

DOI: 10.12731/2658- 6649-2021-13-5-336-349

УДК 004.9:528.28:631.1

## ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ АГРОНОМИЧЕСКИХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

*А.И. Павлова*

*Работа посвящена разработке пространственных баз данных для оценки сельскохозяйственных земель. База геоданных направлена на геоинформационное обеспечение оценки, агроэкологическую типизацию (группы, типы земель) сельскохозяйственных земель, разработку адаптивно-ландшафтных систем земледелия. В работе представлено содержание базы данных регионального и локального уровней. Предложены три разных способа взаимодействия пользователя с базой данных агрономической геоинформационной системы (АгроГИС). Для практической реализации предложено использовать объектно-функциональный подход к разработке базы данных, основанный на применении облачных технологий хранения данных в СУБД SQLite.*

**Обоснование.** Геоинформационное обеспечение агрономических геоинформационных систем (АгроГИС) направлено на оценку природно-территориальных условий и экологических факторов в агроландшафтах, разработку адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Базы геоданных АгроГИС служат для хранения, анализа и представления пространственной информации о сельскохозяйственных землях. Как показал анализ литературных источников термин «база геоданных» сформировался более двадцати лет назад. При этом известны различные базы геоданных: археологические, картографические, почвенные и др. Они отличаются объектом исследований, структурой и содержанием, а также способом организации данных. Это указывает на актуальность тематики настоящих исследований.

**Цель работы** состоит в разработке структуры и содержания базы геоданных агрономической ГИС.

**Материалы и методы.** Использован объектно-функциональный подход к разработке базы данных, который поддерживается объектно-ориентированными системами управления баз данных (СУБД) и классическими реляционными СУБД. Суть такого подхода состоит в реализации функциональных задач с учетом потребностей пользователя.

**Результаты.** Предложены основные составляющие базы геоданных в виде отдельных наборов пространственных классов (Климат, Рельеф, Почвы, Растительность, Гидрография, Агроландшафты). При этом в работе показана необходимость практической реализации агрономических геоинформационных баз геоданных с нескольких аспектов.

**Заключение.** При разработке пространственных баз данных агрономических ГИС наиболее важным признаком является возможность постоянного обновления информации в виде темпоральной составляющей. Практическая реализация темпоральных баз геоданных возможна при использовании нереляционных систем управления баз данных, а также методов обработки больших данных (Big Data).

**Ключевые слова:** пространственная база данных (база геоданных), системы управления базами данных, агрономическая геоинформационная система, сельскохозяйственные земли, облачные технологии, технологии обработки, большие данные (Big Data).

**Для цитирования.** Павлова А.И. Пространственные базы данных агрономических геоинформационных систем // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 5. С. 336-349. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-5-336-349

## SPATIAL DATABASES OF AGRONOMIC GEOINFORMATION SYSTEMS

*A.I. Pavlova*

*The work is devoted to the development of spatial databases for the assessment of agricultural land. The geodatabase is aimed at geoinformation support of assessment, agroecological typing (groups, types of land) of agricultural lands, development of adaptive-landscape farming systems. The paper presents the structure of the database of regional and local levels. Three different ways of user interaction with the AgroGIS database are proposed. For practical implementation, it is proposed to use the object-functional approach to database development, based on the use of cloud data storage technology in the DBMS SQLite.*

**Background.** Geoinformation support of agronomic geoinformation systems (AgroGIS) is aimed at assessing natural-territorial conditions and environmental factors in agrolandscapes, development of adaptive landscape farming systems. AgroGIS geodatabases serve to store, analyze and present spatial information on agricultural land. As shown by an analysis of literary sources, the term “geodatabase” was formed more than twenty years ago. At the same time different geodata-

bases are known: archaeological, cartographic, soil and others. They differ in the object of research, structure and content, as well as the way of data organization. This indicates the relevance of the topics of the present research.

**Purpose.** The purpose of the work is to develop the structure and content of the geodatabase agronomic GIS.

**Materials and methods.** The object-functional approach to database development, which is supported by object-oriented database management systems (DBMS) and classical relational DBMS, is used. The essence of this approach is to implement functional tasks taking into account the needs of the user.

