

УДК: 681:631.95

DOI: 10.35595/2414-9179-2020-3-26-252-263

Т.В. Волошенкова¹, Д.Е. Белов², А.А. Лиховид³

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА «ЭКОЛОГИЯ АГРОБИОЦЕНОЗОВ»

АННОТАЦИЯ

Изучение механизмов формирования, закономерностей взаимодействия отдельных компонентов агробиоценозов сопряжено с обработкой больших массивов разнородных географически распределённых данных, полученных в разное время и в различных почвенно-климатических условиях. В связи с этим нами начата разработка информационно-аналитической системы и соответствующего программного обеспечения, которые позволят накапливать, хранить и проводить консолидированный анализ несвязанных данных, касающихся долгосрочного мониторинга агробиоценозов и окружающих экосистем. Сформирована общая схема информационно-аналитической системы «Экология агробиоценозов» и её взаимодействия со средствами дистанционного зондирования Земли и возможностями ГИС-технологий. На основе свободного программного обеспечения, систем облачных вычислений разработаны элементы веб-ориентированной информационной системы для создания баз данных, характеризующих ведущие абиотические, биотические, технологические аспекты агробиоценозов. Сформирована модель реляционной базы данных, позволяющая осуществлять сбор, хранение и консолидацию введённой информации. Разработаны модули для сбора основных характеристик ресурсосберегающих технологий возделывания сельхозкультур, а также влияния методов уборки озимой пшеницы на производительность работы комбайнов и урожайность. На практическом примере показано, что анализ большого спектра разнородной информации в сочетании с ГИС-технологиями, дающими чёткую пространственно-временную локализацию объектов, позволяет выявить закономерности взаимодействия компонентов агробиоценозов, на первый взгляд не связанных друг с другом. Были изучены данные технологических полевых экспериментов и отдельно проводившихся наблюдений за орнитофауной и мышевидными грызунами. Установлено, что кормовая база птиц и наибольшая плотность популяции грызунов территориально совпадают с возделыванием культур по технологии прямого посева, что и вызвало существенную гибель озимой пшеницы в осенне-зимний период на этих участках.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: агробиоценоз, экология, информационная система, ГИС-технологии

¹ ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», ул. Никонова, д. 49, 356241, Михайловск, Ставропольский край, Россия; *e-mail*: tvoloshenkova@yandex.ru

² ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», ул. Никонова, д. 49, 356241, Михайловск, Ставропольский край, Россия; *e-mail*: d.belov@cloudinfosys.ru

³ ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», ул. Пушкина, д. 1, 355017, Ставрополь, Россия; *e-mail*: alikhovid@ncfu.ru

Tatyana V. Voloshenkova¹, Denis E. Belov², Andrey A. Likhovid³

INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM “ECOLOGY OF AGROBIOCENOSSES”

ABSTRACT

The study of mechanisms of formation and patterns of interaction of individual components of agrobiocenoses involves the processing of large arrays of heterogeneous geographically distributed data obtained at different times and in different soil and climatic conditions. In this regard, we have begun the development of an information-analytical system and related software that will allow us to accumulate, store and conduct a consolidated analysis of unrelated data regarding long-term monitoring of agrobiocenoses and surrounding ecosystems. The general scheme of the information-analytical system “Ecology of agrobiocenoses” and its interaction with the means of remote sensing of the Earth and the capabilities of GIS technologies has been formed. Based on free software, cloud computing systems, the elements of a web-oriented information system have been developed to create databases characterizing the leading abiotic, biotic, technological aspects of agrobiocenoses. A relational database model has been formed that allows the collection, storage and consolidation of entered information. Modules have been developed to collect the main characteristics of resource-saving technologies for crop cultivation, as well as the impact of winter wheat harvesting methods on combine harvester productivity and yield. The practical example shows that the analysis of a wide range of heterogeneous information in combination with GIS technologies which give a clear spatio-temporal localization of objects makes it possible to identify patterns of interaction between the components of agrobiocenoses, which at first glance are not related to each other. The data of technological field experiments and separately conducted observations of avifauna and mouse-like rodents were studied. It was established that the forage base of birds and the highest population density of rodents coincide geographically with cultivation using direct sowing technology, which caused a significant loss of winter wheat in the autumn-winter period in these areas.

KEYWORDS: agrobiocenosis, ecology, information system, GIS technologies

ВВЕДЕНИЕ

Основой динамического развития сельского хозяйства является формирование устойчивых, экологически сбалансированных и высокопродуктивных агробиоценозов. Однако антропогенное воздействие на природную среду в процессе сельскохозяйственного производства очень часто ведёт к нарушению стабильности естественных экосистем, их деградации, а иногда и к полному разрушению. Деятельность человека, направленная на выращивание достаточно ограниченного ассортимента культур, приводит к тому, что создаваемые им агробиоценозы всё время находятся в стадии начальной сукцессии. В них резко уменьшается биоразнообразие, нарушается баланс полезных и вредных представителей флоры и фауны. В результате устойчивость агробиоценозов снижается, и на создание условий для их нормального функционирования, повышения продуктивности необходимы существенные материальные и энергетические затраты.

