

УДК 528.8

DOI: 10.17072/2079-7877-2021-1-162-172

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ АГРОЛАНДШАФТОВ КОЛОЧНОЙ ЛЕСОСТЕПИ НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Сергей Владимирович Пашков

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3801-6126>, Scopus Author ID: 57216759005,

Author ID: 903687

e-mail: sergp2001@mail.ru

Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева, Петропавловск, Казахстан

Гульнур Забихулаевна Мажитова

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7397-7512>, Scopus Author ID: 57199850198,

Author ID: 1071795

e-mail: mazhitova_gulnur@mail.ru

Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева, Петропавловск, Казахстан

Сергей Адамович Тесленок

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6691-3724>, Scopus Author ID: 57210827318,

Author ID: 110852

e-mail: teslserg@mail.ru

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, Саранск, Россия

Постсоветская смена социально-экономической формации и отказ от целинного холистического принципа организации земледелия и присущего ему зернового (пшеничного) инварианта, переход с экстенсивной зональной системы на адаптивно-ландшафтное и точное (прецизионное) земледелие инициировали в Казахстане поиск новых механизмов модернизации растениеводства. В первую очередь, это относится к агроландшафтам лесостепной зоны Северного Казахстана, старейшего района богарного земледелия страны. Статья посвящена актуальному направлению агроландшафтных исследований – геоинформационному агроландшафтному картографированию с использованием материалов аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов. Цель работы состоит в подготовке оптимального картографического сопровождения эффективного функционирования сельскохозяйственного производства в свете интенсификации земледелия района и исчерпания ресурсов естественного плодородия. Применены современные методы геоинформационного агроландшафтного картографирования, позволившие создать дифференцированную землеоценочную основу, показана их эффективность на примере ключевых участков. С помощью утилитарной агроэкологической типологии земель выявлены особенности ландшафтной структуры агроландшафтов колючной лесостепи и определен состав базовых геоинформационных картографических материалов для использования в точном земледелии. Сделано предположение об эвентуальной трансляции опыта агроландшафтного картографирования в других хозяйствах области в целях продуктивного агроменеджмента при внедрении элементов прецизионного земледелия.

Ключевые слова: агроландшафт, лесостепная зона, карта, картографирование, геоинформационные системы, ГИС-технологии, беспилотные летательные аппараты, Северный Казахстан.

MAPPING OF AGRICULTURAL LANDSCAPES OF THE OUTLIER FOREST-STEPPE BASED ON GEOINFORMATION TECHNOLOGIES AND REMOTE SENSING OF THE EARTH

Sergey V. Pashkov

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3801-6126>, Scopus Author ID: 57216759005,

Author ID: 903687

e-mail: sergp2001@mail.ru

North Kazakhstan University named after M. Kozymbayev, Petropavlovsk, Kazakhstan



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

Gulnur Z. MazhitovaORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7397-7512>, Scopus Author ID: 57199850198,

Author ID: 1071795

e-mail: mazhitova_gulnur@mail.ru*North Kazakhstan University named after M. Kozybayev, Petropavlovsk, Kazakhstan***Sergey A. Teslenok**ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6691-3724>, Scopus Author ID: 57210827318,

Author ID: 110852

e-mail: teslserg@mail.ru*National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev, Saransk, Russia*

The search for new mechanisms of crop growing modernization was initiated by post-Soviet change of the socio-economic formation, rejection of the virgin-land holistic principle of organizing agriculture with its wheat invariant, as well as transition from the extensive zonal system to adaptive landscape and precision agriculture. Above all, this refers to agricultural landscapes of the forest steppe zone of North Kazakhstan, which is the oldest region of the country's dryland farming. The article deals with a relevant direction of agrolandscape research – geoinformation agrolandscape mapping with the use of aerial photography materials from unmanned aerial vehicles (UAV). The aim of the work is to prepare optimal cartographic support for effective agricultural production in light of agricultural intensification in the region and depletion of natural fertility resources. Modern methods of geoinformation agrolandscape mapping have been used, their effectiveness is shown through the example of key areas. The features of the landscape structure of outlier forest steppe agrolandscapes have been identified with the help of utilitarian agroecological typology of land; the types of basic geoinformation cartographic materials to be used in precision agriculture have been defined. We consider it possible for the agrolandscape mapping experience to be extended to other farms of the region, which would ensure productive agricultural management.

