

КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА

Научная статья

УДК 631.58

doi: 10.17072/2079-7877-2022-4-167-179

РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АГРОЛАНДШАФТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА УРОВНЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯСергей Владимирович Пашков^{1✉}, Гульнур Забихулаевна Мажитова²^{1, 2} Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева, г. Петропавловск, Казахстан¹ sergp2001@mail.ru✉, <http://orcid.org/0000-0002-3801-6126>, Scopus Author ID: 57216759005, Author ID: 903687² mazhitova_gulnur@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7397-7512>, Scopus Author ID: 57199850198, Author ID: 1071795

Аннотация. Рассматриваются области применения ГИС-технологий в сельском хозяйстве, возможности и преимущества их использования в агроландшафтных исследованиях и картографировании агроландшафтов. Исследован вопрос о геоинформационном обеспечении агропредприятий в Республике Казахстан и в регионе – Северо-Казахстанской области. Представлена методика разработки прикладной геоинформационной системы сельскохозяйственного предприятия. Исследование выполнялось на примере сельхозформирования ТОО «Северо-Казахстанская сельскохозяйственная опытная станция». Разработка данной ГИС базировалась на применении системного и комплексного подходов в агроландшафтных исследованиях и картографировании. Создание геоинформационной системы включало в себя несколько этапов: определение структуры, содержания ГИС и проектирование ее модели, сбор, сканирование, преобразование, обработку данных, разработку электронной картографической основы и базы данных, ввод информации в систему. В ходе выполненных работ в ГИС-среде созданы цифровая картографическая основа и база данных, включающая атрибутивную и картографическую информацию о природных условиях и агропроизводственной деятельности исследуемого хозяйства. Разработанная ГИС может служить для решения производственных задач, выполнения пространственного анализа состояния сельхозугодий, оценки эффективности применяемых агротехнологий, моделирования, проектирования и управления сельскохозяйственным производством.

Ключевые слова: база данных, геоинформационная система, земледелие, картографирование, Северо-Казахстанская область

Для цитирования: Пашков С.В., Мажитова Г.З. Разработка геоинформационного обеспечения для агроландшафтного проектирования на уровне сельскохозяйственного предприятия // Географический вестник = Geographical bulletin. 2022. № 4(63). С. 167–179. doi: 10.17072/2079-7877-2022-4-167-179.

CARTOGRAPHY AND GEOINFORMATICS

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2022-4-167-179

DEVELOPING GEOINFORMATION SUPPORT FOR AGRICULTURAL LANDSCAPE DESIGN AT AN AGRICULTURAL ENTERPRISESergey V. Pashkov^{1✉}, Gulnur Z. Mazhitova²^{1, 2} North Kazakhstan University named after M. Kozybayev, Petropavlovsk, Kazakhstan¹ sergp2001@mail.ru✉, <http://orcid.org/0000-0002-3801-6126>, Scopus Author ID: 57216759005, Author ID: 903687² mazhitova_gulnur@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7397-7512>, Scopus Author ID: 57199850198, Author ID: 1071795

Abstract. In the paper, we discuss application of geoinformation systems in agriculture and their advantages in studying and mapping agricultural landscapes. We analyzed geoinformation support at agricultural enterprises in the Republic of Kazakhstan and its regions. The paper presents methodology for the development of GIS technologies to be applied at an agricultural enterprise. The study was conducted for the North Kazakhstan Agricultural Experimental Station LLP, which is a farm located in the North Kazakhstan Region. The GIS was developed based on the application



*Картография и геоинформатика**Пашков С.В., Мажитова Г.З.*

of systemic and integrated approaches to agricultural landscape research and mapping. The GIS creation included several stages: determining the structure and content of the GIS; designing the GIS model; collecting, scanning, converting, and processing the data; developing a digital map base and a database; inputting information into the system. We created a digital map base and a database including information about the natural conditions and agricultural activities of the farm. The GIS developed by us can be used for production tasks; for performing spatial analysis of farmland; evaluating the effectiveness of agricultural technologies used; modeling, designing, and managing agricultural production; for predictive analytics based on an array of high-quality agro-information.

Keywords: database, geoinformation system, agriculture, mapping, North Kazakhstan Region

For citation: Pashkov S.V., Mazhitova G.Z. (2022). Developing geoinformation support for agricultural landscape design at an agricultural enterprise. *Geographical Bulletin*. No. 4(63). Pp. 167–179. doi: 10.17072/2079-7877-2022-4-167-179.

Введение

Для эффективного управления сельскохозяйственным производством требуются не только учет различных природных и агропроизводственных характеристик и параметров, но и объективная и детальная информация о размерах и состоянии сельхозугодий, отдельных пашенных выделов. Выраженный территориальный характер базы данных в сельском хозяйстве определяет необходимость их пространственного представления, создания сельскохозяйственных карт и моделей. Обработать и анализировать большой объем пространственной и атрибутивной информации, составлять и оперативно обновлять картографические материалы, актуализируемые базы данных возможно лишь при помощи современных геоинформационных технологий, специализированного программного обеспечения и создания прикладной геоинформационной системы [15; 17; 20]. Однако проектирование такой геоинформационной системы (ГИС) должно учитывать специфику и характер сельскохозяйственного производства. Решение этой задачи требует уточнения технологии создания отраслевой агрогеоинформационной системы и научно-методической основы для ее разработки.

Геоинформационные технологии для картографирования земель сельскохозяйственного назначения и создания специализированных баз данных в настоящее время широко применяются в развитых государствах. Наиболее богатый опыт создания ГИС сельхозпредприятий накоплен в странах Евросоюза, США, Израиле и др. Они представляют собой необходимый компонент системы комплексного управления хозяйствами, специализирующимися на сельскохозяйственном производстве. В последние годы подобные технологии получили активное развитие в России [1; 2 и др.].

В Республике Казахстан создание и внедрение ГИС-технологий в сельскохозяйственное производство находятся на начальном этапе. Среди наиболее значимых публикаций следует выделить ряд работ, рассматривающих анализ и оперативное управление сельскохозяйственными угодьями Северного Казахстана с помощью спутниковых данных [3; 5; 16]. Использование ГИС в отдельных хозяйствах сельскохозяйственного профиля носит пока фрагментарный (инсулярный) характер. Кроме того, уровень информационной подготовки специалистов хозяйств остается недостаточно высоким. Намечается отставание казахстанских сельхозпроизводителей в сфере применения возможностей ГИС-технологий в агропроизводстве от развитых стран, что обуславливает низкую урожайность возделываемых культур и устойчивость земледелия. Однако следует отметить, что внедрение информационных технологий, в т.ч. ГИС, в сельское хозяйство является необходимым условием для обеспечения дальнейшего эффективного и устойчивого развития отрасли и поддержания ее конкурентоспособности.