**Results.** The main components of geodatabase in the form of separate sets of spatial classes (Climate, Relief, Soil, Vegetation, Hydrography, Agrolandscape) are proposed. At the same time the paper shows the need for practical implementation of agronomic geoinformation geodatabases from several aspects.

**Conclusion.** In the development of spatial databases of agronomic GIS the most important feature is the ability to constantly update information in the form of temporal component. Practical implementation of temporal geodatabases is possible with the use of non-relational database management systems, as well as methods of processing big data (Big Data).

**Keywords:** Spatial database (geodatabase), database management systems, agronomic geographic information system, agricultural land, cloud technology, processing technology, Big Data

**For citation.** Pavlova A.I. Spatial Databases of Agronomic Geoinformation Systems. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2021, vol. 13, no. 5, pp. 336-349. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-5-336-349

Согласно стратегии научно-технологического развития России необходимо формирование и развитие национально-технологической инициативы [6]. Такая инициатива рассматривается в качестве долгосрочной комплексной программы, направленной для преобразования фундаментальных знаний и прикладных исследований. Продукты и услуги, полученные в ходе преобразования, способствуют модернизации агропромышленного комплекса. При этом в качестве инструментария развития аграрного направления предлагается использовать информационные технологии и агрономические геоинформационные системы. Для этого важно решить задачи, связанные с формированием пространственных баз геоданных агрономических геоинформационных систем (ГИС). Геоинформационное обеспечение агрономических ГИС направлено на оценку природно-территориальных условий и экологических факторов

в агроландшафтах, разработку адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Базы геоданных агрономических ГИС служат для хранения, анализа и представления пространственной информации о сельскохозяйственных землях [1, 4,10,11]. Как показал анализ литературных источников термин «база геоданных» сформировался более двадцати лет назад [3,15,18]. При этом известны различные базы геоданных: археологические, картографические, почвенные и др. Они отличаются объектом исследований, структурой и содержанием, а также способом организации данных. Это указывает на актуальность тематики настоящих исследований.

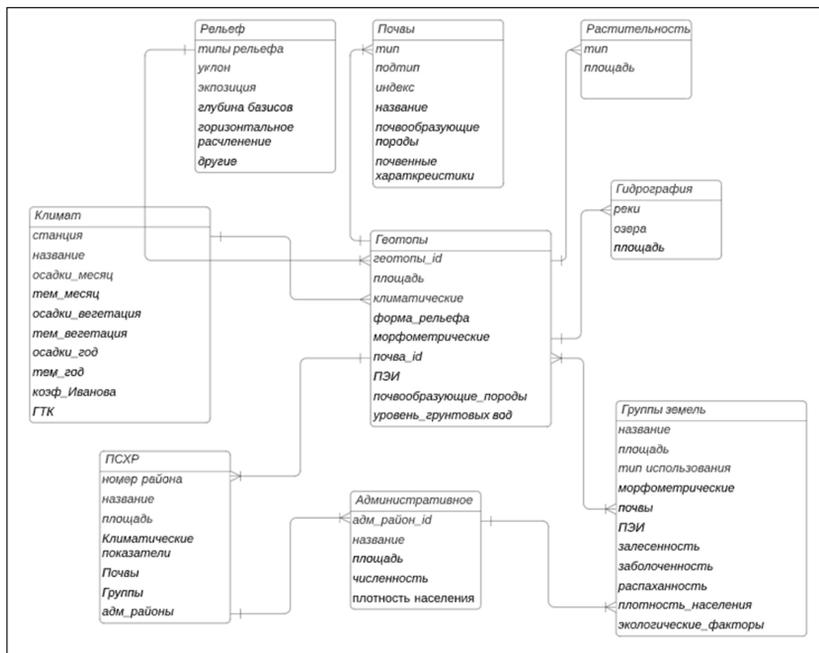
### **Материалы и методы**

Использован объектно-функциональный подход к разработке базы данных, который поддерживается объектно-ориентированными системами управления баз данных (СУБД) и классическими реляционными СУБД. Суть такого подхода состоит в реализации функциональных задач с учетом потребностей пользователя [2,9].

