



УДК 712.24

DOI

Совершенствование методики крупномасштабного агроландшафтного картографирования на основе применения беспилотных летательных аппаратов

Г.З. Мажитова¹, С.В. Пашков¹, С.В. Крыцкий²

¹Северо-Казахстанский государственный университет им. М.Козыбаева
Республика Казахстан, 150000, г. Петропавловск, ул. Пушкина, 86

²ТОО "GEOSCAN-Kazakhstan"

Республика Казахстан, 150000, г. Петропавловск, ул. Я. Гашека, 30
E-mail: mazhitova_gulnur@mail.ru, sergp2001@mail.ru, geoscan-kz@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены возможности применения беспилотных авиационных средств в земледелии – ведущей отрасли сельского хозяйства Северо-Казахстанской области (СКО) Республики Казахстан. В свете интенсификации отрасли беспилотные летательные аппараты (БПЛА) все чаще находят применение для получения данных дистанционного зондирования земли по мониторингу состояния сельскохозяйственных угодий и, прежде всего, оперативному управлению посевами. В связи с этим авторами разработана методика геоинформационного картографирования агроландшафтов на примере модельного участка СКО с использованием ГИС-технологий и материалов аэрофотосъемки с БПЛА. Методика предполагает выполнение подготовительных работ, детальный анализ исходных материалов, предварительных полевых ландшафтно-географических исследований на изучаемой территории, проведение аэрофотосъемки с БПЛА по разработанному маршруту в заданном режиме, обработку материалов съемки. Рассмотрены преимущества использования БПЛА в агроландшафтных исследованиях и картографировании агроландшафтов. Определены области применения БПЛА, материалов и данных съемки в сельскохозяйственном производстве, конструировании и управлении агроландшафтами.

Ключевые слова: агроландшафт, картографирование, карта, геоинформационные системы, БПЛА, Северо-Казахстанская область.

Для цитирования: Мажитова Г.З., Пашков С.В., Крыцкий С.В. 2020. Совершенствование методики крупномасштабного агроландшафтного картографирования на основе применения БПЛА. Региональные геосистемы, 44(1): 64–74. DOI:

Improvement of the methodology of large-scale agrarian landscape mapping based on uav application

Gul'nur Z. Mazhitova¹, Sergey V. Pashkov¹, Sergey V. Krytskij²

¹North Kazakhstan State University named after M. Kozybayev
86 Pushkin St., Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan

²LTD "GEOSCAN-Kazakhstan"

30 Ya. Gashek St., Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan
E-mail: mazhitova_gulnur@mail.ru, sergp2001@mail.ru, geoscan-kz@mail.ru

Abstract. The article is devoted to possibility using of unmanned aerial vehicles in planting, the leading branch of agriculture in North Kazakhstan region (NKR). In the light of planting intensification unmanned aerial vehicles (UAVs) use in agricultural purposes for getting information about monitoring conditions of agricultural lands and operative direction by seeds more and more frequently. In connection to this authors present the methodology of geoinformation mapping of agrarian landscapes on example of model site of North Kazakhstan region using GIS technologies and aerial photography materials from unmanned aerial vehicles (UAVs). The methodology involves preparatory works, detailed analysis of

initial materials, preliminary field landscape and geographical surveys in the studied territory, aerial photography from the UAV along the developed route in the specified mode, processing of survey materials. Authors define the advantages of using UAVs in agrarian and landscape research and mapping of agrarian and landscape are considered. Areas of application of UAVs, materials and data of aerial photographs in agricultural production, construction and agrarian landscapes managing are defined.

Keywords: agrarian landscape, mapping, map, geographic information systems, UAV North Kazakhstan region.

For citation: Mazhitova G.Z., Pashkov S.V., Krytskij S.V. 2020. Improvement of the methodology of large-scale agrarian landscape mapping based on UAV application. *Regional Geosystems*. 44(1): 64–74. DOI:

Введение

Сельское хозяйство, как по числу занятых, так и по вкладу в ВВП, является одной из важнейших отраслей экономики Республики Казахстан. В Северо-Казахстанской области (СКО), ведущем агропроизводителе страны, где сельскохозяйственное землепользование исторически выступает фоновым видом природопользования, доля агросектора в ВРП неуклонно возрастает и на протяжении последних лет превышает 50 % [Пашков, Носонов, 2019]. В связи с этим повышение эффективности сельскохозяйственного производства, обеспечение устойчивого функционирования и продуктивности сельскохозяйственных угодий выступает важнейшей задачей государственной политики. Особую актуальность в свете данного приоритета приобретает комплексное изучение агроландшафтов, их картографирование, проектирование и создание агроландшафтных карт, формирование специализированных баз данных.