В Северо-Казахстанской области (СКО), одном из ведущих агропроизводителей страны по стоимостному выходу продукции (895 млрд тенге в 2021 г., в том числе продукция земледелия – 677 млрд) и лидере по экономическому плодородию богарной пашни (159 тыс. тенге/га), лишь крупнейшие агроформирования обновляют картографические

*Картография и геоинформатика**Пашков С.В., Мажитова Г.З.*

материалы, создают специализированные базы агротехнологических данных на основе современных методов картографирования и ГИС-технологий [14]. Несмотря на максимальную в стране долю оцифрованной пашни (47%), в целом регион характеризуется слабым уровнем геоинформационного обеспечения агроформирований. Большинство средних и мелких сельхозпроизводителей не имеют качественных картографических материалов, агропроизводственная документация представлена в традиционном бумажном формате. Как правило, имеющиеся с советских времен в хозяйствах картографические материалы по землеустройству в значительной степени устарели и не отвечают современным требованиям, фрагментарны и неполны. В них отсутствует комплексная сельскохозяйственная (агроландшафтная) карта агропредприятия, отображающая взаимосвязи сельскохозяйственных комплексов и объектов с природными и социально-экономическими условиями, которая в связи с переходом растениеводства на адаптивно-ландшафтное землеустройство, играет первоочередную роль [13; 14]. В недостаточном объеме представлены сельскохозяйственные карты аналитического типа, отображающие состав, структуру и состояние хозяйства (в связи с разукрупнением хозяйств в ходе рыночных реформ в 90-х гг.), тематические и оценочно-прогнозные карты. Отсутствие цифрового формата агропроизводственной документации и информации по природно-климатическим и производственным параметрам, ручная обработка сведений и их инвентаризация усложняют процесс анализа, обмена и управления данными и принятия своевременных и обоснованных решений.

Представленная работа посвящена геоинформационному картографированию и разработке прикладной агрогеоинформационной системы отдельного сельскохозяйственного предприятия с применением материалов и методов данных дистанционного зондирования (ДДЗ) и ГИС-технологий.

Цель исследования заключалась в разработке содержания и технологии создания геоинформационной системы на уровне сельскохозяйственного предприятия.

Исследование проводилось в условиях СКО. Разработка прикладной ГИС сельскохозяйственного предприятия осуществлялась на примере ТОО «Северо-Казахстанская сельскохозяйственная опытная станция» (ТОО «СКСХОС»). Территория хозяйства, выбранная в качестве модельной для выполнения исследования, располагается в центральной части области (Аккайынский район, Шагалалинский сельский округ, в 114 км к югу от г. Петропавловска) в пределах юго-западной окраины Западно-Сибирской равнины, окраина южной лесостепи (рис. 1).

Общая площадь хозяйства составляет 26,9 тыс. га, в том числе сельскохозяйственные угодья – 25,6 тыс. га. Пашня занимает 21,6 тыс. га, из них посевная площадь – 15,7 тыс. га. (на 01.05. 2022 г.).

Специализация: выращивание зерновых, зернобобовых, кормовых культур, производство элитных районированных семян пшеницы, картофеля, имеется подсобное хозяйство. Преобладающая возделываемая культура – яровая пшеница.

На базе предприятия осуществляются научные исследования в сфере сельского хозяйства применительно к природным условиям Северного Казахстана по селекции и семеноводству сельскохозяйственных культур, разработке влаго- и ресурсосберегающих технологий обработки почвы и внедрению их в производство.

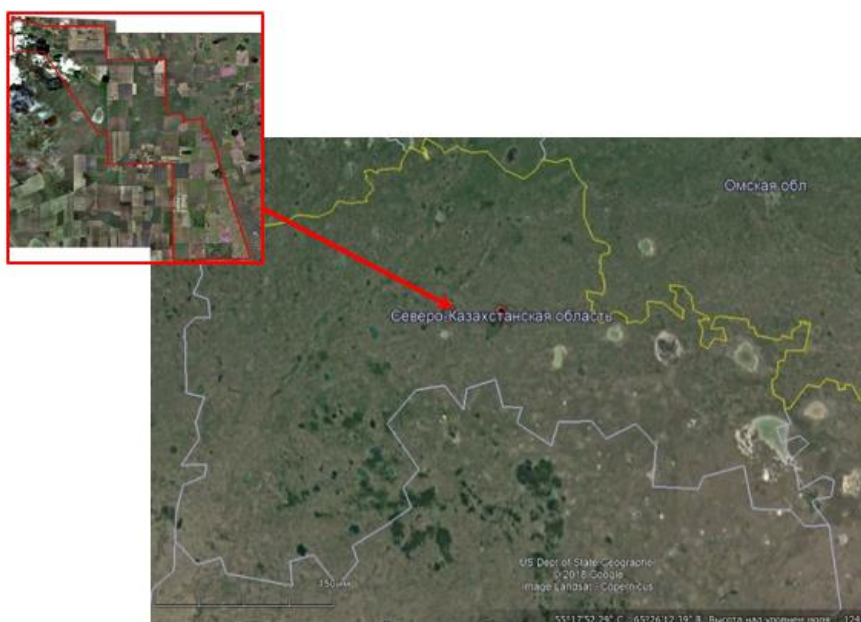


Рис. 1. Космический снимок исследуемой территории (источник Google EarthPro)

Fig. 1. Satellite image of the study area (source: Google EarthPro)

Материал и методы исследования

В ходе работы были проанализированы результаты прикладных геоинформационно-картографических исследований агроландшафтов с применением ГИС [1; 2; 6 и др.].

В исследовании использован разработанный ранее подход геоинформационного картографирования агроландшафтов СКО на региональном и местном уровнях с применением геоинформационных технологий, материалов и методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [4; 12; 13].

Методология исследования базируется на системном и комплексном подходах в картографировании сельскохозяйственных объектов. При выполнении использованы методы и технологии геоинформационного картографирования, автоматизированной обработки и пространственного анализа данных ДЗЗ космоснимков и аэрофоснимков беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), а также общегеографические – сравнительно-географический, ландшафтный, комплекс полевых маршрутных наблюдений и изысканий на ключевых участках.

Геоинформационное картографирование проводилось с помощью программного пакета ГИС ArcGIS10.1 (ESRIInc.), ERDASImagine (ERDASInc.).