Исследования выполнены на примере Омской области. При разработке базы геоданных использованы различные источники данных: космические снимки Landsat-7 ETM+, Sentilel-2, топографическая карта (1:1000000), почвенная карта и карта природно-сельскохозяйственного районирования (1:600000), литературные источники, статистические данные. В процессе разработки базы геоданных использованы методы и технологии баз данных, методы геоинформатики для организации и моделирования пространственных данных.

### **Результаты исследований**

*Содержание базы геоданных агрономической ГИС.* Совокупность пространственных объектов хранится в атрибутивных таблицах БГД, именуемой пространственным классом (или сущностью). В свою очередь, классы объектов, обладающие единой географической системой координат и картографической проекцией, образуют более крупные структуры данных – набор классов объектов единого тематического описания. Тематическое описание сельскохозяйственных земель осуществлялось посредством формирования количественных и качественных характеристик земель, отражающих основные компоненты: рельеф, климат, почвообразующие породы, почвенные покров. В разработанной концептуальной модели БГД регионального уровня были сформированы сущности, соответствующие набору пространственных классов (рис. 1).



**Рис. 1.** Логическая модель базы геоданных агрономической геоинформационной системы

Сущность *Климат* сформирована для анализа агроклиматических ресурсов, т.к. климат выступает одним из основных факторов, влияющих на состояние сельскохозяйственных земель, уровень продуктивности агроценозов. Сущность *Климат* содержит пространственный классы: метеостанции, тематические слои агроклиматических показателей тепло- и влагообеспеченности культур.

Сущность *Рельеф* используется в процессе изучения геоморфологических особенностей территории региона и геоморфометрического анализа. Объекты рельефа представлены в виде различных типов данных ГИС и несут необходимую информацию о расположении элементов и типов рельефа, о геоморфологическом районировании. Сущность *Рельеф* включает пространственные классы в виде информационных слоев: высоты точек земной поверхности и урезов водной поверхности, слой горизонталей (изолиний) топографической карты, слой геоморфологические области, слой геоморфологические районы, а также слои морфометрических

(геоморфометрических) показателей рельефа (уклон, экспозиция склона, глубина базисов эрозии, горизонтальная расчлененность рельефа, топографический индекс влажности, индекс мощности эрозии) определены в процессе цифрового моделирования рельефа с помощью ГИС.

Сущность *Геотопы* выделена в отдельный набор пространственных данных. Геотопы рассматриваются нами в качестве основного морфологического элемента агроландшафта. Геотопы (элементарные поверхности) выделяются в результате геоморфометрического анализа с помощью ГИС. Геотопы описываются по набору количественных параметров, характеризующих климат, рельеф, почвообразующие породы, почв, тип растительности.

Сущность *Группы земель* является результатом агроэкологической группировки земель, выделяемых на основании агроэкологической оценки земель по основным лимитирующим факторам ведения производства (плакорные, эрозионные, переувлажненные, солонцовые земли и др.)

Сущность *Почвы* использована с целью систематизации сведений о почвенном покрове, почвообразующих породах. Сущность имеет информационный слой почвы, включающий описание почв и физико-химических показателей почв.

Сущность *Растительность* обладает пространственными классами данных в виде слоев: древесная, кустарниковая, влаголюбивая растительность.

Сущность *Гидрография* выделена в модели базы геоданных для обобщения сведений об объектах гидрографии (реки, ручьи, пруды, озера) и геоинформационного моделирования поверхностного стока.

Сущность *Природно-сельскохозяйственное районирование (ПСХР)* служит важной составляющей геоинформационной модели территории, отражает сведения о пространственных границах элементов природно-сельскохозяйственных зон, подзон и районов.

Предложенные выше сущности базы банных могут быть использованы при разработке базы данных локального уровня (уровень землепользования). Для возможности эффективной работы с базами геоданных атрибутивные характеристики в таблицах структурированы на идентификационные, или уникальные, метрические и семантические. Уникальные характеристики объектов содержат идентификатор (код) информационного объекта и связывают его с определенным классом объекта. К числу уникальных характеристик отнесены неповторяющиеся описания объектов, например, их полное наименование в виде текстового описания, географическое положение на местности. Уникальные характеристики служили

для определения взаимосвязи объектов, формирования пространственных запросов и др. Метрические характеристики включают набор параметров, описывающих площадь, периметр, расчлененность границ контуров и др.