В настоящее время значительная роль в картографировании, разработке и создании карт и других видов картографических произведений принадлежит новейшим технологиям. К их числу относятся геоинформационные (технологии географических информационных систем, ГИС), дистанционные (основанные на использовании дистанционных методов исследования, материалов аэрофото- и космической съемки, систем глобального позиционирования), специализированное программное обеспечение. Данные технологии и связанные с ними программные средства используются не только для проектирования и создания различных карт и моделей, но и одновременно применяются для получения, обработки и анализа пространственной информации об изучаемых объектах, явлениях и процессах, их свойствах и структурных компонентах, позволяя оптимизировать и повысить качество выполняемых исследований [Берлянт, 1997].

Однако в агроландшафтных исследованиях названные технологии не получили должного распространения. В основном они используются в единичных случаях при изучении агроландшафтов отдельных территорий и нуждаются в разработке новых подходов к их применению. В связи с этим необходимо решение вопросов, связанных с разработкой и совершенствованием методических аспектов геоинформационного агроландшафтного картографирования и моделирования, подготовки отраслевых агроландшафтных карт, оперативного формирования специализированных баз и банков данных, содержащих комплексную информацию об агроландшафтах и их структурных компонентах и др. [Каторгин, 2004; Трапезникова, 2004; Перфильев, 2008; Дорохина, 2009; Ольшевский, 2009; Тесленок, Манухов, 2011].

Кроме того, необходимо учитывать, что современный этап развития сельского хозяйства нуждается в решении проблем оптимизации структуры землепользования, исторически сложившейся в процессе хозяйственного освоения, создания и сохранения оптимального ландшафтно-экологического баланса, при максимальном учете и сохранении естественных ресурсов [Stinner et al., 1989; Dumanski, Pieri, 2000; Wesel et al., 2009; Dore et al., 2011]. Реализация этих задач требует обоснованных и своевременных управленческих решений, основанных на результатах региональных агроландшафтных исследований. Разви-



тие этого направления предполагает создание обширной тематической информационной базы, обработку и анализ огромного количества информации об особенностях агроландшафтных систем. И здесь также могут найти применение информационные компьютерные технологии, и в первую очередь – ГИС-технологии, которые служат исходной базой принятия оперативных управленческих решений [Тесленок, 2014; Тесленок и др., 2019].

Большое значение в агроландшафтных исследованиях имеет крупномасштабное картографирование агрогенных ландшафтов, создание детальных агроландшафтных карт отдельных хозяйств для решения конкретных задач. Одним из способов получения детальной, высокоточной информации в полевых географических исследованиях для изучения и мониторинга небольших площадей является аэрофотосъемка с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). БПЛА – это летательный аппарат без экипажа на борту, обладающий разной степенью автономности, конструкцией и назначением, способный осуществлять съемку в заданном режиме. В настоящее время метод дистанционного картографирования с помощью БПЛА становится особенно перспективным способом получения геодезической основы для создания цифровых карт крупных масштабов [Зубарев и др., 2009].

Актуальность предпринятого исследования определяется необходимостью разработки подходов автоматизированного создания агроландшафтных карт путем использования методов геоинформационного картографирования и моделирования на основе ГИС и материалов съемки с БПЛА.

Целью исследования являлось проведение пространственного анализа и картографирование агроландшафтов СКО на местном (локальном) уровне с применением дистанционных методов и геоинформационных технологий.

Геоинформационное картографирование агроландшафтов и построение агроландшафтной карты СКО в ГИС-среде на региональном уровне выполнялось авторами ранее [Мажитова, 2018]. Представленная работа посвящена агроландшафтному картографированию с применением дистанционных методов исследования и геоинформационных технологий.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлись агроландшафты СКО. Для изучения и геоинформационного картографирования агроландшафтов региона определен опорный участок. Исследуемый участок располагается на территории Кызылжарского района (Вагулинский сельский округ, в 1 км к северо-западу от с. Соколовка, вблизи оз. Лебяжье), в пределах староосвоенного района с 270-летней историей континуального земледелия южной лесостепи Западно-Сибирской равнины. Космический снимок района исследования представлен на рис. 1.

Данный опорный участок являлся рабочей основой для геоинформационного картографирования элементарных агроландшафтов низшего иерархического уровня, пространственного анализа и оценки их современного состояния, разработки крупномасштабной агроландшафтной карты и специального содержания к ней, создания базы геоданных.

Теоретико-методологической основой исследования послужили труды в области картографии и геоинформатики: К.А. Салищева, А.М. Берлянта, В.С. Тикунова и др. Кроме того, изучен и учтен опыт и результаты прикладных геоинформационно-картографических исследований: В.А. Николаева, И.Ю. Каторгина, С.А. Тесленка, А.В. Ольшевского, С.Е. Перфильева и др.