В качестве исходной информационной базы исследования привлечен большой массив исходных данных из различных источников:

- литературные, фондовые, архивные материалы о природных, социально-экономических условиях района исследования;
- картографические материалы, включая топографические, тематические физико-географические карты, ландшафтную карту СКО, серию многозональных разновременных космических снимков спутника Landsat 8 [11] и полученных из веб-сервисов Earth Explorer, Google Earth. Космоснимки использовались при определении расположения границ хозяйства, выполнении пространственного анализа территории и получении информации о размещении сельскохозяйственных земель;
- данные сельскохозяйственной статистики;
- материалы агрохимических обследований, представленные агрохимическими картограммами (содержания гумуса, подвижных фосфора и калия, pH) различной давности;

Картография и геоинформатика
Пашков С.В., Мажитова Г.З.

– метеорологические показатели и сведения по ближайшим метеостанциям и агропостам (п. Смирново, с. Явленка, г. Сергеевка, п. Саумалколь, с. Чкалово, с. Возвышенка), метеопосту ТОО «СКСХОС» (а. Шагалалы);

– имеющиеся в хозяйстве фондовые и картографические материалы, включая план и схему внутрихозяйственного землеустройства; почвенная карта, карта агропроизводственных группировок почв; материалы кадастровой оценки земель; книги истории полей; отчеты и данные государственной статистической отчетности о производственно-экономической деятельности и т.д.;

– результаты полевых исследований авторов, выполненных в 2017–2021 гг.

Разработка ГИС сельхозформирования включала в себя несколько этапов. Ниже представлена общая схема создания прикладной ГИС хозяйства.

На первом этапе проведены сбор, обобщение и систематизация исходных данных о природных условиях и ресурсах, ландшафтной организации исследуемой территории. Значительный массив информации составили данные о производственной деятельности, структуре и организации хозяйства. Информация собиралась по каждому производственному направлению. Анализ и обобщение материалов проводились за период 2000–2021 гг.

Второй этап заключался в создании электронной картографической основы посредством сканирования и оцифровки (векторизации) топографических карт (масштаб 1: 100 000, 1: 500 000) и карты-схемы внутрихозяйственного землеустройства. Важным звеном являлись привязка карт к географическим координатам, определение необходимой картографической проекции. В работе использована система географических координат на основе референц-эллипсоида WGS84. Привязка производилась по гидрографической и овражно-балочной сети. Уточнение привязки осуществлялось по дорожной сети и другим объектам (котлованы, отдельные здания), которые хорошо выделяются на картографической основе. Оцифровка проводилась с применением стандартных инструментов. Выделялись и наносились границы землепользования, имеющиеся водные объекты (озера, котлованы), дороги, населенные пункты, защитные лесополосы.

Аналогичным образом оцифровывались другие исходные картографические материалы и создавались привязанные к ним таблицы с тематической информацией.

Особое внимание уделялось рельефу территории, исходные данные по которому применяются для построения цифровой модели рельефа (ЦМР) исследуемой территории разных видов [12; 18]. Решается эта задача несколькими способами [18], в нашем же случае в качестве ЦМР использовалась модель SRTM с определенным пространственным разрешением [7].

Как уже было отмечено, построение карты сельскохозяйственных угодий и полей проводилось на основе карты-схемы внутрихозяйственного землеустройства. Границы почвенных контуров переносились с почвенной карты региона и карты агропроизводственной группировки почв хозяйства. Электронные карты полей, рельефа имеют общую проекцию и единую систему координат, в результате производились точная географическая привязка почвенных контуров, их совмещение с соответствующими формами рельефа. По космическим снимкам и данным их дешифрирования проверялись границы полей, наличие элементарных почвенных контуров. Путем взаимного наложения тематических слоев электронной карты полей формировалась комплексная карта агроэкологических групп и видов земель, т.е. элементарных ареалов агроландшафта (однородных участков), каждый из которых снабжается базой данных по всем параметрам (перечень приведен ниже).

На третьем этапе выполнены работы по проектированию и разработке структуры базы данных, осуществлен первичный ввод информации в систему. База данных заполнялась количественными и качественными показателями и характеристиками. В нее были введены агрономически важные характеристики природной среды: условия рельефа, подземных и

Картография и геоинформатика
Пашков С.В., Мажитова Г.З.

грунтовых вод, почв, климатические и метеорологические сведения. Наряду с этим была включена информация о производственной сфере: структура сельхозугодий, посевные площади, севообороты, сведения об используемых агротехнологиях, состоянии посевов, фитосанитарной обстановке, другие агропроизводственные сведения, содержащиеся в литературных источниках и отчетах предыдущих изысканий. В базу данных внесена история полей с учетом всех выполненных агротехнических мероприятий за последние годы. В процессе дальнейшей работы и использования ГИС будет осуществляться пополнение базы новыми данными и ее обновление. Следует отметить, что ГИС позволяет привязать к конкретному сельхозугодью или полю практически неограниченное количество различных данных.

Результаты и обсуждение

Созданная ГИС включает в себя многослойную электронную карту хозяйства с выделением сельскохозяйственных угодий, полей на единой картографической основе и атрибутивную базу данных. В базе данных интегрирована разнородная информация о природных условиях и сельскохозяйственном производстве, включая статистические, картографические материалы, космические снимки. Состав цифровой модели хозяйства представлен следующими разделами: топографическая основа; рельеф; климат; гидрография; почвы; растительность; сельскохозяйственные угодья. В нее включены следующие слои:

- мезо- и микрорельеф (мезоформы рельефа, контуры форм микрорельефа, имеющие агрономическое значение);
- уклоны, их крутизна;
- экспозиция склонов (теплые, холодные, нейтральные);
- мезо- и микроклимат (средняя температура января и июля, °С; сумма активных температур за период со среднесуточной температурой выше 10⁰С; продолжительность безморозного периода, дн.; количество атмосферных осадков, мм; высота снежного покрова, см; средняя скорость ветра, м/с). Данные получены на основе обобщения метепоказателей с близлежащих метеостанций и агропостов, открытых данных КазГидромет);
- уровень грунтовых вод, м; их минерализация, ‰; состав;
- почвообразующие и подстилающие породы;
- почвенный покров;
- механический состав почв;
- содержания гумуса в почве, %;
- обеспеченность подвижными формами элементов минерального питания растений;
- значения рН почв;
- переувлажнение и заболоченность почв, мочарообразование и др.
- засоленность, солонцеватость почв;
- эродированность почв, эрозийная опасность;
- растительный покров с оценкой состояния естественных кормовых угодий;
- лесные насаждения, защитные лесные полосы;
- схема севооборотов;
- площадь посевных угодий;
- структура посевов;
- урожайность;
- фитосанитарное состояние посевов (засоренные участки, пространственное распределение заболеваний культур, динамика распространения вредных насекомых).