Сущность *Административное деление* выделена для установления административно-территориальной принадлежности природно-сельскохозяйственных районов, групп земель, и содержит три слоя ГИС: граница Омской области, административные районы, районные центры. Слой административные центры описан следующими показателями: название административного района, площадь района, численность населения, плотность населения.

*Интеграция баз данных и пространственных баз данных агрономических ГИС.*

Для расширения функциональных возможностей агрономической ГИС рассмотрены различные способы взаимодействия пользователя с базой геоданных и ГИС. При первом способе используется внутренняя СУБД ГИС (ГИС ArcGIS), при котором пользователь взаимодействует с базой геоданных посредством имеющегося интерфейса и функций ГИС []. Основными недостатками такого подхода выступают ограничения к информативной емкости внутренней базы данных. Внутренние базы данных, создаваемые с помощью ГИС реляционного типа малопригодны для хранения и обработки темпоральных данных. Для анализа данных такого типа необходимо построение многомерных кубов, операций срезов по определенным критериям, консолидации и агрегирования данных [5,12,20].

Во втором случае база данных реализуется посредством известных СУБД и выступает внешним источником информации по отношению к внутренней базе данных ГИС. Механизм взаимодействия пользователя с базой данных и базой геоданных осуществляется посредством программного интерфейса доступа к базам данных Open Database Connectivity (ODBC). Данный стандарт поддерживается во многих ГИС. При создании базы данных климата использована Microsoft SQL Server [7]. Достоинствами такого подхода является возможность интеграции ГИС с разрабатываемой информационной системой. К числу недостатков такого механизма взаимодействия пользователя с базой данных и базой геоданных являются трудности при удаленном доступе к данным, необходимость поддержания взаимодействия с сервером базы данных, отсутствие возможности передачи данных по сети интернет. При обновлении информации в базе данных, необходимо повторить процесс внешнего подключения к внутренней базе данных ГИС и связанные с ним функции пространственной привязки

данных. СУБД SQL Microsoft SQL Server. Данная СУБД распространяется на платной основе и реализует клиент-серверные технологии доступа к данным, при которой основная нагрузка ложится на сервер базы данных, а клиент выполняет операции предварительной обработки [2,7]

*Третий способ взаимодействия базы геоданных с пользователем является более эффективным.* База геоданных может хранить пространственную и непространственную информации об информационных объектах. Предлагается использовать облачные технологии хранения и доступа к данным, поддерживающие с СУБД SQLite. Данная СУБД принципиально отличается от большинства современных СУБД, т.к. не использует парадигму клиент-серверной архитектуры, реализует автономный транзакционный механизм СУБД SQL, напрямую обращается к своим файлам хранения, поддерживает динамическое типизирование данных. База данных хранится в одном файле, что облегчает перемещение, подходит для разработки и тестирования, простой функционал. Простая и удобная в использовании бесплатная библиотека SQLite позволяет использовать ее в браузерах и других программах для хранения и обработки данных SQLite. Это встроенная библиотека с кроссплатформенной операционной системой, открытым программным кодом, стабильная, с бесплатной технической поддержкой [2,7].

Необходимость актуализации пространственно-временной информации в агрономических ГИС показана в работах [5,8,13,14,16-19]. При разработке базы геоданных агрономической ГИС как правило используются встроенные СУБД. Данные СУБД реляционного типа поддерживают нетемпоральные модели и базы данных, способные хранить текущее, единственное состояние объектов предметной области.

На локальном уровне в базе геоданных в предложенной модели (рис. 2) выделены основные сущности земельные участки, почвы, тракторы, технологические карты, сельскохозяйственные агрегаты и сельскохозяйственные сотрудники. Перечисленные сущности представляют собой реляционные таблицы, включающие темпоральные данные, связанные между собой связями типа один-ко-многим или многие-ко-многим множеством картографических объектов и отношений между ними. В пространственной базе данных, разработанной на примере ЗАО «Мирный» Коченевского района Новосибирской области были созданы пространственные классы объектов, характеризующие климатические, почвенные, геоморфологические особенности, а также использование земель. Земельный участок в базе геоданных локального уровня описывается набором идентификационных, количественных и качественных показателей, связанных с оценкой

сельскохозяйственных земель. Это комплекс показателей, отражающий сведения о площади земельного участка, культуре, технологических свойствах, почвах, контрастности почвенного покрова, агротехнологиях.