При выполнении исследований опирались на общие теоретические представления об агроландшафтах, как о сложных природно-антропогенных системах, изложенные в работах В.А. Николаева, В.И. Кирюшина, А.А. Юртаева, М.И. Лопырева, В.М. Яцухно, А.С. Помелова, К.В. Зворыкина, В.И. Булатова и др.

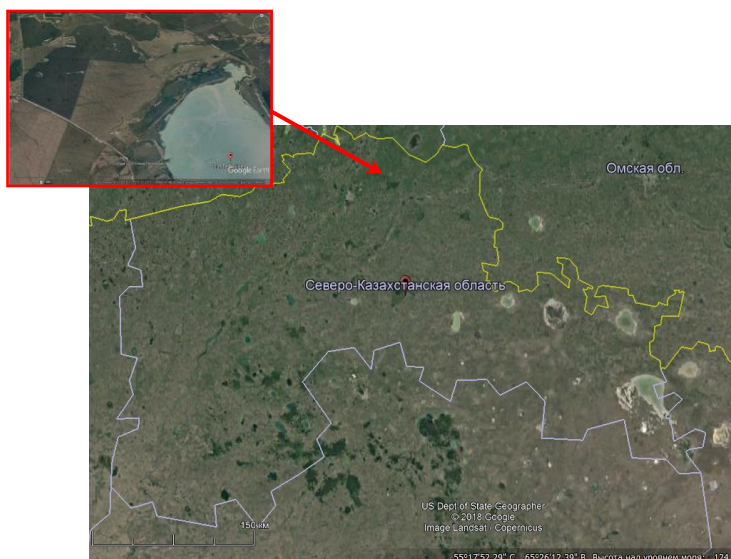


Рис. 1. Космический снимок исследуемого участка
Fig. 1. Space snapshot of the site under investigation

В качестве исходных материалов исследования привлечены литературные и картографические источники, в т.ч. топографические карты, карты землеустройства региона, фондовые материалы, а также данные и результаты полевых работ авторов. Для выполнения исследования и картографирования агроландшафтов на локальном уровне и детального изучения их структурных компонентов использованы материалы аэрофотосъемки с БПЛА.

На предварительном этапе исследования проведен анализ исходных материалов, изучены природно-ландшафтные, агрохозяйственные особенности рассматриваемой территории. Определено положение исследуемого участка в системе ландшафтной иерархии региона. На месте съемки проведены полевые ландшафтно-географические исследования, составлена физико-географическая характеристика района работ, дано комплексное описание природных компонентов, определено точное местоположение, высота местности.

Важным этапом подготовительных работ являлось определение и расчет параметров аэрофотосъемки, пространственного разрешения цифровых снимков, высоты фотографирования, а также планирование маршрута съемки с использованием программных средств и системы автоматического управления БПЛА.

Съемка участка осуществлялась ТОО «GEOSCAN-Kazakhstan» аэрофотосъемочным комплексом «Геоскан-201М» Агро/Геодезия. Высота съемки – 280 м. Видимый диапазон 5 см/пиксель, мультиспектральный 13 см/пиксель. Камеры SonyRX-1 (видимый диапазон), MicasenseRedEdgeM (мультиспектральная 5-канальная).

Достоверность координатной привязки полевых исследований и фотоснимков БПЛА обеспечивалась использованием GPS-приемника, электронной топографической основы. Кроме того, в процессе съемки проводилась геометрическая коррекция геоизображений.

Результаты исследования

По результатам съемки получена серия аэрофотоснимков исследуемого района с привязкой к географическим координатам. Полученные снимки характеризуются высокой точностью и детальностью изображения. Благодаря высокому уровню разрешения, обеспечивается достаточно высокая точность идентификации изображенных объектов местности и определения их свойств, метрических характеристик. На основе полученных снимков вы-

полнен анализ устройства поверхности рассматриваемого участка. Особое внимание уделено микрорельефу, который служит основой для изучения и выделения границ первичных структурных элементов агроландшафтов. Материалы съемки позволили выявить в пределах изучаемого участка небольшие понижения, потяжины, микроложбины, бугры, следы временных водотоков, направления обработки почвы сельскохозяйственной техникой.

На рис. 2 представлены аэрофотоснимки исследуемого участка, полученные в ходе съемки с БПЛА «Геоскан-201М».