Каждый слой электронной карты имеет связь с атрибутивной базой данных, содержащей соответствующую тематике слоя карты информацию. Например, база данных карты почвенного покрова содержит следующую информацию: номер контура; индекс

Картография и геоинформатика
Паиков С.В., Мажитова Г.З.

почвенной комбинации; полное название почвенной комбинации; состав почв; генетическую характеристику почвообразующих пород и их гранулометрический состав; площадь контура (рис. 2, 3).

Такая информация открывает неограниченные возможности анализа, прогноза и оптимизации деятельности сельскохозяйственного предприятия.

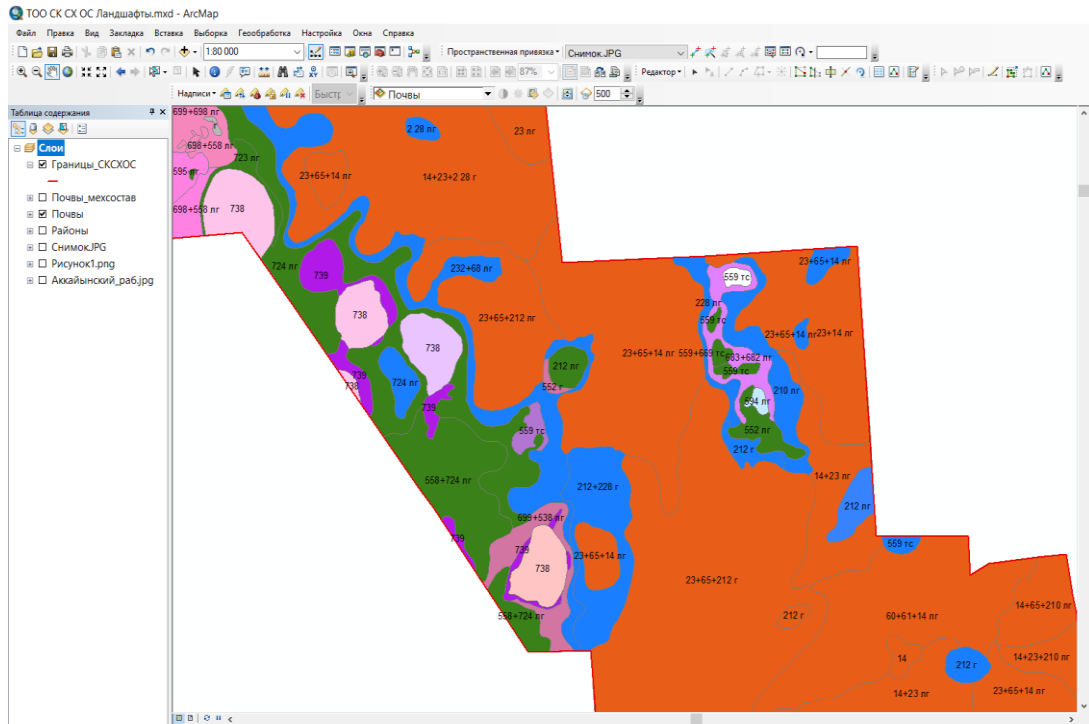


Рис. 2. Фрагмент почвенной карты ТОО «СКХОС»

Fig. 2. Fragment of the soil map of the North Kazakhstan Agricultural Experimental Station

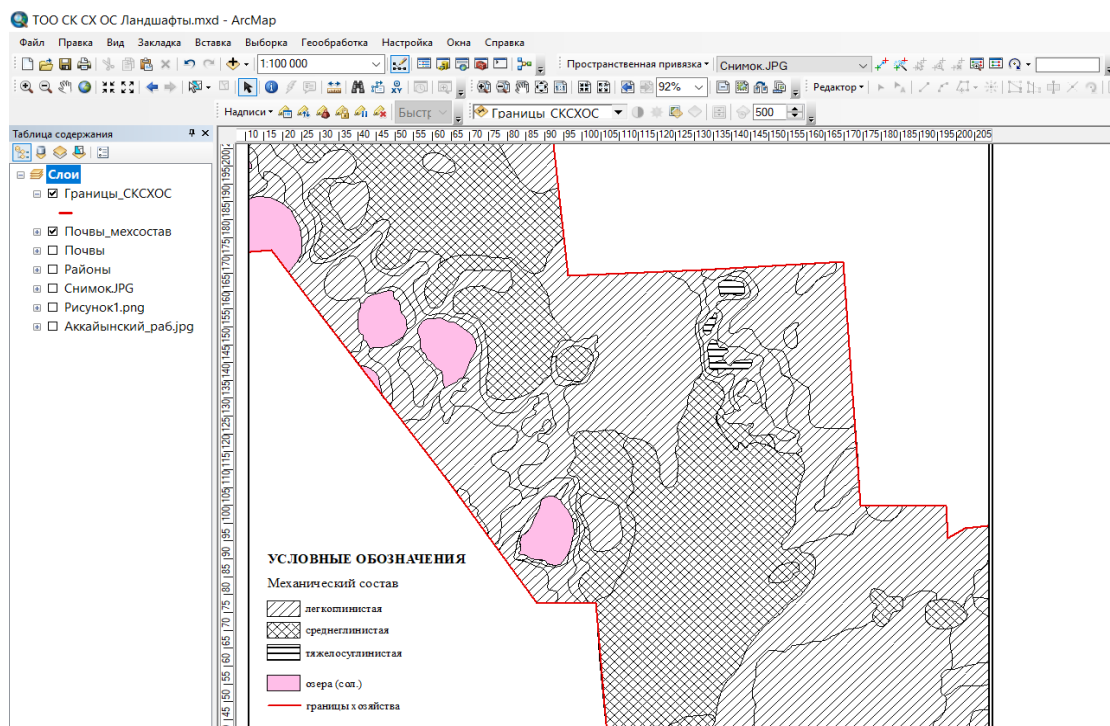


Рис. 3. Фрагмент карты механического состава почв ТОО «СКХОС»

Fig. 3. Fragment of the map of soil texture in the territory of the North Kazakhstan Agricultural Experimental Station

Картография и геоинформатика

Паиков С.В., Мажитова Г.З.

Следует отметить, что функциональные возможности ГИС предоставляют возможность осуществлять обмен данными с внешними программами.

Средства анализа ГИС позволяют выполнять различные запросы к данным, содержащимся в базе, формировать выборки, отчеты и статистические справки, осуществлять аналитические работы различной степени сложности. Накопление данных с привязкой к конкретному году обеспечивает ретроспективный анализ информации.

Средства экранной навигации и трехмерной графики позволяют наглядно представить необходимую информацию в наиболее удобной форме и формате [15]. Например, при выборе поля на карте можно просматривать его характеристики, историю севооборота, определять, когда и какие вносились удобрения, каков химический состав почвы, влажность, расстояние до ближайшего склада удобрений, когда и какой культурой это поле было засеяно, чем обрабатывалось и т.д. Или при просмотре параметров сельскохозяйственного угодья есть возможность оценивать его размещение на местности (рис. 4).

