельскохозяйственных культур, а также возможные выходные формы для практического использования полученных результатов.

*Ключевые слова:* Геоинформационная система (ГИС), Почвенная Информационная Система Беларуси (ПИСБ), информационное обеспечение, электронные почвенные карты, базы данных, экспертная система, пригодность почв для возделывания сельскохозяйственных культур.

D. V. MATYCHENKOV<sup>1</sup>, G. S. TSYTRON<sup>1</sup>, V. V. SEVERTSOV<sup>2</sup>

## PROGRAM-INFORMATION COMPLEX FOR OPTIMIZING THE USE OF SOIL RESOURCES OF A SEPARATE AGRICULTURAL ENTERPRISE

<sup>1</sup>Institute of Soil Science and Agrochemistry, Minsk, Belarus, e-mail: soil@tut.by

<sup>2</sup>Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Belarus, e-mail: soil-soligorsk@tut.by

The paper touches upon the method of creating a program-information complex for optimizing the use of soil resources on the example of an agricultural enterprise "Bolshevik-Agro", Soligorsk region. The article discusses the information components of the complex, algorithms of their interaction to determine suitability of soil for cultivation of certain crops, and possible forms for practical application of the results.

*Keywords:* Geographic Information System (GIS), Soil Information System of Belarus (SISB), information support, digital soil maps, database, expert system, suitability of soils for crops cultivation.

Современные технологии сбора и обработки информации, требуемой для решения производственных и управленческих задач по оптимизации использования почвенных ресурсов Республики Беларусь, необходимы для динамического развития аграрного производства в стране.

Анализ литературных источников показал, что созданные к настоящему времени национальные почвенные информационные системы (Национальная база данных почв Канады (NSDB) [1], база данных почв Швеции (MarkInfo) [2], база данных почв США (WEB Soil SURVEY) [3], информационная система почвенного покрова Австрии (BORIS) [4], Австралийская информационная система почвенных ресурсов (ASRIS) [5], Земельные ресурсы России [6], информационная система качества почв Республики Молдова [7] и др.), как основные, так и специализированные, характеризуют специфику почвообразования конкретной страны или ее региона и ориентированы на потребности данной страны, а международные (SOTER [8], EUSIS [9] и др.) носят весьма обобщенный характер и не могут отразить особенности и разнообразие почвенного покрова отдельного государства, не говоря уже о его регионе.

Система землепользования территории должна соответствовать ресурсному потенциалу земель с минимальным количеством материальных и ресурсных затрат. Технология географических информационных систем (ГИС), инструментальные средства и подходы к получению, обработке, анализу и отображению данных, позволяют решать многие из этих задач. Создаваемый в республике

программно-информационный комплекс (ПИК) предполагает концентрирование в систематизированном виде накопленной информации о почвенном покрове и его компонентах, знаний и опыта по рациональному использованию почвенных ресурсов в сельскохозяйственном производстве [10].

Непосредственным звеном создаваемого ПИК Беларуси по оптимизации использования почвенных ресурсов является ПИК отдельного землепользования. Создаваемый на определенном уровне обобщения Почвенной Информационной Системы Беларуси (ПИСБ) – уровне сельскохозяйственного предприятия, он является одним из наиболее востребованных в нынешних условиях и в то же время наиболее массовым по количеству имеющейся информации о свойствах почвенного покрова, так как в основе его лежит информация по крупномасштабному почвенному картографированию (масштаба 1 : 10 000).

Цель создания ПИК по оптимизации использования почвенных ресурсов отдельного землепользования – перевод информации о свойствах отдельных компонентов почвенного покрова в цифровую форму для использования ее в сельскохозяйственном производстве, что позволит повысить уровень его эффективности, обеспечив оперативную поддержку принятия управленческих решений для оптимизации структуры посевных площадей, соблюдения экологических требований и организации рационального использования земель, а также отработка методов создания аналогичных ПИК для нуждающихся в этом сельскохозяйственных предприятий страны [11].

ПИК по оптимизации использования почвенных ресурсов отдельного землепользования позволяет решать следующие задачи:

проводить оценку степени пригодности современного состояния компонентов почвенного покрова отдельного землепользования для возделывания конкретных сельскохозяйственных культур;

выдавать конкретные выходные формы для практического использования полученной информации.