Знание механизмов, ведущих абиотических, биотических, технологических факторов формирования агробиоценозов, закономерностей взаимодействия их компонентов

¹ North Caucasus Federal Agricultural Research Centre, Nikonov str., 49, 356241, Mikhailovsk, Stavropol Territory, Russia; *e-mail:* tvoloshenkova@yandex.ru

² North Caucasus Federal Agricultural Research Centre, Nikonov str., 49, 356241, Mikhailovsk, Stavropol Territory, Russia; *e-mail:* d.belov@cloudinfosys.ru

³ North-Caucasus Federal University, Pushkin str., 1, 355017, Stavropol, Russia; *e-mail:* alikhovid@ncfu.ru

позволило бы разработать научную основу для создания сбалансированных агробиоценозов, отличающихся стабильностью структуры и процессов функционирования, высокой продуктивностью и экологичностью (минимизацией химического воздействия и целенаправленной биологизацией).

Полученные закономерности дадут возможность в перспективе перейти к моделированию и прогнозу состояния агробиоценозов при изменении отдельных его компонентов и окружающей среды. Но такие исследования сопряжены с обработкой больших массивов разнородных географически распределённых данных, зачастую не связанных друг с другом напрямую, полученных разными исследователями, в разное время и в различных почвенно-климатических условиях.

Развитие компьютерных и ГИС-технологий, средств дистанционного зондирования Земли предоставляют в этом отношении широкие возможности. Аэрокосмические методы, оптическая съёмка поверхности дают точную координатную привязку объектов и процессов [Книжников и др., 2004]. Использование ГИС позволяет создавать картографическое изображение изучаемой территории и её рельефа [Берлянт, 1997; Новаковский и др., 2000; 2011]. Активно разрабатываемые информационные системы, в том числе ГИС агролесоландшафтного и агролесомелиоративного направления [Юфев и др., 2010], накапливают большой объём данных, который может быть востребован для анализа процессов в разных отраслях сельского и лесного хозяйства. Кроме того, в последние годы активизировалась разработка компьютерных программ для оптимизации землепользования [Васенёв, Черкасов, 2002], формирования схем землеустройства [Альт и др., 2008], проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия [Доброворская, 2016].

Однако область агроэкологии, аккумулирующая в себе как экологию растительных и животных организмов, так и производственные процессы, в этом отношении несколько отстаёт. В связи с этим нами начата разработка информационно-аналитической системы (ИАС) и соответствующего программного обеспечения, которые позволят накапливать, хранить и проводить консолидированный анализ несвязанных данных, касающихся долгосрочного мониторинга агробиоценозов и окружающих экосистем. Это обеспечит не только более высокий уровень исследований в агроэкологии, но и получение новой научной информации, которую невозможно приобрести с помощью локального полевого эксперимента.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на базе ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» на основе обобщения данных, полученных сотрудниками разных лабораторий в результате выполнения полевых экспериментов.

На данном этапе объектом изучения являлись технологии разработки и эксплуатации программного обеспечения, основанные на свободном программном обеспечении, позволяющие создавать веб-ориентированные информационные системы для формирования баз данных, характеризующих экологические параметры агробиоценозов.

Регистрация доменного имени осуществлялась через акционерное общество «Региональный Сетевой Информационный Центр» (Лицензия на предоставление телематических услуг связи от 27.12.2016 № 164102). Управление DNS серверами — ООО «СПРИНТ-ХОСТ.РУ» (Лицензия, выданная Роскомнадзором, № 162552 от 26.03.2018). Аренда серверов для запуска информационной системы осуществлялась в ЦОД IXcellerate Moscow One, который соответствует стандарту Tier3, что позволило достичь уровня доступности серверов (SLA) 99,999 %.

Разработка реляционной модели данных выполнялась в соответствии с методикой E.F. Codd [1979], К. Дейт и др. [Дейт, 1998; Kopitovs et al., 2002].

Разработка предусматривала применение объектно-ориентированных принципов программирования [Кау, 1980; 1996] с собственными модификациями. Для разработки

программного обеспечения использовался язык программирования «Java» [Gosling, 1995; Gosling et al., 2005; Arnold et al., 2000].

Для объединения отдельных модулей в целостную информационную систему использовалась технология Dependency Injection (DI), в более широком смысле именуемая Inversion of Control (IoC). В качестве «фреймворка» (каркаса), реализующего данную технологию был использован Spring, выпускаемый под лицензией Apache License 2.0. [Белов, Шалин, 2017; Yang, 2012; Martin, 2008, 2017].