Рис. 2. Серия аэрофотоснимков изучаемого участка, полученная с БПЛА «Геоскан-201М»
Fig. 2. Series of aerial photographs of the site under study, received from "Geoskan-201M" UAV

Материалы съемки после предварительной обработки переводились в обменный формат, совместимый с геоинформационной системой, и импортировались в нее для дальнейшей работы. На этапе импорта цифровых аэрофотоснимков исключались снимки низкого качества. Обработка материалов съемки выполнялась средствами ГИС ArcGIS 10.1 (ESRI Inc.) с использованием современного программного обеспечения Agisoft Photo Scan Professional Edition. Программное обеспечение, функционал и набор инструментов ArcGIS 10.1 (ESRI Inc.) позволяют выполнить векторизацию (оцифровку) материалов аэрофотосъемки, получить ортофотоплан необходимого масштаба, матрицы высот местности, разработать и составить специализированные карты и цифровые картографические модели (цифровую модель рельефа – ЦМР, цифровую модель поверхности – ЦМП, карту пластики рельефа, 3D-модель и др.) участка исследуемой территории.

В процессе работы осуществлена векторизация объектов местности, выделены границы поля опорного участка, проведен морфометрический анализ рельефа, определены высоты поверхности, уклоны, экспозиции склонов, сформированы специализированные атрибутивные данные (рис. 3).

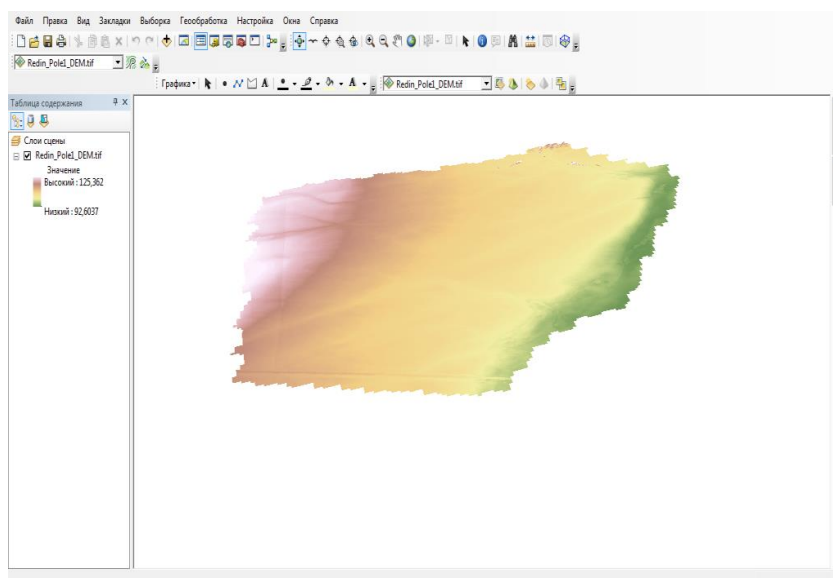


Рис. 3. Изображение опорного участка в спектре высот поверхности
Fig. 3. Image of the reference area in the surface height spectrum

Созданная в ГИС электронная карта изучаемого участка и сформированные атрибутивные данные служат исходной основой для разработки и создания различных тематических карт и картографических моделей, необходимых для осуществления дальнейших агроландшафтных исследований (рис. 4).

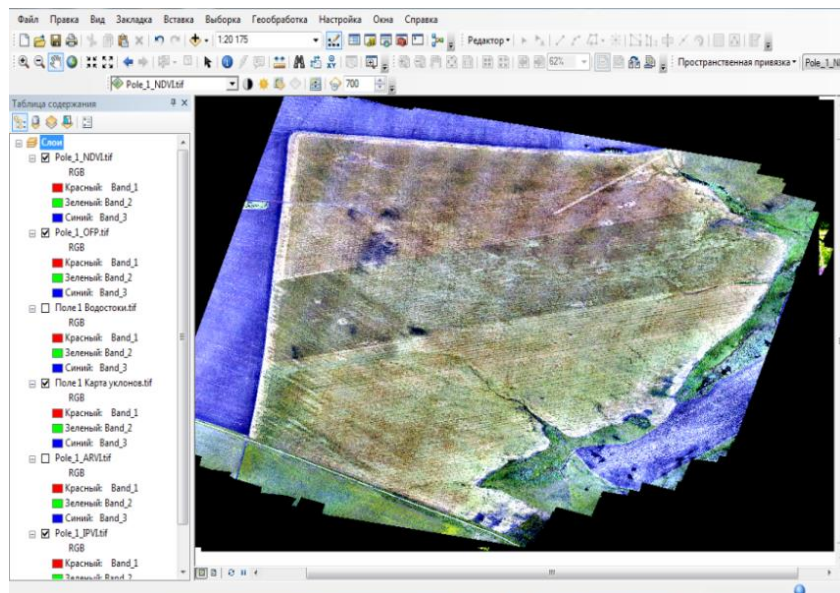


Рис. 4. Опорный участок в рабочем окне ArcGis 10.1 (ESRI Inc.)
Fig. 4. ArcGis 10.1 Work Window Reference Area (ESRI Inc.)