Таким образом, создаваемый ПИК может осуществлять поддержку оперативного принятия управленческих решений, создавать и расширять информационные базы данных сельскохозяйственных организаций по назначению и содержанию с привязкой информации к конкретным территориям, предоставлять необходимую информацию в доступной и наглядной форме как специалистам, так и заинтересованным лицам.

Цель данной публикации состоит в показе создания программно-информационного комплекса по оптимизации использования почвенных ресурсов отдельного землепользования на примере СПК «Большевик-агро» Солигорского района: методы и способы использования информационной основы (данных ПИСБ, Базы знаний) при помощи алгоритмов взаимодействия ее составляющих, создание выходных форм для практического использования полученной в конечном счете информации о пригодности почвенного покрова сельскохозяйственного предприятия для возделывания конкретных сельскохозяйственных культур.

**Объекты и методы исследований.** Объектом исследований явилась информация о почвах СПК «Большевик-агро» Солигорского района, инвентаризированная в ПИСБ [12] по типовой принадлежности почв, степени гидроморфизма, гранулометрическому составу почвообразующих и подстилающих пород, характеру строения генетического профиля и их современному агроэкологическому состоянию, в том числе и цифровая почвенная карта хозяйства. Объектом исследований также послужили и возделываемые сельскохозяйственные культуры, занимающие основную долю в структуре посевных площадей республики и их требования к почвенным условиям [13, 14]. Таким образом, объектом исследований являлись данные о почвенном покрове сельскохозяйственного предприятия и их пригодность для возделывания конкретных сельскохозяйственных культур.

Основными методами, использованными для создания объединенной информационной базы данных характеристики компонентного состава почвенного покрова и пригодности его отдельных компонентов для различных целей сельскохозяйственного производства, были: картографический, аналитический, статистические, экспертных оценок, системного анализа.

Связующим звеном использования данных методов являлась ПИСБ, представляющая собой геоинформационную систему с присущими таковым атрибутами и свойствами: картографиче-

ской основой, семантическими данными, реляционными связями, возможностями математических операций над данными, системами ввода и вывода данных, работы с табличными и картографическими данными, а также статистическими инструментами обобщения и изучения почв и почвенного покрова на различных уровнях обобщения информации.

**Результаты и их обсуждение.** Как уже было отмечено выше, оптимизация аграрного землепользования, направленная на поиск наиболее экономически и экологически целесообразных вариантов организации и использования земельных ресурсов в сельскохозяйственном производстве, является актуальной и практически востребованной проблемой. Для решения их и был разработан ПИК по оптимизации использования почвенных ресурсов отдельного землепользования. С этой целью нами создан ПИК по оптимизации использования почвенных ресурсов СПК «Большевик-агро» Солигорского района Минской области.

Основой созданного программно-информационного комплекса по оптимизации использования почвенных ресурсов в сельскохозяйственном производстве на уровне отдельного сельскохозяйственного предприятия на примере СПК «Большевик-агро» Солигорского района Минской области служит банк данных, который является числовым отражением как качественных характеристик, так и количественных показателей и свойств почвенного покрова данного хозяйства. Банк данных состоит из двух компонентов: Базы данных и Базы знаний (рис. 1).

База данных состоит из крупномасштабной (М 1:10 000) цифровой почвенной карты СПК «Большевик-агро» Солигорского района, атрибутивных данных к цифровой почвенной карте, информации о почвенных разрезах, заложенных на территории хозяйства, сведений об агроэкологических условиях, которые были прикреплены к конкретным почвенным полигонам (контурам) карты, дополнительных полей к характеристикам почвенных полигонов: «Тип почв», «Характер и степень увлажнения», «Гранулометрический состав почвообразующих пород», «Гранулометрический состав подстилающих пород», «Глубина подстиления», «Кислотность», «Гумус», «Фосфор», «Калий», «Эродированность», «Завалуненность». Следует отметить, что показатели, отражающие агроэкологическое состояние почвенного покрова, были внесены только для тех почвенных полигонов, для которых существовала исходная информация.

База данных предназначена для хранения исходной и промежуточной информации решаемой задачи: определения пригодности почв для возделывания конкретных сельскохозяйственных культур. Этот термин совпадает по названию, но не по смыслу с термином, используемым в информационно-поисковых системах и системах управления базами данных (СУБД) для обозначения всех данных, хранимых в системе.