Для формирования картографической основы использовался программный комплекс QGIS 3.12.1 — свободная географическая информационная система с открытым кодом¹.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Центральное место в структуре разрабатываемой информационно-аналитической системы (ИАС) занимает динамическая база данных (БД), где накапливаются и хранятся значения параметров, всесторонне характеризующих изучаемые агробиоценозы (рис. 1).

Параметры, входящие в динамическую базу данных, условно можно разделить на три блока: абиотические, биотические и технологические. Абиотические параметры включают координатную привязку агробиоценозов, их административную и хозяйственную принадлежность, почвенно-климатические условия изучаемой территории. К биотическим отнесена информация, характеризующая состав, структуру и продуктивность растительной части и животного населения агробиоценозов. В состав технологических параметров входят характеристики применяемых систем земледелия, агротехнологий, сельскохозяйственной техники, удобрений и средств защиты растений.

На данном этапе основной задачей была разработка модулей информационной системы, позволяющих осуществлять сбор, хранение и консолидированный анализ данных, характеризующих отдельные аспекты экологии агробиоценозов.

Были выявлены программные библиотеки различных производителей (такие как BSD-2, BSD-3, CDDL-1.0, MIT, PostgreSQL, GNU GPL, GNU LGPL W3C и др.), распространяющиеся под свободными лицензиями, позволяющими осуществлять их модификацию и использование. Благодаря интеграции свободных библиотек, сред разработки и операционных систем была решена научно-техническая задача по снижению стоимости создания и поддержки программного продукта на всех этапах его жизненного цикла, и, соответственно, уменьшена и совокупная стоимость владения программным обеспечением (ПО) для конечного потребителя. Кроме того, при использовании ПО, исходный код которого является открытым, значительно повышается возможность поддержки информационных систем [Белов, Шалин, 2014].

В результате проведённых исследований на основе свободного программного обеспечения и систем облачных вычислений были разработаны модули веб-ориентированной информационной системы для формирования баз данных, характеризующих основные показатели применения ресурсосберегающих технологий, а также агротехнических приёмов при возделывании сельскохозяйственных культур [Воронкина и др., 2013].

Выбор технологии IoC для связи отдельных модулей позволил разработать систему, функциональность которой может быть расширена без значительного изменения исходного кода, что упрощает поддержку на этапе эксплуатации. Применение IoC позволило решить проблему избыточной связанности кода, которая возникала в результате взаимодействия различных классов напрямую друг с другом.

¹ QGIS. Свободная и открытая система географической информации. Электронный ресурс: <http://qgis.org/> (дата обращения 23.10.2019)



Рис. 1. Общая схема информационно-аналитической системы «Экология агробиоценозов» и её взаимодействия со средствами ДЗЗ и ГИС

Fig. 1. General scheme of the information and analytical system “Ecology of agrobiocenoses” and its interaction with the remote sensing of the Earth and GIS tools

Кроме того, реализация IoC на базе Spring Framework, кроме стандартных методов внедрения зависимостей (DI), таких как Constructor Injection, Setter Injection и Method Injection, позволила осуществлять DI с помощью механизма автоматического связывания при помощи аннотаций, что сделало код более чистым и структурированным [Белов, Шалин, 2017].

В результате выполненных работ была сформирована модель реляционной базы данных, позволяющая осуществлять сбор, хранение и консолидацию данных. Разработаны SQL (DDL) запросы для генерации таблиц в системе управления базами данных. Сформирован интуитивно понятный интерфейс пользователя, позволяющий осуществлять сортировку, добавление, удаление, редактирование и копирование данных, производить их фильтрацию и экспорт в табличные редакторы. Реализован механизм документооборота. Разработан аналитический интерфейс, обеспечивающий возможность консолидации данных. Проведена отладка и ввод модуля в эксплуатацию.

Параметры доступа к демонстрационной версии информационной системы в сети Интернет: <http://app.fnac.center/mon-agrocenos-demo/>. Логин для оператора лаборатории — «Soil_Science», пароль — «hlTDApr4tv».

На данном этапе разработаны модули ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур (РТВСК) и влияния процесса уборки озимой пшеницы (ВПУОП).

Общими для разработанных модулей стали классификаторы:

- CL_ORG_AGRO — классификатор сельскохозяйственных предприятий;
- PD_ORG — классификатор узлов сбора информации.

Реляционная модель модуля РТВСК состоит из следующих основных классификаторов:

- CL_CROPS_TYPE — классификатор типов сельскохозяйственных культур, (зерновые, зернобобовые, крупяные, масличные и прочие);
- CL_AGRO_CROPS — содержит информацию о сельскохозяйственных культурах, по которым ведется учёт и консолидация основных показателей почвы;
- CL_SOIL_LAYER — предназначен для определения объекта из совокупности машин конкретного сельскохозяйственного предприятия, чем обусловлена ссылка на классификатор сельскохозяйственных предприятий.

Значительное влияние на процессы функционирования агробиоценозов могут оказывать методы уборки урожая. Для этого блока информации разработана реляционная модель модуля ВПУОП.