Геоинформационная система позволяет представить в виде отдельных слоев основные структурные компоненты агроландшафтов (рельеф, почвообразующие породы, почвы, сельскохозяйственные культуры и др.), а в соответствующих атрибутивных таблицах – их количественные и качественные характеристики. В ГИС-среде могут быть созданы и сохранены различные дополнительные слои и атрибутивные данные по ним: резуль-

таты агрохимического анализа почв, их кислотность, механический состав, удельное сопротивление, предшествующие культуры в системе севооборотов и др. ГИС, совмещая анализ агрометеорологических сведений, данных механического и химического состава почвы, позволяет создать точную карту агроэкологических условий территории рассматриваемого района. К числу возможностей ГИС-технологий относится осуществление электронной записи и хранения истории полевых работ, урожайности и других характеристик и показателей по сельскохозяйственным угодьям, отдельным полям. Тем самым, данные технологии позволяют обоснованно управлять производственным процессом.

На основе материалов съемки БПЛА возможно осуществлять расчеты специальных индексов ((Normalized Difference Vegetation Index, NDVI и др.) и производить оценочные работы. Так вегетационный индекс (NDVI) позволяет оценивать состояние возделываемых сельскохозяйственных культур и прогнозировать финансовые затраты и риски (рис. 5). С помощью данного индекса появляется возможность выявлять проблемные места на поле и причины плохой всхожести. По индексу вегетации (NDVI) и температуры подстилающей поверхности можно определить и провести оценку фотосинтетически активной радиации, разработать карты с областями и ареалами созревания культур.

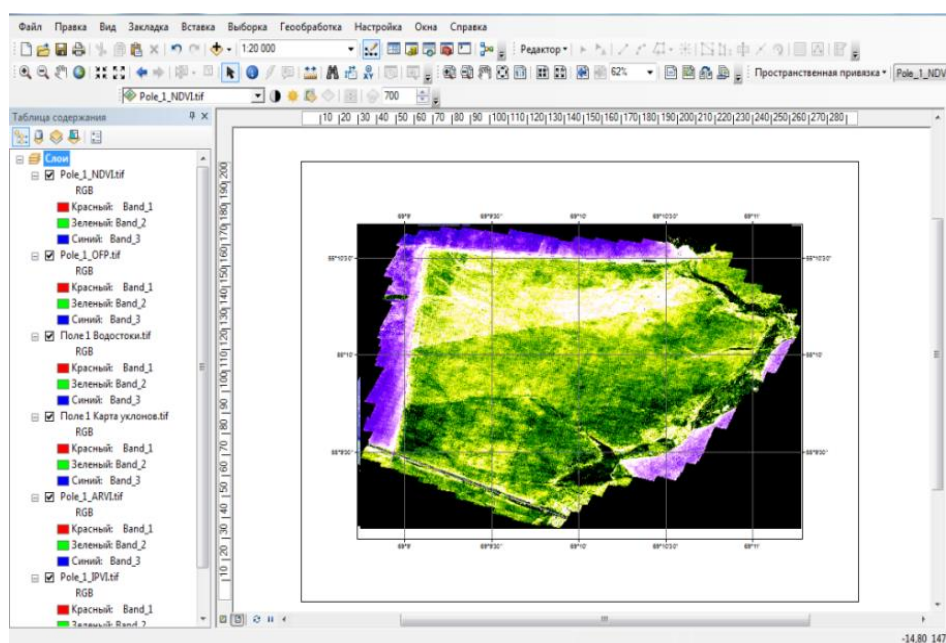


Рис. 5. Расчет индекса NDVI в ГИС
Fig. 5. Calculation of NDVI index in GIS

Материалы съемки с БПЛА могут быть использованы для эффективной организации структуры сельскохозяйственного землеустройства, планирования размещения посевов определенных видов и сортов возделываемых культур, расчета норм внесения удобрений и средств защиты растений, а также более точного предсказания урожайности и финансового планирования. Наряду с этим, съемка с применением БПЛА позволяет определить состав возделываемых сельскохозяйственных культур, состояние их посевов, установить локальные причины болезней культур и их зараженности вредителями, локальных уплотнений почвы, снижения урожайности на отдельных полях и их участках и др.

Аэрофотоматериалы БПЛА служат ценным источником пространственной информации при изучении динамики сельскохозяйственного освоения территории, моделирования и прогнозирования агрогенной трансформации природных ландшафтов. Позволяют

изучить морфологические элементы агроландшафтов, систематизировать агроландшафты местного (локального) уровня [Перфильев, 2007; Пензева, Петрищев, 2008].