База знаний включает в себя:

- 1) Справочник определения агрогруппы почвенного полигона на основе общей агрогруппировки почв;
- 2) Справочник степени пригодности почв определенной агрогруппы для выращивания сельскохозяйственных культур;
- 3) Справочники определения степени пригодности почв для выращивания отдельных сельскохозяйственных культур (озимой пшеницы, озимого тритикале, яровой пшеницы, ячменя, льна, сахарной свеклы, озимого рапса) на основе частной агрогруппировки почв с учетом показателей требовательности каждой культуры к уровню агрохимического плодородия почв и их агроэкологическому состоянию;
- 4) Набор правил определения пригодности компонентов почвенного покрова полигонов почвенных карт ПИСБ для выращивания сельскохозяйственных культур на основе общей и частных агропроизводственных группировок;
- 5) Алгоритмы матричного сравнения атрибутивной информации почвенного полигона и «Справочника определения агрогруппы почвенного полигона на основе общей агропроизводственной группировки почв»;
- 6) Алгоритмы матричного сравнения атрибутивной информации почвенного полигона и «Справочника определения пригодности почв для выращивания отдельных сельскохозяйственных культур на основе частной агропроизводственной группировки почв с учетом показателей требовательности отдельных культур к уровню агрохимического плодородия почв и их агроэкологическому состоянию».