Модель представлена следующими основными классификаторами:

- CL_AGRM_TYPE — классификатор типов сельскохозяйственных машин, который определяет такие подмножества, как комбайны, тракторы, опрыскиватели и т. д.;
- CL_AGRM_MDL — определяет модель и производителя сельскохозяйственной техники;
- CL_AGRO_MACH — предназначен для определения объекта из совокупности машин конкретного сельскохозяйственного предприятия, чем обусловлена ссылка на классификатор сельскохозяйственных предприятий.

В демонстрационной системе добавлены две основные роли: «оператор лаборатории возделывания сельскохозяйственных культур» и «оператор сельскохозяйственного предприятия». Основным отличием этих ролей является то, что оператору лаборатории разрешено редактировать базовые классификаторы, такие как типы сельскохозяйственных культур, сельскохозяйственные культуры, слои почвы, типы и модели сельскохозяйственной техники. Кроме того, оператору лаборатории доступна возможность утверждения (разутверждения) отчётов, а также консолидации данных.

Формы ввода данных позволяют осуществлять сбор информации, характеризующей основные показатели ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур и влияния процесса уборки, в данном случае показателей влияния методов уборки озимой пшеницы на производительность работы комбайнов и урожайность (рис. 2).

Аналитические модули РТВСК и ВПУОП (рис. 3) позволяют консолидировать данные по всем пересекающимся множествам классификаторов с возможностью экспорта данных в табличные редакторы Excel и LibreOffice Calc.

По таким же принципам формируются модули для накопления информации, характеризующей и другие компоненты агробиоценозов — агрофизические свойства почв при использовании различных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, применение удобрений и химических средств борьбы с сорняками и вредителями, структуру почвенной мезофауны, орнитофауны, состояние прилегающих экосистем.

Для выявления механизмов и закономерностей функционирования агробиоценозов

необходимо не только накопление большого количества параметров, но и их визуализация. Поэтому ИАС использует данные дистанционного зондирования Земли и возможности ГИС-технологий.

Сбор данных Приложение

Производительность работ и расход топлива комбайнами при

Добавить/удалить строки

Сельскохозяйственные работы	Сельскохозяйственная техника	У01.1 (га) - Убрано, га	У01.2 (т) - Намолот, т	У01.3 (кг) - Расход топлива, кг
У.02 - Скашивание 20-25 см	001/26rus - Комбайн ACROS 585	22,2	113,2	288,8
У.02 - Скашивание 20-25 см	002/26rus - Комбайн ACROS 585	23,3	119,0	322,7
У.02 - Скашивание 20-25 см	003/26rus - Комбайн ACROS 585	23,2	119,4	285,8
У.03 - Очес	004/26rus - Комбайн ACROS 585	35,9	178,1	352,5
У.03 - Очес	005/26rus - Комбайн ACROS 585	35,6	176,2	330,0
У.03 - Очес	006/26rus - Комбайн ACROS 585	34,6	170,3	359,8

Рис. 2. Форма ввода данных модуля ВПУОП
Fig. 2. IWWHP module data entry form

Сбор данных Приложение

Оператор СПК Архангельский

СПК "Архангельский"

Сформировать

Форма: Производительность работ и расход топлива комбайнами при различных типах сбора урожая

Раздел: Производительность работ и расход топлива комбайнами при различных типах сбора урожая

Период От: До:

Узел сбора

Показать: Наименование

Очистить

Сельскохозяйственные работы

Показать: Наименование

Очистить

Сельскохозяйственная техника

Показать: Наименование

Очистить

Наименование

26.01.01.01 (RU.26.06) - СПК "Архангельский"

У.02 - Скашивание 20-25 см

У.03 - Очес

У.01 - Скашивание 5-6 см

У.02 - Скашивание 20-25 см

У.03 - Очес

001/26rus (Комбайн ACROS 585 000000000001) - Комбайн ACROS 585

002/26rus (Комбайн ACROS 585 000000000001) - Комбайн ACROS 585

003/26rus (Комбайн ACROS 585 000000000001) - Комбайн ACROS 585

004/26rus (Комбайн ACROS 585 000000000001) - Комбайн ACROS 585

005/26rus (Комбайн ACROS 585 000000000001) - Комбайн ACROS 585

006/26rus (Комбайн ACROS 585 000000000001) - Комбайн ACROS 585

Рис. 3. Аналитический модуль ВПУОП
Fig. 3. The analytical module IWWHP

Применение геоинформационных технологий позволило получить серию тематических карт территории, дающих чёткую пространственно-временную локализацию отдельных компонентов и явлений. Картографической основой послужили векторные слои с контурами опытных полей ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», которые проходят ежегодную актуализацию (рис. 4).