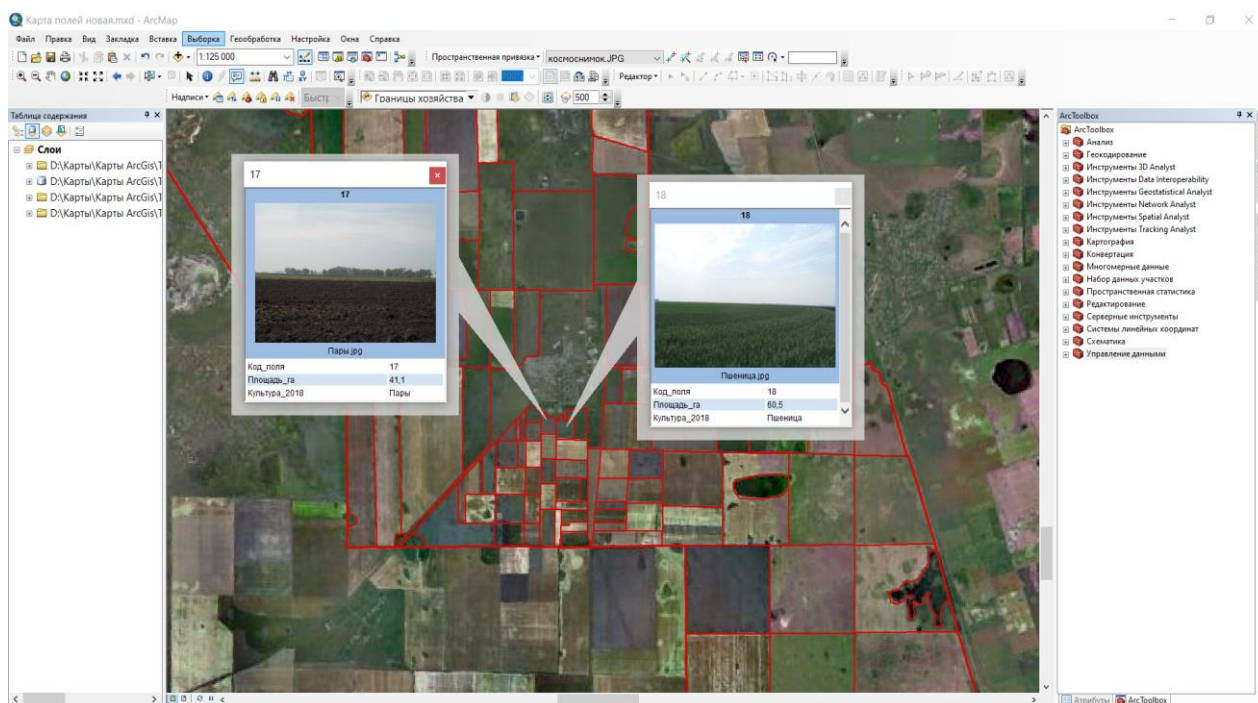


Рис. 4. Интерактивная карта сельскохозяйственных полей ТОО «СКСХОС»

Fig. 4. Interactive map of agricultural fields of the North Kazakhstan Agricultural Experimental Station

На основе ЦМР возможно создание серии производных тематических моделей ряда важнейших морфометрических показателей рельефа: крутизны склонов, их экспозиции и формы, горизонтального и вертикального расчленения, основных структурных линий, гипсометрических уровней, фрактальной размерности, количества поступающей солнечной энергии и др. Значительное количество моделей может быть получено путем расчета показателей, характеризующих форму и структуру объектов. Результаты гидрологического анализа ЦМР представлены моделями поверхностного стока, оконтуривания сети тальвегов и водосборных бассейнов, индекса сходимости, показателей миграции вещества и энергии в твердом и жидком состоянии – комплексными индексами, оценивающими перераспределение твердого и жидкого стоков, потенциала площадной и линейной эрозии и др. Анализ цифровой модели рельефа служит основой для определения потенциальных мест развития процессов водной и ветровой эрозии, заболачивания, подтопления, образования мочажин, суффозии.

Картография и геоинформатика
Пашков С.В., Мажитова Г.З.

ГИС позволяет при запросе визуализировать необходимые данные и создавать различные тематические карты в целом сельхозпредприятия, отдельных полей, севооборотов, производственных подразделений [15]. При этом информация может быть выведена в виде электронных карт на мониторе компьютера, сохранена в растровом формате и представлена на планшете или другом устройстве, а также в печатном виде.

Разработанные картографические материалы могут быть базовыми для составления многих других отраслевых карт: земельного кадастра, мелиорации, кормовой базы, почвенных и геоботанических обследований, агроландшафтного районирования и др. [21]. Электронная картографическая основа с выделенными границами полей содержит всю необходимую информацию для принятия решений по эффективному размещению сельскохозяйственных культур, дифференциации технологий их возделывания, оптимальной организации территории с учетом ландшафтных связей (рис. 5). Такая карта полей создает основу для формирования системы адаптивного ландшафтного земледелия в хозяйстве [17].