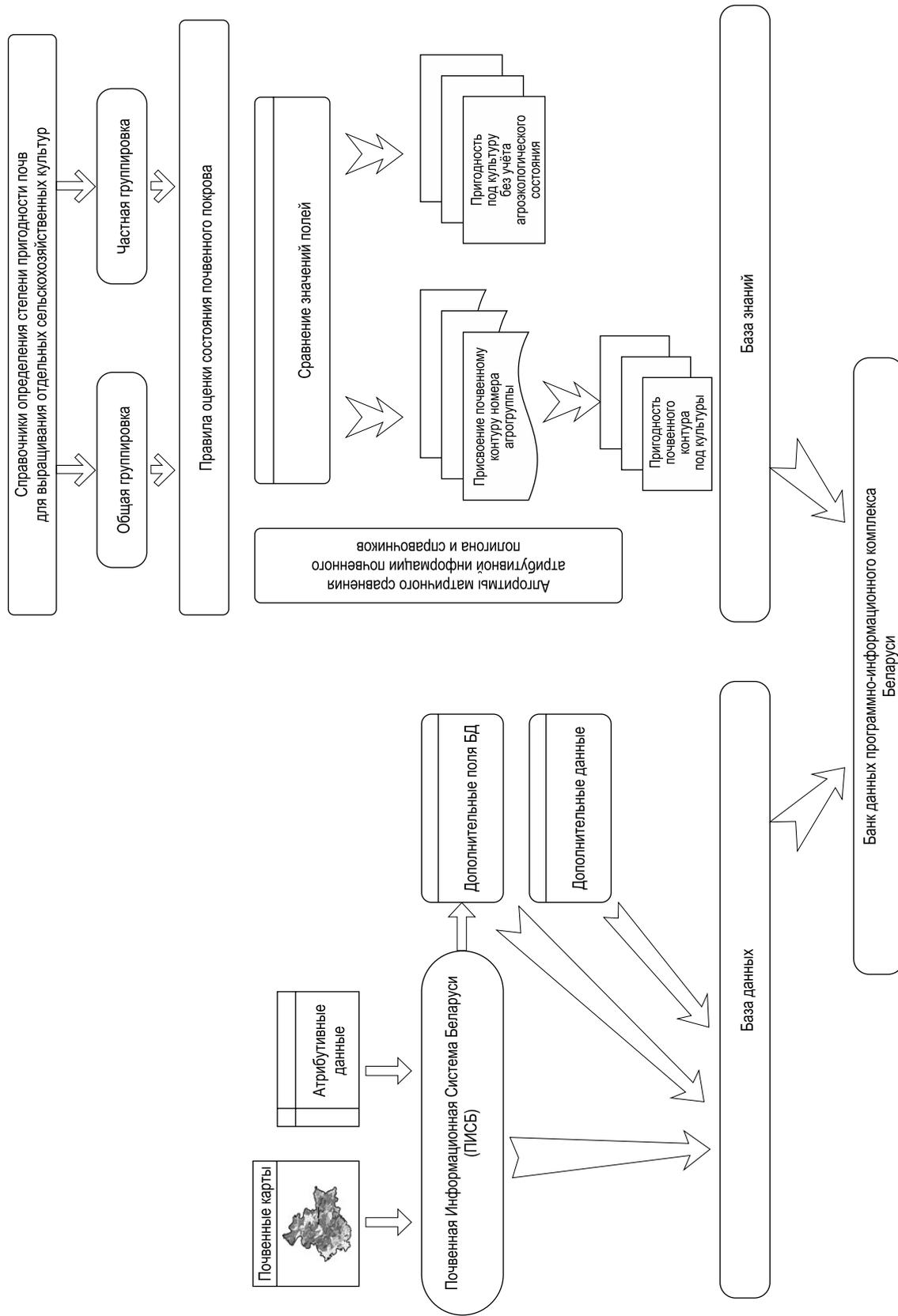


Рис. 1. Структура банка данных программно-информационного комплекса по оптимизации использования почвенных ресурсов Беларуси

База знаний является единой для всей системы экспертной оценки рационального использования почв на основе ПИСБ как в целом, так и для каждого программно-информационного комплекса по оптимизации использования почвенных ресурсов в зависимости от уровня обобщения.

Используя алгоритмы сравнения информации об отдельных компонентах почвенного покрова и Справочников пригодности почв под отдельные сельскохозяйственные культуры, на основе общей и частных агропроизводственных группировок почв каждому почвенному полигону цифровой почвенной карты СПК «Большевик-агро» была присвоена та или иная степень его пригодности для выращивания конкретных сельскохозяйственных культур. Содержание и этапы выполненного исследования иллюстрирует разработанная информационно-логическая схема (рис. 2).

Для участков почвенного покрова сельскохозяйственных земель, для которых была доступна информация о его агроэкологическом состоянии, их пригодность определена на основе частной агропроизводственной группировки почв с учетом этой информации. После проверки соответствия свойств почвенного полигона этим условиям (кислотность, содержание гумуса, фосфора и калия, эродированность и завалуненность) и при полном удовлетворении условиям, полигон является пригодным для возделывания конкретной сельскохозяйственной культуры (озимой пшеницы, озимого тритикале, яровой пшеницы, ячменя, льна, сахарной свеклы, озимого рапса) с учетом агроэкологического состояния. При неудовлетворении хотя бы одного параметра – непригодный.

В итоге каждому почвенному полигону цифровой почвенной карты СПК «Большевик-агро» была присвоена пригодность для возделывания сельскохозяйственных культур на основе общей агропроизводственной группировки почв, а также на основе частных агропроизводственных группировок почв для конкретных сельскохозяйственных культур, в том числе с учетом агроэкологических условий, где были необходимые для этого исходные данные.

В конечном итоге до потребителя полученную информацию необходимо донести в удобной для использования форме. Наиболее наглядным в данном случае будет картографическое представление данных, а также табличные формы представления площадей почв данного сельскохозяйственного предприятия по степени их пригодности для возделывания той или иной культуры.

Для этих целей нами разработаны следующие выходные формы:

1) картограммы агропроизводственных группировок почв по их пригодности для возделывания сельскохозяйственных культур;

2) картосхемы пригодности почв для возделывания сельскохозяйственных культур на основе общей агропроизводственной группировки почв (отдельно для каждой культуры: под озимую рожь, озимую пшеницу, озимое тритикале, яровую пшеницу, ячмень, овес, кормовой люпин, горох, вику, пелюшку, лен, сахарную свеклу, корнеплоды, рапс, картофель, кукурузу, клевер, люцерну и многолетние злаковые травы) (рис. 3);

3) картосхемы пригодности почв для возделывания сельскохозяйственных культур на основе частных агропроизводственных группировок почв (отдельно для следующих культур: озимой пшеницы, озимого тритикале, яровой пшеницы, ячменя, льна, сахарной свеклы, озимого рапса) (рис. 4);

4) картодиаграммы агропроизводственных группировок почв по их пригодности для возделывания сельскохозяйственных культур как для данной территории в целом, так и для отдельных ее фрагментов (зависит от уровня обобщения ПИСБ и конкретной поставленной задачи исследования);