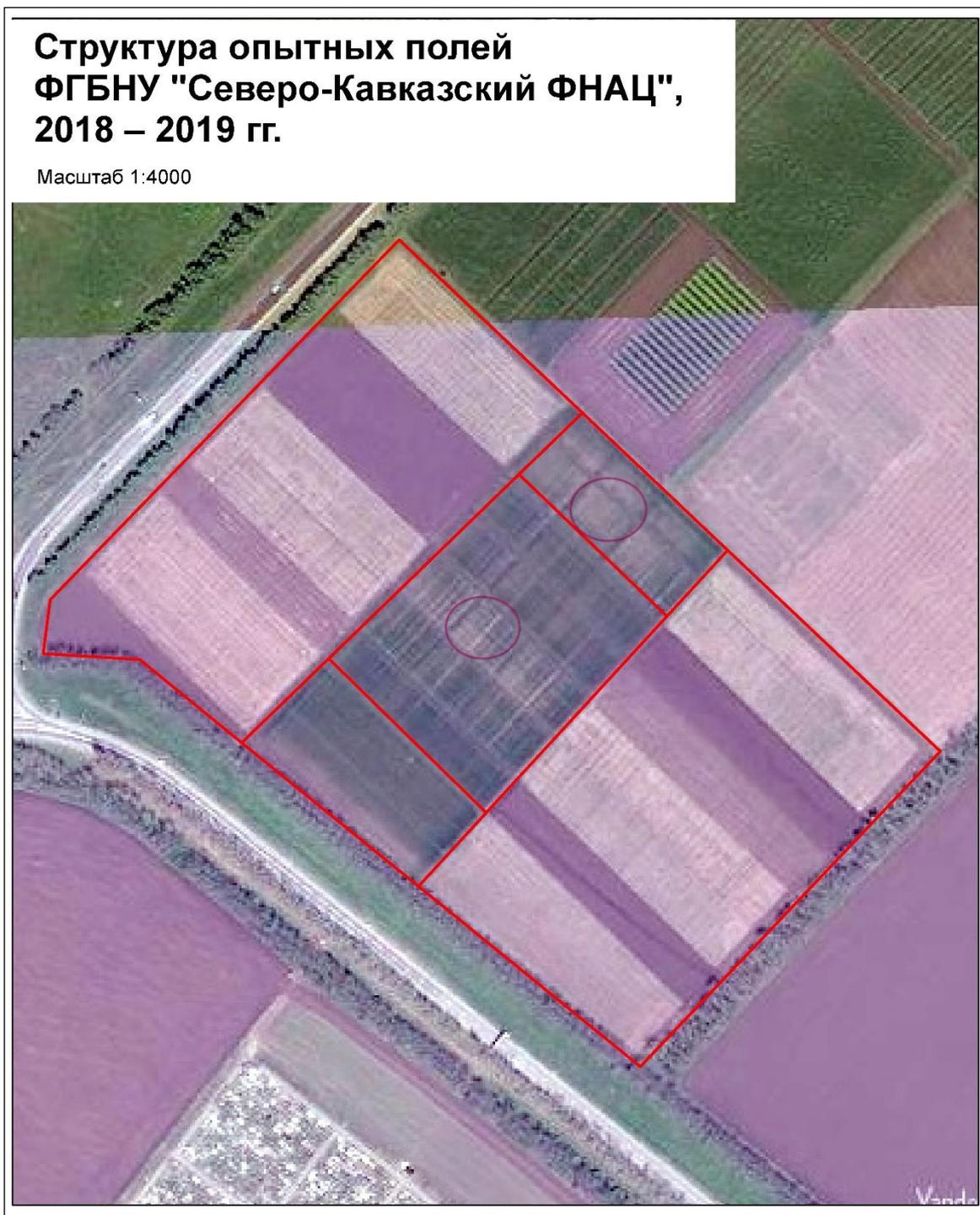


Рис. 4. Структура опытных полей
Fig. 4. Structure of experimental fields

Для каждого отдельного поля в атрибутивную таблицу вносятся сведения о выращиваемой культуре, предшественнике, минеральных подкормках и других элементах технологии выращивания (рис. 5). Это позволяет проводить непрерывный мониторинг опытных посевов, выявлять территориальные особенности отмечаемых явлений, получать дополнительную информацию как для пополнения базы данных, так и для анализа взаимодействия компонентов, на первый взгляд друг с другом не связанных.