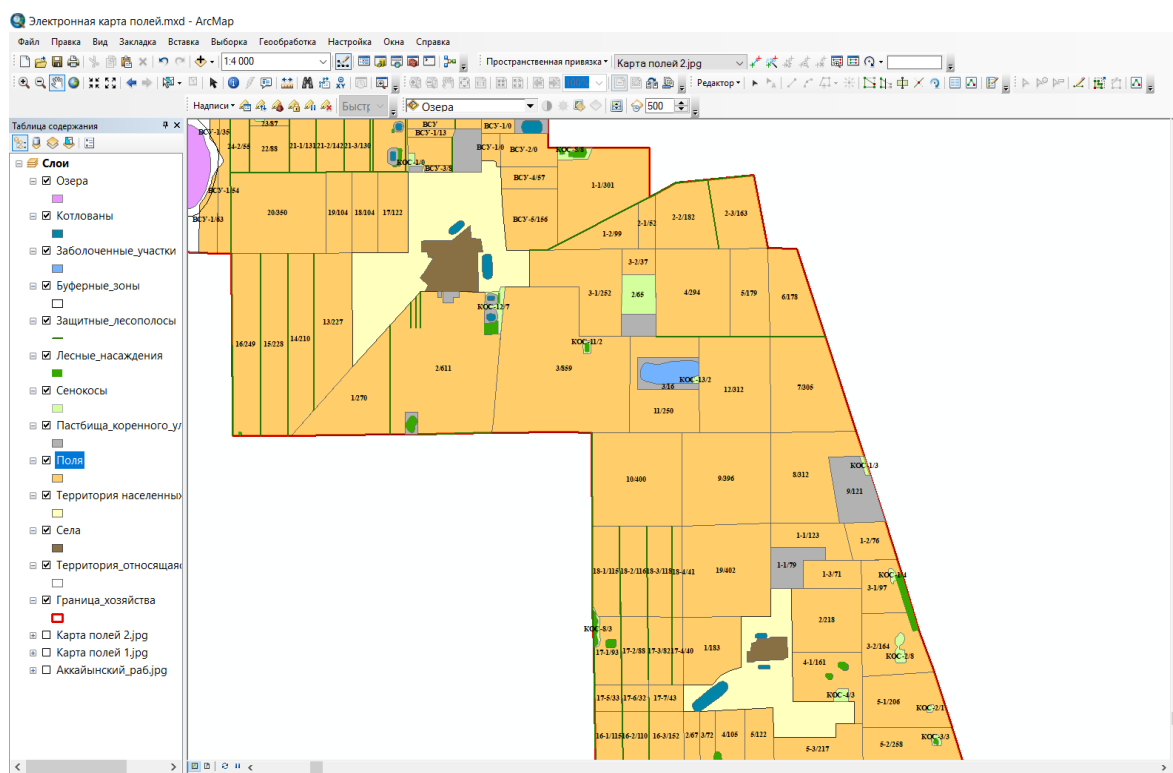


Рис. 5. Фрагмент электронной карты полей ТОО «СКХС» в ГИС

Fig. 5. Electronic map of the fields of the North Kazakhstan Agricultural Experimental Station (fragment)

В дальнейшем ГИС может быть дополнена внедрением программы и встроенного блока мониторинга техники хозяйства, что позволит обеспечить автоматизированный сбор сведений о проведенных агротехнических мероприятиях и оценить качество выполненных работ.

Современные возможности ГИС в совокупности с материалами аэросъемки с БПЛА позволяют на каждом угодье выявлять имеющиеся участки с лучшими и худшими агроэкологическими условиями, определять по физиологическим характеристикам, биофизическим и биохимическим параметрам, а также иным свойствам сельскохозяйственных культур сроки и объем внесения удобрений, количество средств защиты растений от болезней, вредителей, сорняков, получать информацию о биомассе, питательных веществах, стадии роста посевов, выполнять оценку урожайности, оперативно контролировать текущее состояние посевов и своевременно вносить коррективы в агротехнические мероприятия, чтобы минимизировать потери урожая [21; 22].

Разработанная ГИС может служить в качестве информационного обеспечения процесса управления предприятием, с учетом природных и производственных факторов для принятия обоснованных и эффективных решений тех или иных оперативных задач. Она позволяет осуществлять агротехнологическое планирование, определять оптимальные сроки и объем сельскохозяйственных работ, проводить анализ потенциальных возможностей производственной деятельности хозяйства (техники, кадров и земельных ресурсов), их текущей и потенциальной эффективности, составлять структуру посевных площадей и севооборотов в формате векторной электронной карты, производить расчет потребности в технике и оборудовании [1].

Благодаря удобному механизму пользования ГИС может использоваться агрономами, управляющими, другими специалистами предприятия для ведения истории полей, выполнения агротехнологических работ.

Одним из перспективных направлений использования ГИС в сельском хозяйстве является развитие точного (прецизионного, координатного) земледелия, т.е. внедрение приемов адаптивно-ландшафтного землепользования, которое позволяет наиболее полно учесть вариации характеристик почв, гидрологического режима и других показателей, важных для получения устойчивых урожаев возделываемых культур [14; 19; 21; 23].

Наряду с растениеводством ГИС может использоваться для проектирования развития животноводства, при решении вопросов, связанных с территориальной организацией пастбищ, пастбищеоборота.

ГИС может служить не только для разработки эффективного внутрихозяйственного землеустройства, но и решения социальных, экологических и других прикладных задач [17; 24]. В частности, она может быть привлечена при строительстве, обосновании развития дорожной сети, размещении инженерных объектов, кроме того, позволит проводить анализ изменения свойств почвы, выявить эрозионные процессы; решить другие геоэкологические проблемы; разрабатывать мероприятия по их решению. Исходя из этого ГИС обеспечивает поддержку процессов принятия решений в управлении хозяйством по всем направлениям его деятельности. Это позволит руководителю предприятия разрабатывать более эффективные планы управления, прогнозировать и минимизировать не только трудозатраты и стоимость работ, но и ошибки, возникающие вследствие ручной обработки данных инвентаризаций; повысить эффективность и продуктивность производства. Использование данных технологий дает возможность значительно сократить расходы финансовых средств, повысить оперативность и эффективность принятия решений.

В настоящее время особое значение ГИС-технологии приобретают при выполнении комплексных агроландшафтных исследований, картографировании и моделировании агроландшафтов, проектировании и создании отраслевых агроландшафтных карт [6].

Подобные геоинформационные продукты давно и успешно реализуются отечественными и зарубежными системными интеграторами в России как отраслевые аграрные ГИС для решения задач мониторинга сельскохозяйственных земель, оптимизации системы севооборотов, создания агротехнологических карт, цифровых моделей рельефа в целях оценки потенциала линейной эрозии и плоскостного смыва и др. [8; 9; 10]

Заключение

В результате выполненных исследований разработаны технология создания прикладной ГИС сельскохозяйственного предприятия, схема сбора и обработки необходимой информации и формирования базы данных.

Созданная ГИС и база данных могут быть включены в систему инфраструктуры геопространственных данных агропромышленного комплекса области, прежде всего, земледелия.

Картография и геоинформатика
Пашков С.В., Мажитова Г.З.

Результаты исследования могут служить методической основой для создания ГИС других хозяйств региона. Предложенная схема разработки прикладной ГИС является обобщенной и в зависимости от специфики хозяйств, решаемых задач и целей использования в нее могут быть внесены дополнения.

Проведенные исследования наглядно демонстрируют, что использование информационных систем на базе ГИС-технологий является одним из инструментов повышения эффективности управления сельскохозяйственным производством, детерминантой интенсификации агросферы. Географические информационные технологии имеют широкие возможности применения в области земледелия для оперативного решения различных производственных задач, а также землеустроительных работ, кадастровой оценки и бонитировки, моделирования и прогнозирования геоэкологических рисков, разработки программ и планов перспективного развития хозяйств, агроландшафтного проектирования и др.