5) диаграммы площадей (в гектарах или процентах) пригодных почв для возделывания конкретных сельскохозяйственных культур (на основе общей или частных агропроизводственных группировок почв) как для конкретной территории в целом, так и для отдельных ее фрагментов (зависит от уровня обобщения ПИСБ и конкретной поставленной задачи исследования);

6) комбинированные картограммы и картодиаграммы;

7) таблицы площадей агропроизводственных группировок почв по их пригодности для возделывания сельскохозяйственных культур;

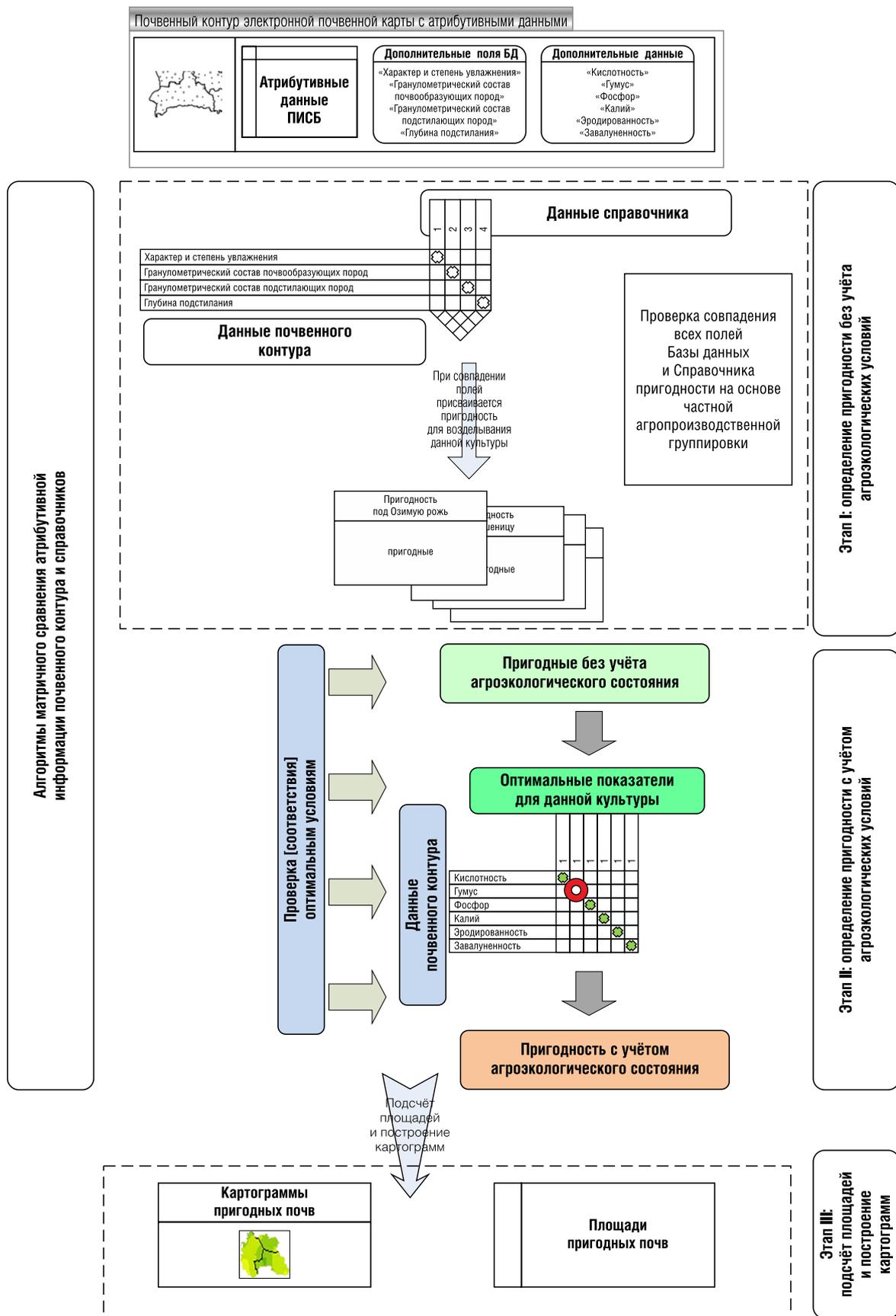


Рис. 2. Информационно-логическая схема определения пригодности почвенного покрова для выращивания сельскохозяйственных культур на основе частной агропроизводственной группировки почв