Key words: agricultural landscape, forest steppe zone, map, mapping, geographic information systems, GIS technology, unmanned aerial vehicles, North Kazakhstan.

Введение

Лесостепная ландшафтная зона является одной из наиболее освоенных в сельскохозяйственном отношении. В полной мере это относится к территории Северного Казахстана – ведущего природно-хозяйственного района республики. Сельское хозяйство региона представляет одну из важнейших отраслей экономики, играя ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности Казахстана. Здесь сформировался северный (пшеничный) пояс богарного земледелия, охватывающий Костанайскую, Северо-Казахстанскую и Акмолинскую области, обеспечивающий производство 80% зерна в стране.

Учитывая это, приоритетной задачей государственной политики является повышение эффективности и обеспечение устойчивого функционирования сельскохозяйственного производства. При этом одним из важнейших аспектов современного сельскохозяйственного производства становится необходимость решения проблем оптимизации структуры землепользования, исторически сложившейся в процессе хозяйственного освоения, сохранения оптимального геоэкологического баланса средостабилизирующих и дестабилизирующих элементов в агроландшафтах, максимального учета особенностей природно-ландшафтных условий и ресурсов территории [6; 20; 26]. Решение этой проблемы невозможно без детального и комплексного изучения, картографирования и моделирования ландшафтной структуры, создания специализированных баз данных, содержащих подробную информацию об агроландшафтах, их основных компонентах, свойствах, продуктивности и других важных агроэкологических и агропроизводственных характеристиках и показателях, необходимых для сельскохозяйственной отрасли.

В настоящее время особое значение в этом направлении имеет создание и широкое применение географических информационных систем (ГИС), формирование специализированных баз данных комплексной информации об агроландшафтах, привлечение возможностей ГИС-технологий, дистанционного зондирования [3; 10; 19; 32].

Для решения задач крупномасштабного агроландшафтного геоинформационного картографирования и моделирования на уровне отдельных сельскохозяйственных предприятий и их структурных подразделений, дистанционного получения геодезической основы, создания цифровых карт

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

крупных масштабов при изучении и мониторинге небольших площадей активное применение в последнее время получила аэрофотосъемка с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [17; 18]. Однако, несмотря на достаточно активное развитие указанных технологий, определенный опыт, накопленный в этой области, требуется оптимизация подходов геоинформационного агроландшафтного картографирования с учетом региональных и местных особенностей природных и производственно-хозяйственных условий. Особую важность это приобретает относительно перехода к ландшафтно-экологической, ландшафтно-адаптивной системе земледелия, которая обеспечивает необходимые условия для экологически безопасного и экономически целесообразного использования земельных, водных и других ресурсов с целью достижения экологического равновесия в природе и получения экологически чистого сельскохозяйственного продукта.

В связи с этим актуальность проведенного исследования определяется необходимостью разработки новых подходов к автоматизированному агроландшафтному картографированию с применением ГИС-технологий и материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) на основе съемки с БПЛА.

Цель исследований заключалась в геоинформационном картографировании и пространственном анализе агроландшафтов колючей лесостепи Северо-Казахстанской области (СКО) на местном (локальном) и региональном уровнях, в том числе на основе материалов съемки с БПЛА. При этом поэтапно решались следующие задачи: анализ существующих приемов и подходов картографирования агроландшафтов, основных проблем агроландшафтного картографирования; выявление особенностей картографирования агроландшафтов в условиях лесостепной зоны; разработка подходов геоинформационного картографирования агроландшафтов лесостепной зоны СКО с учетом их природных и хозяйственных особенностей; проведение картографических и картометрических исследований агроландшафтной структуры СКО; определение эффективности применения дистанционных методов при составлении агроландшафтных карт в сравнении с наземными исследованиями и использованием космических снимков; разработка и составление серии специализированных производных карт и цифровых картографических моделей исследуемой территории.