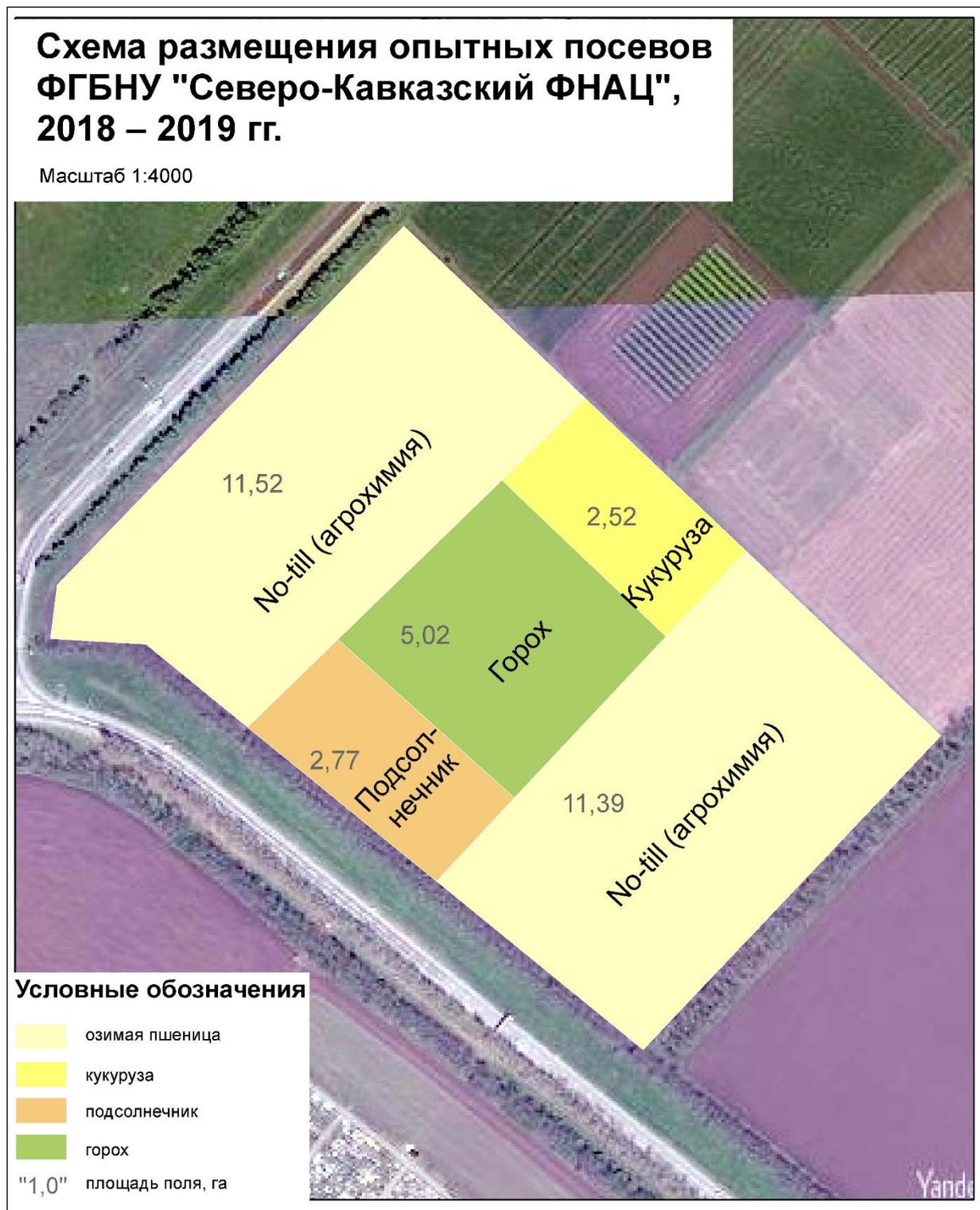


Рис. 5. Схема размещения культур в опытных посевах
Fig. 5. The layout of crops in the experimental crops

Так, осенью 2019 г. наблюдалось изреживание посевов озимой пшеницы. Причём при относительно однородных почвенных и одинаковых погодных условиях отдельные объекты пострадали наиболее сильно (рис. 4). Консолидированный анализ информации баз данных и электронных карт позволил установить причины гибели растений. Оказалось, что самые большие выпадки приурочены к посевам озимой пшеницы по кукурузе и гороху при возделывании их по технологии No-till (рис. 5). Данная технология относится к

ресурсосберегающим. Она предусматривает прямой посев культур без основной обработки почвы и оставление пожнивных остатков на поверхности.

Параллельно проводившиеся орнитологические наблюдения, не связанные с технологиями возделывания, показали, что в прилегающих к опытным объектам экосистемах (защитных лесных полосах) располагались массовые гнездовья грачей. Расположенные рядом с ними посевы стали основной кормовой базой для птиц. Наиболее привлекательными были участки именно с технологией No-till, где вместе с растительными остатками после уборки культур на поверхности остаётся много зерна и семян. Причём в период осеннего сева птицы уничтожали пшеницу сплошными рядами, т.к. для них не представляло особого труда извлечь зерно из неглубоких щелей, оставленных посевными комплексами. В зимний период дополнительный вред нанесли мышевидные грызуны. Повышенная плотность их популяции наблюдалась на этих же участках, о чём можно было судить по количеству мышиных нор и характерным пятнам выпадов растений.