Условные обозначения:

	– непригодные
	– малопригодные
	– пригодные
	– наиболее пригодные

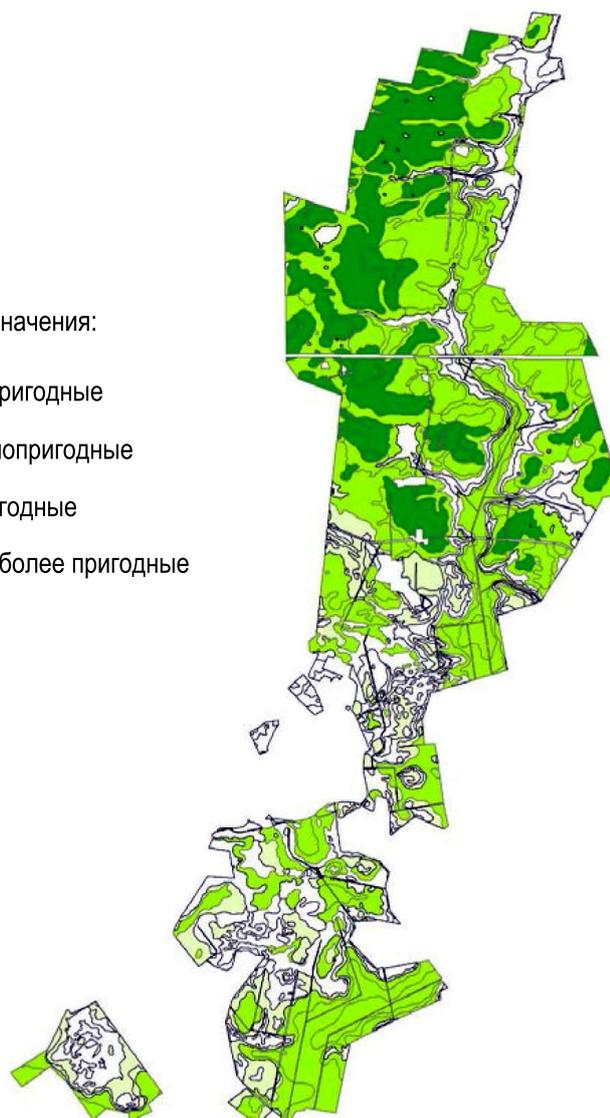


Рис. 3. Картограмма пригодности почв СПК «Большевик-агро» Солигорского района для возделывания озимой ржи на основе общей агропроизводственной группировки почв (цветовая заливка контуров почв различной степени пригодности)

8) таблицы площадей пригодных почв для возделывания сельскохозяйственных культур на основе частных агропроизводственных группировок почв (отдельно для следующих культур: озимой пшеницы, озимого тритикале, яровой пшеницы, ячменя, льна, сахарной свеклы, озимого рапса) (табл. 1);

**Т а б л и ц а 1. Площади почв СПК «Большевик-агро» Солигорского района по степени пригодности для возделывания озимой пшеницы на основе частной агропроизводственной группировки почв (без учета агроэкологических условий)**

Степень пригодности почв	Площадь почв	
	га	%
Непригодные	1750,45	26,1
Малопригодные	677,26	10,1
Пригодные	3044,53	45,5
Наиболее пригодные	1222,62	18,3
Всего	6694,86	100,0