Следует отметить, что аэрофотосъемка с БПЛА может получить широкое применение в развитии точного (координатного или прецизионного) земледелия, внедрения приемов адаптивно-ландшафтного землепользования. При этом подходе решаются вопросы развития экологоприемлемого сельскохозяйственного производства и обеспечения устойчивого состояния агроландшафтов, снижения рисков в сельскохозяйственном производстве, обусловленных природными факторами и условиями. В основе научной концепции точного земледелия лежат представления о существовании неоднородностей в пределах одного поля. Иными словами, природные условия – климатические показатели, погодные явления (термический режим, увлажнение, распределение солнечной радиации, освещенность и др.), характеристики и свойства почвы (гранулометрический состав, мощность гумусового слоя, обеспеченность основными элементами питания растений и др.), а также засоренность и заселенность болезнями и патогенами внутри одного поля подобны, но неодинаковы. На каждом отдельном участке посевной площади они носят локальные различия. Точное земледелие основано на учете дифференцированности среды обитания посевов сельскохозяйственных культур в пределах отдельного поля.

Показатели, получаемые с метеостанций и агропостов, данных агрохимических служб и других источников, экспертная оценка агрономов, дают, главным образом, информацию о базовых, общих агроэкологических условиях и не позволяют учесть локальные особенности. Именно спутниковая съемка и аэрофотосъемка с БПЛА в совокупности с новейшими технологиями позволяет изучить и оценить на каждом отдельном поле или его участке все неоднородности природных условий, на основе их анализа и учета определить потребности всходов в увлажнении, необходимость дополнительного полива, внесения удобрений и др. Тем самым, данные технологии позволяют обоснованно управлять культурами на уровне поля и помочь сельхозпроизводителям избежать серьезных потерь, повысить урожайность возделываемых культур [Зубарев и др., 2009].

Обязательным условием проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия является формирование геоинформационных систем (ГИС). Организация такой системы земледелия предполагает обязательный учет структуры природного ландшафта и условий его функционирования. Важным этапом построения адаптивно-ландшафтных систем земледелия является агроэкологическая оценка и агроэкологическое картирование земель, разработка проектов землеустройства, создание и внедрение банка данных, максимально характеризующих природные факторы и параметры произрастания сельскохозяйственных культур. В этом ключе применение аэрофотосъемки с БПЛА для получения точных данных и информации о морфометрии рельефа, гидрологических и других условиях существенно облегчит процесс разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия [Трифорова и др., 2002].

Заключение

В результате проведенных исследований разработана технология и алгоритм агроландшафтного картографирования с использованием ГИС-технологий и материалов аэрофотосъемки БПЛА, схема сбора и обработки материалов съемки и создания базы данных. Съемка с БПЛА позволила получить детальные высокоточные изображения и разработать на их основе в ГИС-среде картографическую модель агроландшафта. Данная методика апробирована на территории СКО на примере модельного участка.

Разработанная электронная карта и база данных может быть использована для дальнейших комплексных агроландшафтных исследований региона.



Анализ состояния вопроса применения БПЛА для аэрофотосъемки сельскохозяйственных территорий показал, что данное направление имеет широкие перспективы применения для оперативного решения различных задач в области агроландшафтных исследований, картографирования и разработки агроландшафтных карт и моделей.

Проведенные исследования наглядно демонстрируют, что материалы съемки БПЛА являются надежным источником получения объективной информации. Аэрофотосъемка с БПЛА обеспечивает оперативное получение точной цифровой модели поверхности, которая может служить исходной основой в геоинформационных системах для разработки и создания серии различных оценочных и производных тематических карт и геоинформационно-картографических моделей ряда важнейших морфометрических показателей рельефа, имеющих самое непосредственное отношение к сельскому хозяйству. Среди них крутизна склонов, их экспозиция и форма (плановая и профильная кривизна поверхности), горизонтальное и вертикальное расчленение, основные структурные линии, гипсометрические уровни, фрактальная размерность, количество поступающей солнечной энергии и др. Значительное число моделей может быть представлено морфометрической группой графоаналитических приемов с расчетом показателей, характеризующих форму и структуру объектов. Результатами гидрологического анализа ЦМР могут стать модели поверхностного стока, оконтуривания сети тальвегов и водосборных бассейнов, индекса схожимости (конвергенции), различные показатели миграции вещества и энергии в твердом и жидком состоянии – комплексные индексы, оценивающие перераспределение твердого и жидкого стока, потенциал площадной и линейной эрозии и др.

Создание карт в ГИС-среде на основе материалов съемки с БПЛА рекомендуется использовать для решения широкого спектра прикладных задач не только в области сельского хозяйства, но и землеустройства, кадастров и бонитировки, экологии, разработки программ и планов перспективного развития территорий и др. Использование данных технологий позволит значительно сократить расходы финансовых средств, повысить оперативность и эффективность принятия решений.