Анализ вопроса геоинформационного обеспечения агроформирований региона показал, что в настоящее время данное направление пока не получило достаточного развития. Однако возможности использования ГИС в сфере сельскохозяйственного производства до сих пор ограничиваются решениями лишь отдельных задач, отсутствием комплексных ГИС, обеспечивающих необходимой информацией обоснование и принятие решений по эффективному агроменеджменту.

Список источников

1. Казанцева Л.Г., Жданов С.А. Этапы агроландшафтного проектирования на территории Алтайского края с использованием ГИС // Вестник АлтГАУ. 2006. № 2(22). С. 35–38.
2. Канатьева Н.П., Лисецкий Ф.Н., Украинский П. А. Применение геоинформационного картографирования для оценки состояния агроландшафтов Северного Приволжья // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. 2013. №24(167). Вып. 25. С. 157–161.
3. Крамер Р., Прищепов А., Мюллер Д., Кюммерле Т., Раделофф В., Дара А., Терехов А., Фрюхауф М. Анализ длительной динамики изменения землепользования и потенциал расширения пахотных земель за счет заброшенных земель в регионе освоения целинных земель Казахстана // Земля из космоса: наиболее эффективные решения. 2015. № S1. С. 20–27.
4. Мажитова Г.З., Пашков С.В., Крыцкий С.В. Совершенствование методики крупномасштабного агроландшафтного картографирования на основе применения геоинформационных технологий и беспилотных летательных аппаратов // Региональные геосистемы. 2020. №1. С. 71–75. doi: 10.18413/2712-7443-2020-44-1-64-74.
5. Муратова Н.Р., Терехов А.Г. Опыт пятилетнего оперативного мониторинга сельскохозяйственных угодий Северного Казахстана с помощью спутниковых данных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. № 4(2). С. 277–283.
6. Ольшевский А.В. Геоинформационное картографирование агроландшафтов Белорусского полесья // Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2. Химия. Биология. География. 2009. № 2. С. 71–75.
7. Официальный сайт всемирной цифровой базы данных высот. [Электронный ресурс]. URL: <https://srtm.csi.cgiar.org> (дата обращения: 30.05.2022).
8. Официальный сайт компании «Панорама Агро». [Электронный ресурс]. URL: https://gisinfo.ru/products/products_agro.htm (дата обращения: 30.05.2022).
9. Официальный сайт компании «Совзонд». [Электронный ресурс]. URL: <https://sovzond.ru/industry-solutions/agro/optimizatsiya-sx-proizvodstva> (дата обращения: 30.05.2022).
10. Официальный сайт компании «Esri». [Электронный ресурс]. URL: <https://blogs.esri-cis.ru/2018/08/09/gis-for-agriculture> (дата обращения: 30.05.2022).
11. Официальный сайт компании «Earth Observing System». [Электронный ресурс]. URL: <https://eos.com/landviewer> (дата обращения: 30.05.2022).
12. Пашков С.В., Мажитова Г.З. Применение ГИС-технологий и аэрофотосъемки для геоинформационного картографирования и моделирования рельефа агроландшафтов // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2020. Т. 34. С. 82–95. doi: 10.26516/2073-3402.2020.34.82.
13. Пашков С.В., Мажитова Г.З., Тесленок С.А. Картографирование агроландшафтов колочной лесостепи на основе геоинформационных технологий и дистанционного зондирования Земли // Географический вестник = Geographical bulletin. 2021. № 1(56). С. 162–172. doi: 10.17072/2079-7877-2021-1-162-172.
14. Пашков С.В., Мажитова Г.З. Цифровизация земледелия в Казахстане: региональный опыт // Географический вестник = Geographical Bulletin. 2021. № 4(59). С. 27–41. doi: 10.17072/2079-7877-2021-4-27-41.
15. Понькина Е.В. Геоинформационные технологии в сельскохозяйственном производстве. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2005. 226 с.

Картография и геоинформатика

Пашков С.В., Мажитова Г.З.

16. Терехов А.Г., Витковская И.С., Батырбаева М.Ж., Спивак Л.Ф. (2010). Принципы агроландшафтного районирования Северного Казахстана по данным LANDSAT и MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2010. № 7(3). С. 292–304.
17. Тесленок С.А. Агроландшафтогенез в районах интенсивного хозяйственного освоения // Исследование с использованием ГИС-технологий. Saarbrücken: LAPLAMBERT Academic Publishing, 2014. 189 с.
18. Тесленок С.А., Манухов В.Ф., Тесленок, К.С. Цифровое моделирование рельефа Республики Мордовия // Геодезия и картография. 2019. № 80(7). С. 30–38.
19. Трифонова Т.А., Прокошев В.Г., Роцин С.В., Краснощеков А.Н. ГИС-технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии // ГИС и природные ресурсы. 2002. № 1(20). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.esri-cis.ru/news/arcview/detail.php> (дата обращения: 01.05.2022).
20. Черкашин А.К., Китов А.Д., Бычков И.В. и др. Геоинформационная система управления территорией. Иркутск: Изд-во И-та географии СО РАН, 2002. 151 с.
21. Якушев В.П., Конев А.В., Якушев В.В. Геоинформационное обеспечение прецизионных экспериментов в земледелии // Геоинформатика. 2015. № 3. С. 96–101.
22. Barnes E.M., Moran M.S., Pinter P.J., Clark T.R. (1996). Multispectral remote sensing and site specific agriculture: examples of current technology and future possibilities. Published in Proc. Of 3rd Int. Conf. on Precision Agriculture. Minneapolis. Minnesota. ASA. Pp. 843–854.
23. Cochran R.D. (2000). Detecting Agricultural Trends and Evaluating Remote Sensing for Precision Agriculture. 4th International Conference on Precision Agriculture and Other Resources Management. The Center for Precision Agriculture. University of Minnesota. Abstract.
24. Hubert B. (2000). Wert der Geo-Information fuer Versichenungen. Geographic Information System. 13(3). 13–15.