Сущность земельные участки описана набором геометрических и атрибутивных свойств, отражающих пространственные (площадь, периметр) и также технологические свойства земельных участков. К таким свойствам отнесены: длина гона участка, балл энергоёмкости почв, удельное сопротивление почв, каменистость почв, угол наклона рельефа, коэффициент наклона рельефа, внутривладельческая удаленность, коэффициент группы дорог, коэффициент наклона рельефа по маршруту следования.

Темпоральные атрибуты использованы в таблице участка для фиксирования временного параметра сельскохозяйственной культуры и величины урожайности. Темпоральные атрибуты присутствуют в таблице сельскохозяйственные сотрудники для составления ежедневного плана, фиксирования в виде переменной времени начала выполнения работ, окончания работ, простоев. Темпоральные атрибуты времени необходимы в таблице технологические операции с целью фиксирования времени и сроков выполнения работ по обработке почвы. Разработана база данных тягово-сцепных свойств тракторов. Тягово-сцепные свойства тракторов (автомобилей) зависят от конструктивных особенностей машин, сцепного веса и др. трактор представляет собой сложный комплекс механизмов и систем, выполняющих определенные функции, связанные с двигателем, трансмиссией, ходовой системой, остомом, механизмами управления движением трактора, системой электрооборудования, рабочим и вспомогательным оборудованием, навесной гидравлической системой. При движении по полю машинно-тракторный агрегат испытывает динамическое воздействие, которое связано с различными условиями рельефа, неоднородности почв по механическому составу, энергоёмкости почв, наличия камней, корней, агрофона. В результате исследований была разработана база данных сельскохозяйственной техники, имеющая сущности: земельные участки, сельскохозяйственные машины, агрегаты. С использованием СУБД SQLite были созданы таблицы, отражающие тягово-сцепные свойства современных зарубежных и отечественных тракторов и агрегатов (рис. 2).

Для прогнозного моделирования урожайности культур необходимы агроклиматические показатели разного временного разрешения. Технологии обработки больших данных с привлечением математических операций сортировки, кодирования, построения срезов данных, агрегирования позволяет быстро и эффективно вычислять агроклиматические параметры.



данных расширяется путем включения сущностей: Земельные участки, Почвы, Тракторы, Технологические карты, Сельскохозяйственные агрегаты и Сельскохозяйственные сотрудники. При этом выявлены функциональные ограничения применения темпоральных атрибутов времени и возможность вычисления агроклиматических параметров (осадков, температур воздуха, испаряемости, коэффициентов увлажнения) с разным временным разрешением. Разработку базы данных АгроГИС необходимо вести путем интегрирования современных технологий облачные технологии хранения и доступа к данным, взаимодействие СУБД SQLite с ГИС и web-приложением.

### *Список литературы*

1. Каличкин В.К., Павлова А.И. Агрономические геоинформационные системы. Новосибирск, СФНЦА РАН, 2018. 347 с.
2. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных: Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. 1328 с.
3. Матчин В.Т. Базы геоданных // Образовательные ресурсы и технологии. 2017. № 3 (20). С. 100-108. <https://doi.org/10.21777/2500-2112-2017-3-100-108>.
4. Павлова А.И., Каличкин В.К. Базы данных для агроэкологической оценки сельскохозяйственных земель // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки, 2018. Т.48, № 1. С.80-88.
5. Павлова А.И. Разработка темпоральной модели данных для подбора сельскохозяйственной техники с учетом технологических свойств земельных участков // Наука Красноярья, 2020. № 4. С. 370-382. <https://doi.org/10.12731/2070-7568-2020-4-370-382>
6. Указ Президента РФ «О стратегии научно-технического развития Российской Федерации» от 1.12. 2016 №642. URL: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201612010007.pdf> (дата обращения 6.11. 2021).
7. Шаякбаров Н.Ф., Зорин Д.С. Анализ производительности систем управления базами данных при работе с большим объемом информации // Инженерный вестник Дона. 2015, №2, Ч. 2. <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/2974> (дата обращения 6.11. 2021).
8. AABSyS IT. Agriculture. 2021. URL: <https://www.aabsys.com/industries/gis-for-natural-resource-management/gis-agriculture/> (дата обращения 6.11. 2021).
9. De P., Sinha A.P., Vessey I. An Imperical investigation of factors influencing object-oriented database querying // Information Technology and Management, 2001, no. 2, pp.71-93. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1009934820999>
10. Geospatial World. How GIS is enabling the agricultural sector. 2021. URL: <https://www.geospatialworld.net/blogs/gis-in-agriculture/> (дата обращения 06.11. 2021).