Материалы и методы исследования

Поскольку сельскохозяйственные ландшафты занимают значительную часть территории СКО (87%), сплошное агроландшафтное исследование региона в практическом плане не представляется возможным. В связи с этим геоинформационно-картографическое изучение агроландшафтной структуры осуществлялось на ключевых участках, где и отрабатывались основные методические вопросы и апробировались дистанционные методы составления агроландшафтных карт.

Объектом исследования выступили агроландшафты южной (типичной) и колючей лесостепи на территории двух опорных участков СКО Кызылжарского и Аккайынского районов. Их агроландшафты характерны, соответственно, для южной (типичной) и колючей лесостепи и сформировались на черноземах выщелоченных среднегумусных в сочетании с лугово-черноземными почвами и черноземах обыкновенных среднегумусных, редко – солонцеватых, часто в сочетании с лугово-черноземными почвами и в комплексе с лугово-степными почвами и солодями, редко – с солонцами и солончаками.

На базе ключевых участков осуществлялись изучение, создание базы геоданных, геоинформационное картографирование агроландшафтов низших иерархических уровней, пространственный анализ и оценка их современного состояния, разработка разных вариантов агроландшафтных карт различного назначения.

Теоретико-методологической основой исследования послужили работы как отечественных, так и зарубежных ученых, посвященные вопросам геоинформационного картографирования, разработки ГИС и их приложений в сфере сельскохозяйственного производства. Теория и методы сельскохозяйственного и прикладного ландшафтного и агроландшафтного исследований и картографирования заложены и развиты в трудах В.И. Булатова (1983), А.А. Видиной (1962), К.В. Зворыкина (1984), А.Г. Исаченко (1980), В.И. Кирюшина (1996), М.И. Лопырева (2015), М.Д. Nellis (1996) и др. Методология геоинформационного картографирования представлена в исследованиях А.М. Берлянта (1997), А.Н. Бещенцева (2018) и др. Опыт геоинформационного агроландшафтного картографирования разных масштабов для различных прикладных целей рассмотрен в работах А.М. Каторгина (2004), Б.А. Краснояровой (1999), С.Е. Перфильева (2007), И.Ю. Савина (2000) и др. [3–5; 7–9; 12–15; 23; 25; 35].

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

В исследовании авторами использован полученный ранее опыт геоинформационного агроландшафтного картографирования на региональном и местном уровнях, в том числе с применением материалов и методов ДЗЗ [6; 10–12].

В методологическом отношении исследование, наряду с комплексом общегеографических методов – сравнительно-географического, полевых маршрутных наблюдений и изысканий на ключевых участках, базируется на системном подходе, методах и технологиях агроландшафтного геоинформационного картографирования, автоматизированной обработке и пространственном анализе данных ДЗЗ (космоснимков и аэрофотоснимков БПЛА).

Геоинформационное картографирование выполнялось с использованием программных средств ГИС ArcGIS 10.1 и для ERDAS Imagine.

В качестве информационной базы исследования был привлечен большой массив исходных данных из различных источников, включая литературные, фондовые, архивные материалы о природных, социально-экономических условиях района исследования; картографические материалы разных масштабов и территориальных уровней; сведения сельскохозяйственной статистики; материалы агрохимических обследований разных периодов, данные дистанционного зондирования, представленные серией многозональных разновременных космических снимков спутников Landsat 8, AQUA, KazEOSat-1, полученных с веб-сервисов Earth Explorer, Google Earth; материалы аэрофотосъемки БПЛА «Геоскан-201М»; данные и результаты полевых исследований авторов, выполненных в 2017–2019 гг.

Геоинформационное картографирование агроландшафтов заключается в автоматизированном создании их пространственных моделей на основе специализированных методов картографирования и алгоритмов, ГИС и баз данных, данных ДЗЗ и цифровых технологий. Несмотря на накопленный опыт агроландшафтных исследований и картографирования, разработка и создание агроландшафтных карт различного назначения по-прежнему остаются методологически и технологически достаточно сложными. В первую очередь, сложность агроландшафтного картографирования связана с отсутствием единого представления об агроландшафтах, их территориальной организации, границах, структуре, иерархии, критериях выделения. Кроме того, не выработаны единые нормативы полевых исследований и съемки агроландшафтов разных масштабов, отсутствует единая классификация объектов съемки – агроландшафтов определенных рангов.