References

1. Kazanceva, L.G., Zhdanov, S.A. (2006), Stages of agro-landscape design in the Altai Territory using GIS, *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, vol. 2, no. 22, pp. 35–38 (In Russ.).
2. Kanat'eva, N.P., Liseckij, F.N., Ukrainskij, P.A. (2013), Application of geoinformation mapping for assessing the condition of agrolandscapes in the Northern Volga region, *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Estestvennye nauki*, vol. 25, no. 24(167), pp. 157–161 (In Russ.).
3. Kraemer, R., Prishchepov, A.V. et al. (2015), Long-term agricultural land-cover change and potential for cropland expansion in the former Virgin Lands area of Kazakhstan, *Environmental Research Letters*, vol. 10, 054012, p. 17.
4. Mazhitova, G.Z., Pashkov, S.V., Kryckij, S.V. (2020), Improvement of large-scale agro-landscape mapping methodology based on geoinformation technologies and unmanned aerial vehicles, *Regional'nye geosistemy*, vol. 44, no. 1, pp. 64–74. doi: 10.18413/2712-7443-2020-44-1-64-74 (In Russ.).
5. Muratova, N.R., Terekhov, A.G. (2013), Experience of five-year operational monitoring of agricultural land in Northern Kazakhstan using satellite data, *Current problems in remote sensing of the Earth from space*, no. 4(2), pp. 277–283 (In Russ.).
6. Olshevsky, A.V. (2009), Geoinformation mapping of agrarian landscapes of the Belarusian field, *Journal of the Belarusian State University. Chemistry. Biology. Geography*, no.2, pp. 71–75 (In Russ.).
- Official website of the World Digital Elevation Database, available at: <https://srtm.csi.cgiar.org> (Accessed 30 May 2022).
8. Official website of the Company "Panorama Agro", available at: https://gisinfo.ru/products/products_agro.htm (Accessed 30 May 2022).
9. Official website of the Company "Sovsond", available at: <https://sovzond.ru/industry-solutions/agro/optimizatsiya-sx-proizvodstva> (Accessed 30 May 2022).
10. Official website of the Company "Esri", available at: <https://blogs.esri-cis.ru/2018/08/09/gis-for-agriculture> (Accessed 30 May 2022).
11. Official website of the Company "Earth Observing System", available at: <https://eos.com/landviewer> (Accessed 30 May 2022).
12. Pashkov, S.V., Mazhitova, G.Z. (2020), Application of GIS Technologies and Aerial Photography for Geoinformation Mapping and Modelling of Relief of Agroland Landscapes, *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, vol. 34, pp. 82–95. doi: 10.26516/2073-3402.2020.34.82 (In Russ.).
13. Pashkov, S.V., Mazhitova, G.Z., Teslenok, S.A. (2021), Mapping of agricultural landscapes of outlier forest steppe based on geoinformation technologies and remote sensing of the Earth, *Geographical Bulletin*, no.1(56), pp. 162–172. doi:10.17072/2079-7877-2021-1-162-172 (In Russ.).
14. Pashkov, S.V., Mazhitova, G.Z. (2021), Digitization of agriculture in Kazakhstan: regional experience, *Geographical Bulletin*, no. 4(59), pp. 27–41. doi: 10.17072/2079-7877-2021-4-27-41 (In Russ.).
15. Pon'kina, E.V. (2005), *Geoinformacionnye tekhnologii v sel'skohozyajstvennom proizvodstve* [Geoinformation technologies in agricultural production], Izd-vo Altajskogo un-ta, Barnaul, Russia (In Russ.).

Картография и геоинформатика

Пашков С.В., Мажитова Г.З.

16. Terehov, A.G., Vitkovskaja, I.S., Bатырбаева, M.Zh., Spivak, L.F. (2010), Principles of agrolandscape zoning of arable land of the Northern Kazakhstan with using of LANDSAT and MODIS, *Current problems in remote sensing of the Earth from space*, no 7(3), pp. 292–304 (In Russ.).
17. Teslenok, S.A. (2014), Agrolandshaftogenez v rajonah intensivnogo hozyajstvennogo osvoeniya: Issledovanie s ispol'zovaniem GIS-tehnologij [Agrolandscape Genesis in Areas of Intensive Economic Development: A Study Using GIS Technologies], LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken.
18. Teslenok, S.A., Manuhov, V.F., Teslenok, K.S. (2019), Digital terrain modeling of the Republic of Mordovia, *Geodesy and Cartography*, no. 80(7), pp. 30–38. doi: 10.22389/0016-7126-2019-949-7-31-38 (In Russ.).
19. Trifonova, T.A., Prokoshev, V.G., Roshchin S.V., Krasnoshchekov, A.N. (2002), GIS technologies in adaptive landscape farming, *GIS i prirodnye resursy*, no. 1(20), available at: <https://arcreview.esri-cis.ru/2002/03/15/gis-adaptivelandscape-agriculture/> (Accessed 01 May 2022) (In Russ..)
20. Cherkashin, A.K., Kitov, A.D., Bychkov, I.V. et al. (2002), *Geoinformacionnaya sistema upravleniya territoriej* [Geographic information system for territory management], Izd-vo In-ta geografii SO RAN, Irkutsk, Russia (In Russ.).
21. Yakushev, V.P., Konev, A.V., Yakushev, V.V. (2015), Geoinformation support for precision experiments in agriculture, *Geoinformatika*, no. 3, pp. 96–101 (In Russ.).
22. Barnes, E.M., Moran, M.S., Pinter, P.J., Clark, T.R. (1996), Multispectral remote sensing and site specific agriculture: examples of current technology and future possibilities, Of 3rd Int. Conf. on Precision Agriculture, Minneapolis, Minnesota, ASA, pp. 843–854.
23. Cochran, R.D. (2000), Detecting Agricultural Trends and Evaluating Remote Sensing for Precision Agriculture. 4th International Conference on Precision Agriculture and Other Resources Management, The Center for Precision Agriculture, University of Minnesota, Abstract.
24. Hubert, B. (2000), Wert der Geo-Information fuer Versicherungen, *Geographic Information System*, no. 13(3), pp. 13–15.

Статья поступила в редакцию: 27.05.2022; одобрена после рецензирования: 19.10.2022; принята к опубликованию: 13.12.2022.

The article was submitted: 27 May 2022; approved after review: 19 October 2022; accepted for publication: 13 December 2022.

Информация об авторах

Information about the authors

Сергей Владимирович Пашков

кандидат географических наук, доцент, декан факультета математики и естественных наук, Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева; 150000, Казахстан, г. Петропавловск, ул. Пушкина, 86
e-mail: sergp2001@mail.ru

Sergey V. Pashkov

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Mathematics and Natural Sciences, North Kazakhstan University named after M. Kozybayev; 86, Pushkina st., Petropavlovsk, 150000, Kazakhstan

Гульнур Забихулаевна Мажитова

старший преподаватель, кафедра географии и экологии, Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева; 150000, Казахстан, г. Петропавловск, ул. Пушкина, 86
e-mail: mazhitova_gulnur@mail.ru

Gulnur Z. Mazhitova

Senior Lecturer, Department of Geography and Ecology, North Kazakhstan University named after M. Kozybayev; 86, Pushkina st., Petropavlovsk, 150000, Kazakhstan

Вклад авторов

Пашков С.В. – идея, обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста.

Мажитова Г.З. – сбор материала, написание статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Contribution of the authors

Sergey V. Pashkov – the idea; processing of the material; writing the article; scientific editing of the text.

Gulnur Z. Mazhitova – collection of information; writing the article.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.