Однако следует отметить существование ряда факторов, сдерживающих развитие и использование указанных технологий. К их числу, в первую очередь, относится отсутствие нормативно-правовой базы, обеспечивающей выполнение топографо-геодезических работ для интеграции БПЛА в единое воздушное пространство. Кроме того, законодательно не урегулированы вопросы, связанные с сертификацией, регистрацией, техническими требованиями и условиями эксплуатации БПЛА.

Список литературы

1. Берлянт А.М. 1997. Геоинформационное картографирование. М., МГУ, 64 с.
2. Дорохина З.П. 2009. Оценка и картографирование агроландшафтов Волгоградской области для защитного лесоразведения. Автореф. дис. ... канд. сел. хоз. наук. Волгоград, 22 с.
3. Зубарев Ю.Н., Фомин Д.С., Чащин А.Н., Заболотнова М.В. 2009. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве. Вестник Пермского федерального исследовательского центра, 2: 47–51.
4. Каторгин И.Ю. 2004. Анализ и оценка агроландшафтов Ставропольского края с использованием геоинформационных технологий. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ставрополь, 24 с.
5. Мажитова Г.З. 2018. Геоинформационное картографирование агроландшафтов Северо-Казахстанской области. Материалы XII Международной научной конференции молодых ученых «Инновационное развитие и востребованность науки в современном Казахстане». Алматы: 11–16.
6. Ольшевский А.В. 2009. Геоинформационное картографирование агроландшафтов Белорусского полесья. Вестник Белорусского государственного университета. Химия. Биология. География, 2: 71–75.

7. Пашков С.В., Носонов А.М. 2019. Экономическая устойчивость сельскохозяйственного землепользования в Северо-Казахстанской области. Геополитика и экогеодинамика регионов, 5 (4): 148–157.
8. Перфильев С.Е. 2007. Пространственная организация агроландшафтов юга Центральной Сибири (Красноярский край). Аграрная Россия, 1: 2–6.
9. Перфильев С.Е. 2008. Технологии геосистемного и экологического картографирования агроландшафтов Центральной Сибири (Красноярский край). География и природные ресурсы, 3: 127–133.
10. Пензева С.В., Петрищев В.П. 2008. Морфологическая типизация агроландшафтов Оренбургского Подуралья. Поволжский экологический журнал, 4: 325–333.
11. Тесленок С.А., Манухов В.Ф., Тесленок К.С. 2019. Цифровое моделирование рельефа Республики Мордовия. Геодезия и картография, 80 (7): 30–38.
12. Тесленок С.А. 2014. Агроландшафтогенез в районах интенсивного хозяйственного освоения: Исследование с использованием ГИС-технологий. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 189 с.
13. Тесленок С.А., Манухов В.Ф. 2011. Информационные технологии в изучении агрландшафтогенеза. Педагогическая информатика, 1: 88–92.
14. Трапезникова О.Н. 2004. Пространственно-временной анализ организации агроландшафтов на основе дистанционных методов и ГИС-технологий (на примере южнотаежной подзоны Западного Прикамья). Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Москва, 24 с.
15. Грифонова Т.А., Прокошев В.Г., Рошин С.В., Краснощеков А.Н. 2002. ГИС-технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии. ГИС и природные ресурсы, 1 (20). https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=2527&SECTION_ID=63 (дата обращения: 13.11.2019)
16. Dore T., Makowski D., Malezieux E., Munier-Jolain N., Tchamitchian M., Titonell P. 2011. Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: revisiting methods, concepts and knowledge. European Journal of Agronomy, 34: 197–210.
17. Dumanski J., Pieri C. 2000. Land quality indicators: research plan. Agriculture, Ecosystems and Environment, 81: 93–102.
18. Stinner B.R., Lorenzoni G.G., Paoletti M.G. 1989. Agricultural ecology and the environment. Amsterdam, Elsevier Science Publishers, 636 p.
19. Wesel A., Bellon S., Dort T., Francis C., Vallon D., David C. 2009. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. Agronomy for sustainable development, 29 (4): 503–515.