Надо отметить, что посевы озимой пшеницы по традиционной технологии, предусматривающей обработку почвы дисковыми орудиями с заделкой растительных остатков и зерна, просыпавшегося во время уборки, пострадали намного меньше и в основном от мышевидных грызунов.

Установление основных причин изреживания посевов позволяет обоснованно выбрать методы предотвращения подобных явлений в будущем. В первую очередь необходимо совершенствовать технологии возделывания культур и сельскохозяйственную технику для снижения потерь зерна во время уборки. К птицам можно применять только биологические методы, в основном отпугивающие (привлечение хищников, шумовые эффекты и др.). Для борьбы с грызунами, кроме биологических, возможно применение и химических методов, но только после окончания перелета птиц на зимовку и при тщательном подборе препаратов и их дозировок.

ВЫВОДЫ

1. На основе свободного программного обеспечения разработаны модули информационной системы, позволяющие осуществлять сбор, хранение и консолидированный анализ данных, характеризующих отдельные аспекты экологии агробиоценозов.
2. Анализ большого спектра разнородной информации в сочетании с возможностями ГИС-технологий, дающими чёткую пространственно-временную локализацию объектов и явлений, позволяет выявить закономерности взаимодействия отдельных компонентов агробиоценозов, на первый взгляд не связанных друг с другом.
3. Установление причинно-следственных связей открывает возможность целенаправленного воздействия на отдельные компоненты агробиоценоза (абиотические, биотические, технологические) для повышения его устойчивости и продуктивности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альт В.В., Колпакова Л.А., Боброва Т.Н., Добротворская Н.И. Компьютерная программа для разработки схемы землеустройства с использованием ГИС-технологий. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки, 2008. № 9. С. 76–82.
2. Белов Д.Е., Шалин А.Ф. Применение систем облачных вычислений для повышения экономической эффективности сельскохозяйственного производства. Сельскохозяйственный журнал, 2014. Т. 1. № 7 (1). С. 226–230.
3. Белов Д.Е., Шалин А.Ф. Применение инверсии управления для снижения степени связанности модулей в подсистеме учёта сельскохозяйственных животных за счёт внедрения зависимостей. Сельскохозяйственный журнал, 2017. Т. 1. № 10. С. 40–50.
4. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование. М.: Издательство Московского университета, 1997. 62 с.

5. *Васенёв И.И., Черкасов Г.Н.* Информационно-справочные системы по оптимизации землепользования в условиях ЦЧЗ. Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 2002. 118 с.
6. *Воронкина, И.Н., Белов Д.Е., Шалин А.Ф.* Интеграция «Open Source»-продуктов с операционной системой, позволяющих достигать эффект кросс-платформенности и кросс-браузерности. Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства, 2013. Т. 2. № 6 (1). С. 300–307.
7. *Дейт К.* Введение в системы баз данных. Киев–Москва: Диалектика, 1998. 781 с.
8. *Добротворская Н.И.* Информационное обеспечение проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Известия Оренбургского ГАУ, 2016. № 1 (57). С. 251–154.
9. *Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В.* Аэрокосмические методы географических исследований. М: Академия, 2004. 336 с.
10. *Новаковский Б.А., Прасолова А.И., Прасолов С.В.* Цифровая картография: цифровые модели и электронные карты. М.: Издательство Московского университета, 2000. 114 с.
11. *Новаковский Б.А., Прасолова А.И., Волкова И.С., Пермьяков Р.В.* Геоинформационное обеспечение моделирования рельефа с использованием цифровых фотограмметрических станций. Геоинформатика, 2011. № 4. С. 42–48.
12. *Юферева В.Г. Кулик К.Н., Рулев А.С., Мушаева К.Б., Кошелев А.В., Дорохина З.П., Березовикова О.Ю.* Геоинформационные технологии в агролесомелиорации. Волгоград: ВНИ-АЛМИ, 2010. 102 с.
13. *Arnold K., Gosling J., Holmes D.* The Java programming language. 3rd edition. Addison-Wesley, 2000. 624 p.
14. *Codd E.F.* Extending the database relational model to capture more meaning. ACM transactions on database systems. San Jose–California, 1979. V. 4. No 4. P. 397–434.
15. *Gosling J.* Java intermediate bytecode. Proceedings workshop on intermediate representations (IR'95). San Francisco, CA, USA, 1995. P. 111–118.
16. *Gosling J., Joy B., Steele G., Bracha G.* The Java language specification. 3rd edition. Addison-Wesley Professional, 2005. 684 p.
17. *Kay A.C.* The early history of SmallTalk. ACM Press, NY and Addison-Wesley publication company, 1996. P. 511–598.
18. *Kay A.C.* User interface design in the SmallTalk computing system. Information processing, Proceedings of the 8th (IFIP) congress 1980, Tokyo, Japan, October 6–9, 1980 and Melbourne, Australia, October 14–17, 1980. 1025 p.
19. *Kopitovs J., Demidovs V., Petoukhova N.* Method of temporal databases design using relational environment. Scientific proceedings of Riga technical university — Computer Science: applied computer systems. Series No 5. Iss. 3. Riga: RTU, 2002. P. 236–246.
20. *Martin R.C.* Clean code: a handbook of agile software craftsmanship. Pearson Education, 2008. 157 p.
21. *Martin R.C.* Clean architecture: a craftsman's guide to software structure and design. Prentice Hall, 2017. 432 p.
22. *Yang H.* Software reuse in the emerging cloud computing era. Information Science Reference, 2012. 54 p.