11. GIS Geography. Agriculture Technology: How GIS Can Help You Win the Farm. 2021. URL: <https://gisgeography.com/farming-agriculture-technology/> (дата обращения 06.11. 2021).
12. Gruss A., Thorson J.T. Developing spatio-temporal models using multiple data types for evaluating population trends and habitat usage ICES // Journal of Marine Science. 2019, no. 76 (6), pp. 1748–1761. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz075>
13. Güting R.H. An introduction to spatial database systems // The VLDB Journal. 1994, vol. 3, no. 4. pp. 1-32. [https://www.cise.ufl.edu/~mschneid/Research/the-sis\\_papers/Gue94VLDBJ.pdf](https://www.cise.ufl.edu/~mschneid/Research/the-sis_papers/Gue94VLDBJ.pdf)
14. Jitkajornwanich K., Pant N., Fouladgar M., Elmasri R. A survey on spatial, temporal, and spatio-temporal database research and an original example of relevant applications using SQL ecosystem and deep learning // Journal on Information and Telecommunication, 2020, vol. 4, Is. 4, pp. 524-559. <https://doi.org/10.1080/24751839.2020.1774153> (дата обращения 06.11. 2021).
15. Li L., Zhu D., Yao S. et al. Design and implementation of geographic information systems, remote sensing, and global positioning system–based information platform for locust control // Journal Applied Remote Sensing. 2014, vol. 8 (1), 084899. <https://doi.org/10.1117/1.JRS.8.084899> (дата обращения 06.11. 2021).
16. Maes W. H., Steppe K. Perspectives for remote sensing with unmanned aerial vehicles in precision agriculture // Trends in Plant Science, 2018, no. 24 (2), 152-164. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.11.007>
17. NASS. CroplandCROS web app updates existing geospatial data product for agricultural commodities in the United States // United States Department of Agriculture, National Agricultural Statistics Service. 2021. URL: <https://www.nass.usda.gov/Newsroom/2021/10-28-2021.php> (дата обращения 6.11. 2021).
18. Rigaux P., Scholl M., Voisard A. Spatial databases with application to GIS: Third Edition. USA: Morgan kaufman publishers. 2002. 440 p.
19. Takor Group. 5 Ways GIS Is Transforming Agriculture and The Environment. 2017. URL: <https://www.mappt.com.au/2017/04/04/5-ways-gis-transforming-agriculture-environment/> (дата обращения 06.11.2021).
20. Yenni G.M., Christensen E.M., Bledsoe E.K., Supp S.R., Diaz R.M., White E.P., et al. Developing a modern data workflow for regularly updated data // PLoS Biol. 2019, vol. 17 (1), e3000125. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000125> (дата обращения 06.11. 2021).

### *References*

1. Kalichkin V.K., Pavlova A.I. *Agronomicheskie geoinformatsionnye sistemy* [Agronomic geoinformation systems]. Novosibirsk, SFNTsA RAN, 2018, 347 p.