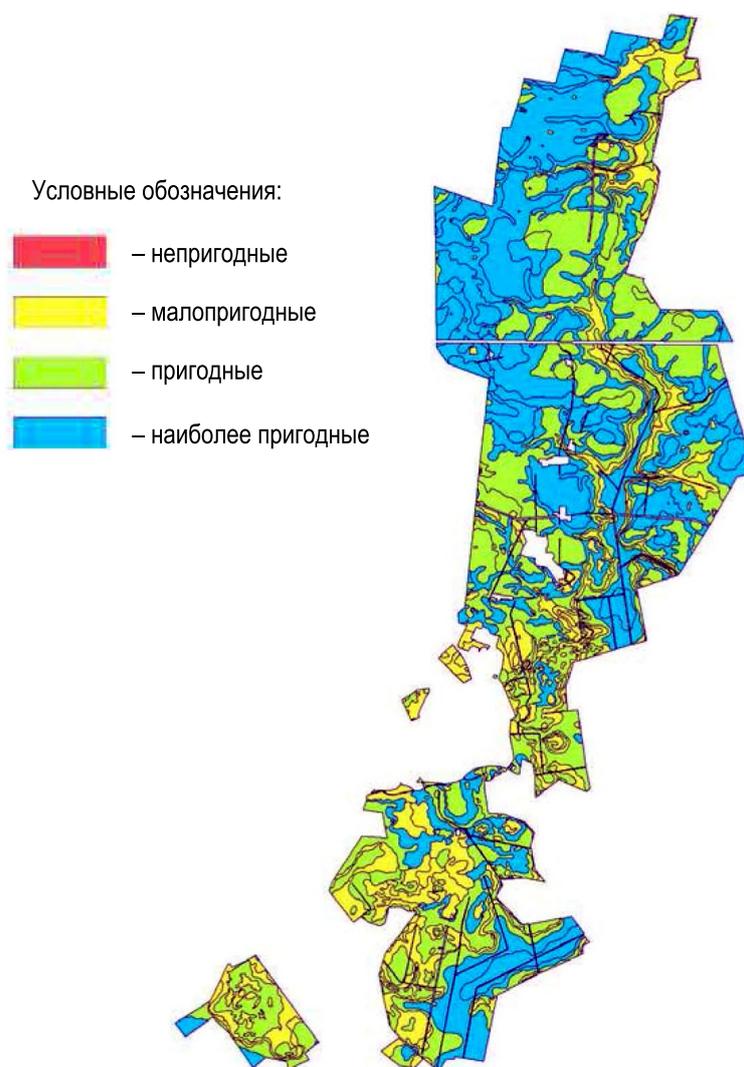


Рис. 4. Картограмма пригодности почв СПК «Большевик-агро» Солигорского района для возделывания озимой пшеницы на основе частной агропроизводственной группировки почв (без учета агроэкологических условий) (тональная заливка контуров почв различной степени пригодности)

9) сводные таблицы площадей пригодных почв для возделывания различных сельскохозяйственных культур (табл. 2);

Т а б л и ц а 2. Площади наиболее пригодных почв СПК «Большевик-агро» Солигорского района для выращивания отдельных сельскохозяйственных культур на основе общей агропроизводственной группировки почв

Культура	Площадь наиболее пригодных почв		Культура	Площадь наиболее пригодных почв	
	га	%		га	%
Озимая рожь	2960,4	44,2	Лен	2467,8	36,9
Озимая пшеница	2467,8	36,9	Сахарная свекла, корнеплоды	2467,8	36,9
Озимое тритикале	2467,8	36,9	Рапс	2467,8	36,9
Яровая пшеница	2895,5	43,3	Картофель	2467,8	36,9
Ячмень	2895,5	43,3	Кукуруза	2467,8	36,9
Овес	3814,7	57,0	Клевер	2895,5	43,3
Кормовой люпин	3360,9	50,2	Люцерна	2467,8	36,9
Горох, вика, пелюшка	3388,2	50,6	Многолетние злаковые травы	4259,3	63,6

Следует отметить, что разработанные выходные формы системы экспертной оценки рационального использования почв могут содержать данные о почвенном покрове как с учетом агроэкологических условий, так и без их учета. Это в обязательном порядке указывается в условных обозначениях графических выходных форм и в названиях самих таблиц в случае табличной информации.

Созданный ПИК по оптимизации использования почвенных ресурсов СПК «Большевик-агро» Солигорского района обеспечивает возможность пространственного сопряжения атрибутивных данных о свойствах отдельных компонентов почвенного покрова конкретного сельскохозяйственного предприятия и данных о их пригодности для возделывания различных культур, что позволяет рационально использовать особенности почвенного покрова этой территории.