REFERENCES

1. *Alt V.V., Kolpakova L.A., Bobrova T.N., Dobrotvorskaya N.I.* A computer program for developing a land management scheme using GIS technologies. Siberian Bulletin of Agricultural Science, 2008. No 9. P. 76–82 (in Russian).
2. *Arnold K., Gosling J., Holmes D.* The Java programming language. 3rd edition. Addison-Wesley, 2000. 624 p.
3. *Belov D.E., Shalin A.F.* The use of cloud computing systems to increase the economic efficiency of agricultural production. Agricultural Journal, 2014. V. 1. No 7 (1). P. 226–230.

4. *Belov D.E., Shalin A.F.* The use of control inversion to reduce the degree of connectivity of modules in the subsystem of accounting for farm animals due to the introduction of dependencies. *Agricultural Journal*, 2017. V. 1. No 10. P. 40–50 (in Russian).
5. *Berlyant A.M.* Geoinformation mapping. Moscow: Moscow University Press, 1997. 62 p. (in Russian).
6. *Codd E.F.* Extending the database relational model to capture more meaning. *ACM transactions on database systems*. San Jose–California, 1979. V. 4. No 4. P. 397–434.
7. *Date K.* Introduction to database systems. Kiev–Moscow: Dialectics, 1998. 781 p. (in Russian).
8. *Dobrotvorskaya N.I.* Information support for the design of adaptive landscape farming systems. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*, 2016. No 1 (57). P. 251–154 (in Russian).
9. *Gosling J.* Java intermediate bytecode. *Proceedings workshop on intermediate representations (IR'95)*. San Francisco, CA, USA, 1995. P. 111–118.
10. *Gosling J., Joy B., Steele G., Bracha G.* The Java language specification. 3rd edition. Addison-Wesley Professional, 2005. 684 p.
11. *Kay A.C.* The early history of SmallTalk. *ACM Press, NY and Addison-Wesley publication company*, 1996. P. 511–598.
12. *Kay A.C.* User interface design in the SmallTalk computing system. *Information processing, Proceedings of the 8th {IFIP} congress 1980, Tokyo, Japan, October 6–9, 1980 and Melbourne, Australia, October 14–17, 1980*. 1025 p.
13. *Knizhnikov Yu.F., Kravtsova V.I., Tutubalina O.V.* Aerospace methods of geographical research. Moscow: Academy, 2004. 336 p. (in Russian).
14. *Kopitovs J., Demidovs V., Petoukhova N.* Method of temporal databases design using relational environment. *Scientific proceedings of Riga technical university — Computer Science: applied computer systems*. Series No 5. Iss. 3. Riga: RTU, 2002. P. 236–246.
15. *Martin R.C.* Clean code: a handbook of agile software craftsmanship. Pearson Education, 2008. 157 p.
16. *Martin R.C.* Clean architecture: a craftsman's guide to software structure and design. Prentice Hall, 2017. 432 p.
17. *Novakovsky B.A., Prasolova A.I., Prasolov S.V.* Digital cartography: digital models and electronic maps. Moscow: Moscow University Press, 2000. 114 p. (in Russian).
18. *Novakovsky B.A., Prasolova A.I., Volkova I.S., Permyakov R.V.* Geoinformation support for modeling terrain using digital photogrammetric stations. *Geoinformatics*, 2011. No 4. P. 42–48 (in Russian).
19. *Vasenev I.I., Cherkasov G.N.* Information and reference systems for the optimization of land use in the conditions of central emergency protection. Kursk: All-Russian Research Institute of Agriculture and Soil Protection from Erosion, 2002. 118 p. (in Russian).
20. *Voronkina, I.N., Belov D.E., Shalin A.F.* Integration of “Open Source” products with the operating system, allowing to achieve the effect of cross-platform and cross-browser. *Collection of Scientific Papers of the Stavropol Scientific Research Institute of Animal Husbandry and Feed Production*, 2013. V. 2. No 6 (1). P. 300–307 (in Russian).
21. *Yang H.* Software reuse in the emerging cloud computing era. *Information Science Reference*, 2012. 54 p.
22. *Yuferev V.G., Kulik K.N., Rulev A.S., Mushaeva K.B., Koshelev A.V., Dorokhina Z.P., Berzovikova O.Yu.* Geoinformation technologies in agroforestry. Volgograd: ARSRIAF, 2010. 102 p. (in Russian).