2. Date K. J. *Vvedenie v sistemy baz dannykh* [Introduction to database systems]. M.: Izdatel'skiy dom «Vil'yame», 2005, 1328 p.
3. Matchin V.T. *Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii*, 2017, no. 3 (20), pp. 100-108. <https://doi.org/10.21777/2500-2112-2017-3-100-108>.
4. Pavlova A.I., Kalichkin V.K. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 80-88.
5. Pavlova A.I. *Nauka Krasnoyar'ya*, 2020, no. 4, pp. 370-382. <https://doi.org/10.12731/2070-7568-2020-4-370-382>
6. Decree of the President of the Russian Federation “On the strategy of scientific and technological development of the Russian Federation” dated 1.12. 2016 No. 642. <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201612010007.pdf>
7. Shayakbarov N.F., Zorin D.S. *Inzhenernyy vestnik Dona*, 2015, no. 2, part 2. <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/2974>
8. AABSyS IT. Agriculture. 2021. <https://www.aabsys.com/industries/gis-for-natural-resource-management/gis-agriculture/>
9. De P., Sinha A.P., Vessey I. An Imperial investigation of factors influencing object-oriented database querying. *Information Technology and Management*, 2001, no. 2, pp.71-93. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1009934820999>
10. Geospatial World. How GIS is enabling the agricultural sector. 2021. <https://www.geospatialworld.net/blogs/gis-in-agriculture/>
11. GIS Geography. Agriculture Technology: How GIS Can Help You Win the Farm. 2021. <https://gisgeography.com/farming-agriculture-technology/>
12. Gruss A., Thorson J. T. Developing spatio-temporal models using multiple data types for evaluating population trends and habitat usage ICES. *Journal of Marine Science*, 2019, no. 76 (6), pp. 1748–1761. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz075>
13. Güting R.H. An introduction to spatial database systems. *The VLDB Journal*, 1994, vol. 3, no. 4. pp. 1-32. [https://www.cise.ufl.edu/~mschneid/Research/thesis\\_papers/Gue94VLDBJ.pdf](https://www.cise.ufl.edu/~mschneid/Research/thesis_papers/Gue94VLDBJ.pdf)
14. Jitkajornwanich K., Pant N., Fouladgar M., Elmasri R. A survey on spatial, temporal, and spatio-temporal database research and an original example of relevant applications using SQL ecosystem and deep learning. *Journal on Information and Telecommunication*, 2020, vol. 4, is. 4, pp. 524-559. <https://doi.org/10.1080/24751839.2020.1774153>
15. Li L., Zhu D., Yao S. at al. Design and implementation of geographic information systems, remote sensing, and global positioning system –based information platform for locust control. *Journal Applied Remote Sensing*, 2014, vol. 8 (1), 084899. <https://doi.org/10.1117/1.JRS.8.084899>

16. Maes W. H., Steppe K. Perspectives for remote sensing with unmanned aerial vehicles in precision agriculture. *Trends in Plant Science*, 2018, no. 24 (2), 152-164. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.11.007>
17. NASS. CroplandCROS web app updates existing geospatial data product for agricultural commodities in the United States. United States Department of Agriculture, National Agricultural Statistics Service. 2021. <https://www.nass.usda.gov/Newsroom/2021/10-28-2021.php>
18. Rigaux P., Scholl M., Voisard A. Spatial databases with application to GIS: Third Edition. USA: Morgan kaufman publishers, 2002, 440 p.
19. Takor Group. 5 Ways GIS Is Transforming Agriculture and The Environment. 2017. URL: <https://www.mappt.com.au/2017/04/04/5-ways-gis-transforming-agriculture-environment/> (data obrashcheniya 06.11. 2021).
20. Yenni G.M., Christensen E.M., Bledsoe E.K., Supp S.R., Diaz R.M., White E.P., et al. Developing a modern data workflow for regularly updated data. *PLoS Biol.*, 2019, vol. 17 (1), e3000125. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000125>

#### ДААННЫЕ ОБ АВТОРЕ

**Павлова Анна Илларионовна**, кандидат технических наук, доцент  
*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН); Новосибирский государственный университет экономики и управления  
ул. Центральная, 2Б, р.п. Краснообск, Новосибирская область, 630501, Российская Федерация; ул. Каменская, 56, Новосибирск, 630039, Российская Федерация  
annstab@mail.ru*

#### DATA ABOUT THE AUTHOR

**Anna I. Pavlova**, PhD (technical sciences), Associate Professor  
*Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences; Novosibirsk State University of Economics and Management  
2B, Tsentralnaya Str., Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russian Federation; 56, Kamenskaya Str., Novosibirsk, 630039, Russian Federation  
annstab@mail.ru  
SPIN-code: 8714-1140  
ORCID: 0000-0001-6159-1439*

Поступила 01.10.2021

После рецензирования 15.10.2021

Принята 25.10.2021

Received 01.10.2021

Revised 15.10.2021

Accepted 25.10.2021