Подходы и методика агроландшафтного картографирования зависят от конкретной цели, поставленных задач, используемого масштаба, материалов и ресурсов, находящихся в распоряжении исследователя. В данном исследовании выполнялись изучение и картографирование агроландшафтов на местном (локальном) и частично – региональном уровнях. Непосредственными объектами изучения, съемки и картографирования в крупном масштабе являлись сельскохозяйственные угодья (поля), полевые дороги, колки, защитные лесополосы, озера, которые выступают структурными элементами агроландшафта.

Агроландшафты рассматривались как целостные агроприродные комплексы, функционирование которых происходит в пределах единой цепи миграции вещества, энергии и информации, предназначенные для организации производства сельскохозяйственных культур. При проведении границ их контуров придерживались принципа, определяющего агроландшафт как природно-антропогенную геосистему, выделяемую по совокупности ведущих агроэкологических факторов и соответствующую агроэкологической группе земель [1].

В связи с этим один из важных этапов исследования заключается в выполнении полевых работ для получения детального представления о природных условиях и факторах формирования и функционирования агроландшафтов, ландшафтной и агроландшафтной организации территории, уточнения имеющихся исходных материалов.

Одним из основных вопросов, требующих внимательного изучения в период подготовки к картографированию агроландшафтов, является анализ устройства поверхности, характера рельефа (особенно, микрорельефа – основы для выделения границ первичных структурных элементов агроландшафтов), почвенного покрова. При этом незаменимы дистанционные методы и полученные на их базе материалы, в частности, результаты съемки с БПЛА (рис. 1).

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



Рис. 1. Фрагмент аэрофотоснимка опорного участка Кызылжарского района с БПЛА «Геоскан-201М»
 Fig. 1. A fragment of the aerial photo of the Kyzylzhar district's reference area from Geoscan-201M UAV

В особом рассмотрении нуждаются отдельные природные компоненты, так называемые средостабилизирующие экологические элементы агроландшафтов и в целом ландшафтной структуры территории (озера, лесные массивы, колки, многолетние насаждения и др.), сопутствующие, пространственно и генетически сопряженные с агроландшафтами селитебные ландшафты, а также такая неотъемлемая часть агроландшафтов, как элементы производственной инфраструктуры, входящие в блок управления агрогеосистемы. Эти компоненты в совокупности определяют особенности и специфику территориальной организации агроландшафтов исследуемой территории, которые должны обязательно учитываться при их картографировании.

Основным этапом исследования явилось создание электронной картографической основы, специализированной ГИС и формирование базы данных с тематической атрибутивной информацией, представленной разнообразными количественными и качественными показателями и характеристиками.

Построение картографической основы выполнялось посредством сканирования и оцифровки топографических карт. По космическим снимкам, результатам съемки с БПЛА и данным их дешифрирования выделялись и уточнялись границы водных объектов, колок, защитных лесных полос, населенных пунктов, дорог и других объектов, но, в первую очередь – полей, а также наличие в их пределах элементарных почвенных контуров. Созданы следующие тематические слои: административные границы, населенные пункты, дороги, водные объекты, лесные участки (колки), почвенный покров, сельскохозяйственные угодья, урожайность сельхозкультур.

Исходные данные для построения цифровых моделей рельефа разных видов могут быть получены несколькими способами [26; 28], в нашем случае, для этого применялись материалы дистанционной радарной съемки Земли (SRTM). Единая система координат и проекция всех карт электронного комплекта позволили путем оверлея тематических слоев получить комплексные карты агроэкологических групп и видов земель – элементарных ареалов агроландшафтов (относительно однородных в природном и производственном отношениях участков), каждый из которых обеспечивался базой данных их параметров.

Результаты и их обсуждение

Главной особенностью пространственного расположения агроландшафтов лесостепной зоны СКО является чередование сельскохозяйственных угодий с лесными участками (колками). На основе геопространственного анализа агроландшафтной структуры территории опорных участков выделены два вида агроландшафтов – лесополевой мелкоконтурный и лесокочечно-полевой. Первый характерен для южной (типичной), второй – кочечной лесостепи.