References

1. Berlyat A.M. 1997. Geoinformatsionnoye kartografirovaniye [Geographic information mapping]. M, MGU, 64 p.
2. Dorohina Z.P. 2009. Otsenka i kartografirovaniye agrolandshaftov Volgogradskoy oblasti dlya zashchitnogo lesorazvedeniya [Assessment and mapping of agrarian landscapes of the Volgograd region for protective forest exploration]. Abstract. dis. ... cand. agric. sciences. Volgograd, 22 p.
3. Zubarev Yu.N., Fomin D.S., Chashchin A.N., Kolovotnova M.V. 2009. Use of unmanned aerial vehicles in agriculture. Perm Federal Research Centre Journal, 2:47–51. (in Russian)
4. Katorgin I.U. 2004. Analiz i otsenka agrolandshaftov Stavropolskogo kraya s ispolzovaniyem geoinformatsionnykh tekhnologiy [Analysis and evaluation of agrarian landscapes of Stavropol Region using geoinformation technologies]. Abstract. dis. ... cand. geogr. sciences. Stavropolye, 24 p.
5. Majitova G.Z. 2018. Geoinformation mapping of agrarian landscapes of North Kazakhstan region. Materials of the XII International Scientific Conference of Young Scientists "Innovative Development and Demand for Science in Modern Kazakhstan." Almaty: 11–16. (in Russian)
6. Olshevsky A.V. 2009. Geoinformation mapping of agrarian landscapes of the Belarusian field. Journal of the Belarusian State University. Chemistry. Biology. Geography, 2: 71–75. (in Russian)
7. Pashkov S.V., Nosonov A.M. 2019. Economical sustainability of agricultural land use in North Kazakhstan region. Geopolitics and Ecogeodynamics of regions, 5 (4): 148–157. (in Russian)
8. Perfilev S.E. 2007. Spatial organization of agrarian landscapes of southern Central Siberia (Krasnoyarsk Region). Agrarian Russian, 1: 2–6. (in Russian)



9. Perfilov S.E. 2008. Technologies of geosystem and ecological mapping of agrarian landscapes of Central Siberia (Krasnoyarsky region). *Geography and natural resources*, 3: 127–133. (in Russian)
10. Penzeva S.V., Petrishev V.P. 2008. Morphological typing of agrarian landscapes of Orenburg Underural. *Volga Ecological Journal*, 4: 325–333. (in Russian)
11. Teslenok S.A., Manukhov V.F., Teslenok K.S. 2019. Digital modeling of the relief of the Republic of Mordovia. *Geodesy and cartography*, 80 (7): 30–38. (in Russian)
12. Teslenok S.A. 2014. Agrarian landscapes genesis in areas of intensive economic development: Research using GIS technologies. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 189 p. (in Russian)
13. Teslenok S.A., Manukhov V.F. 2011. Information technology in the study of agrarian landscapes genesis. *Pedagogical informatics*, 1: 88–92. (in Russian)
14. Trapeznikova O.N. 2004. Prostranstvenno-vremennoy analiz organizatsii agrolandshaftov na osnove distantsionnykh metodov i GIS-tekhnologiy (na primere yuzhnotayezhnoy podzony Zapadnogo Prikamya) [Space and time analysis of organization of agrarian landscapes based on remote methods and GIS-technologies (on the example of southern sub-zone of Western Prikamye)]. Abstract. dis. ... cand. geog. sciences. Moscow, 24 p.
15. Trifonov T.A., Prokoshev V.G., Roschin S.V., Krasnoshchekov A.N. 2002. GIS technologies in adaptive-landscape farming. *GIS and natural resources*, 1 (20). https://www.esri-cis.ru/news/arcview/detail.php?ID=2527&SECTION_ID=63 (date of appeal: 13.11.2019) (in Russian)
16. Dore T., Makowski D., Malezieux E., Munier-Jolain N., Tchamitchian M., Tittone P. 2011. Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: revisiting methods, concepts and knowledge. *European Journal of Agronomy*, 34: 197–210.
17. Dumanski J., Pieri C. 2000. Land quality indicators: research plan. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 81: 93–102.
18. Stinner B.R., Lorenzoni G.G., Paoletti M.G. 1989. *Agricultural ecology and the environment*. Amsterdam, Elsevier Science Publishers, 636 p.
19. Wesel A., Bellon S., Dort T., Francis C., Vallon D., David C. 2009. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for sustainable development*, 29 (4): 503–515.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Мажитова Г.З., старший преподаватель кафедры географии и экологии Северо-Казахстанского государственного университета им. М.Козыбаева, г. Петропавловск, Казахстан

Пашков С.В., доцент, кандидат географических наук, декан факультета математики и естественных наук Северо-Казахстанского государственного университета им. М. Козыбаева, г. Петропавловск, Казахстан

Крыцкий С.В., директор TOO GEOSCAN-Kazakhstan, г. Петропавловск, Казахстан

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Gul'nur Z. Mazhitova, senior lecturer of the Department of geography and ecology of the North Kazakhstan State University named after M. Kozybayev, Petropavlovsk, Kazakhstan

Sergey V. Pashkov, associate Professor, candidate of geographical Sciences, Dean of the faculty of mathematics and natural Sciences of the North Kazakhstan State University named after M. Kozybayev, Petropavlovsk, Kazakhstan

Sergey V. Krytsky, director of LTD GEOSCAN-Kazakhstan, Petropavlovsk, Kazakhstan