### Выводы

1. Созданный программно-информационный комплекс по оптимизации использования почвенных ресурсов отдельного землепользования на примере СПК «Большевик-агро» Солигорского района является частью создаваемого ПИК Беларуси. Данный пример позволил отработать методику создания подобных ПИК для нуждающихся в них сельскохозяйственных предприятий. Разработанные нами ранее База данных на основе ПИСБ и База знаний, представляющие собой банк данных ПИК, а также алгоритмы взаимодействия их информационных составляющих, позволили на территории хозяйства установить пригодность почвенного покрова для возделывания конкретных сельскохозяйственных культур.

2. Программно-информационный комплекс по оптимизации использования почвенных ресурсов позволяет расширить информационную поддержку ведения эффективного сельскохозяйственного производства, способствует принятию решений на основе реальных свойств отдельных компонентов почвенного покрова. С его помощью и на основе передовых ГИС-технологий создаются наглядные выходные формы, которые упрощают и сокращают материальные, временные и ресурсные затраты для успешного ведения экономически выгодного и экологически безопасного сельскохозяйственного производства на конкретной территории.

### Список использованных источников

1. The National Soil Data Base of Canada [Electronic resource] / Government of Canada, 2000. – Mode of access: <http://sis.agr.gc.ca/cansis/nsdb/index.html>. – Date of access: 14.03.2014.
2. Swedish Survey on Forest Soils and Vegetation MarkInfo [Electronic resource] / MarkInfo, 2001. – Mode of access: <http://www-markinfo.slu.se/eng/index.html>. – Date of access: 03.02.2014.
3. National Cooperative Soil Survey (Web Soil Survey) [Electronic resource] / Web Soil Survey, 2004. – Mode of access: <http://websoilsurvey.nrcs.usda.gov>. – Date of access: 15.05.2014.
4. Austrian Bodeninformationssystem (BORIS) [Electronic resource] / Umweltbundesamt GmbH, 2000. – Mode of access: <http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/boden/boris/>. – Date of access: 04.03.2014.
5. Australian Soil Resource Information System, ASRIS [Electronic resource] / CSIRO Land and Water, 2003. – Mode of access: [http://www.asris.csiro.au/index\\_other.html](http://www.asris.csiro.au/index_other.html). – Date of access: 22.02.2014.
6. Почвенно-географическая база данных России / В. А. Рожков [и др.] // Почвоведение. – 2010. – № 1. – С. 3–6.
7. Оверченко, А. В. Разработка почвенных информационных систем в целях оценки и охраны почвенных ресурсов: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук: 11.00.11: / А. В. Оверченко. – Кишинэу, 2002. – 20 с.
8. Soil and Terrain Database Land Degradations Status and Soil Vulnerability Assessment for Central and Eastern Europe (SOTER). Version 1.0 (1:2 500 000) [Electronic resource], FAO, ISRIC / Электрон. данные. – Rome, 2000. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
9. European Soil Bureau (ESBN) Soil Information System [Electronic resource] / European Communities, 1995. – Mode of access: <http://eussoils.jrc.ec.europa.eu/esbn/eusis.html>. – Date of access: 15.03.2014.
10. Цытрон, Г. С. Программно-информационный комплекс по оптимизации использования почвенных ресурсов Республики Беларусь / Г. С. Цытрон, Д. В. Матыченков, В. В. Северцов // Съезд Докучаевского общества почвоведов, Петрозаводск, 13–17 авг. 2012 г. – Петрозаводск, 2012. – С. 264–265.

11. Матыченков, Д. В. Информационная обеспеченность управления почвенно-земельными ресурсами / Д. В. Матыченков, Г. С. Цытрон, В. В. Северцов // Почвенно-земельные ресурсы: оценка, устойчивое использование, геоинформационное обеспечение: материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 6–8 июня 2012 г. / редкол.: И. И. Пирожник [и др.]. – Минск, 2012. – С. 89–91.
12. Цытрон, Г. С. Методические указания по созданию Почвенной Информационной Системы Беларуси / Г. С. Цытрон, Д. В. Матыченков, В. В. Северцов. – Минск, 2011. – 48 с.
13. Смеян, Н. И. Пригодность почв БССР под основные сельскохозяйственные культуры / Н. И. Смеян. – Минск, Ураджай, 1980. – 175 с.
14. Пригодность почв Республики Беларусь для возделывания отдельных сельскохозяйственных культур / В. В. Лапа [и др.]. – Минск, 2011 – 65 с.

*Поступила в редакцию 14.10.2014*