Лесополевой мелкоконтурный агроландшафт характеризуется преобладанием площади лесных участков и колок (до 50%) над сельхозугодьями. Рельеф территории преимущественно плоский, слабоволнистый, с преобладанием практически горизонтальных или субгоризонтальных поверхностей с уклоном менее 1°. В почвенном покрове, наряду с черноземами выщелоченными, широко развиты лугово-черноземные, луговые местами заболоченные почвы. Поля небольшие по размерам, контуры их границ повторяют очертания расположенных рядом лесов, колок, озер. Продолжительность вегетационного периода составляет 125–130 дней.

При продвижении на юг в пределах кочечной лесостепи в структуре агроландшафтов отмечается постепенное сокращение площади лесов и колок (порядка 20%), характерно преобладание сельхозугодий и укрупнение размеров контуров полей (рис. 2). Более типичен плоский, мелкозападинный рельеф с незначительными, до 1–1,5°, уклонами. Почвенный покров представлен черноземами обыкновенными, лугово-черноземными почвами. Длительность вегетационного периода увеличивается до 130–135 дней.

На рис. 2 представлена карта агроуручищ территории Аккайынского района. В пределах данного административного района выделены 18 агроуручищ. Здесь представлены: западинно-котловинные

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

сенокосные суходольные однолетних и многолетних трав (суданская трава, люцерна) (6,0 ц/га) с отдельными контурами пахотных угодий среднеспелых и среднеранних зерновых (13,8 ц/га) на черноземах обыкновенных местами солонцеватых (урочище – 2); полого-плоские пахотные сплошные крупно контурные среднеранних и среднеспелых зерновых (13,8 ц/га), масличных культур на черноземах обыкновенных суглинистых (урочище – 4); мелко-западинные пахотные среднеспелых и среднеранних зерновых (14,2 ц/га), бобовых культур, картофеля на черноземах обыкновенных суглинистых и лугово-черноземными почвами по западинам (урочище – 13); древнедолинно-котловинные сенокосные периодического сенокосения (4,2 ц/га) с грудницево-типчаковой, полынно-типчаковой, растительностью на луговых и лугово-степных солончаковатых солонцах (урочище – 16) и другие агроурочища.

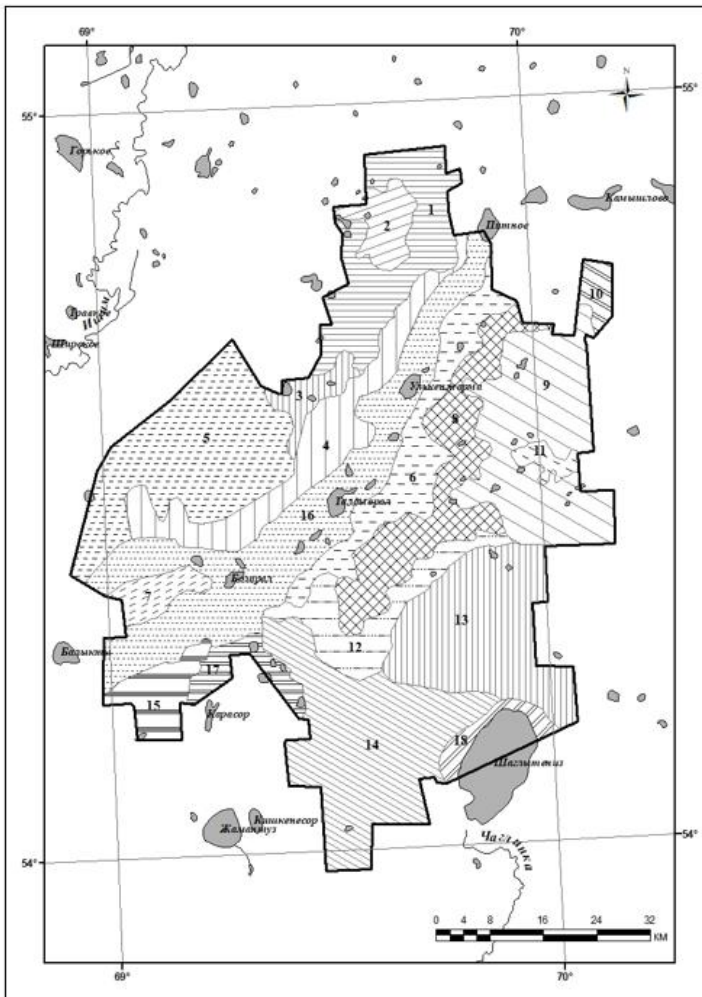


Рис. 2. Агроурочища территории опорного участка 2 (Аккайынский район) (фрагмент легенды представлен в тексте)

Fig. 2. Agricultural natural complexes of the reference area 2 (Akkaiynsky district) (a fragment of the legend is presented in the text)

Агрорландшафты колочной лесостепи характеризуются отсутствием или слабым проявлением процессов ветровой эрозии и значительного переноса снега в зимний период. Однако высокая лесистость территории, близкое расположение полей к границам лесных участков и колос вызывают определенные затруднения для техники при проведении агротехнических мероприятий и повышают экологическую опасность применения химических средств защиты культурных растений. Это определяет необходимость более широкого маневрирования применяемыми агроприемами.

Все полученные данные были включены в состав ГИС с многослойной структурой электронной карты опорных участков с выделением сельскохозяйственных угодий и полей севооборотов на единой картографической основе и атрибутивной базой данных. В последней интегрирована разноплановая информация о ландшафтных условиях и специфике сельскохозяйственного производства (геоинформационно-картографические материалы, данные дистанционного зондирования, статистическая информация).

Благодаря средствам ГИС-анализа имеется возможность выполнять различные запросы к созданной базе данных, формировать выборки, отчеты и статистические справки, производить аналитические работы различной степени

сложности. Накопление данных с конкретной временной привязкой обеспечивает ретроспективный анализ информации.

Такая информация открывает неограниченные возможности анализа, моделирования и прогноза. Возможности ГИС позволяют при запросах визуализировать необходимую информацию базы данных и создавать различные тематические карты сельхозпредприятий в целом, их структурных производственных подразделений, отдельных полей, севооборотных участков [26; 29]. Средства экранной навигации и трехмерной графики наглядно представляют необходимую информацию в наиболее удобной форме и формате [24; 31].

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

Геоинформационно-картографические материалы являются базовыми для составления отраслевых карт: земельного кадастра, почвенных и геоботанических обследований, мелиораций, кормовой базы, сельскохозяйственного районирования, оперативных технологических карт, вегетативных индексов культур и др. [32]. Например, электронная карта полей содержит информацию для принятия управленческих решений по оптимальной организации сельхозугодий с учетом внутри- и межландшафтных взаимосвязей, эффективному размещению возделываемых культур, формированию системы адаптивного ландшафтного земледелия, адресному применению технологий прецизионного (точного или координатного) земледелия [2; 26; 27]. Логическим завершением блока тематических карт могут выступать серии средне- и мелкомасштабных карт, отражающих основные тенденции развития сельского хозяйства, которые сейчас выражаются в изменении специализации, деконцентрации производства и резком снижении товарности производства.

Кроме того, разработанная ГИС может быть дополнена подпрограммой и встроенным блоком мониторинга сельскохозяйственной техники на основе технологий глобального позиционирования, что позволит обеспечить автоматизированный сбор сведений о месте, времени и объемах проведенных агротехнических мероприятиях и оценить качество выполненных работ.

ГИС является источником информационного обеспечения процесса управления сельскохозяйственным предприятием и принятия обоснованных и эффективных управленческих решений с учетом природных и производственно-экономических факторов [25; 26; 30]. Полученные картографические и фактографические материалы могут быть использованы для эффективной организации и оптимизации сельскохозяйственного природопользования, внутрихозяйственного и межхозяйственного землеустройства. ГИС незаменима в агротехнологическом планировании и определении оптимальных сроков, объемов и технологий работ, эффективной структуры посевных площадей и севооборотов, осуществлении сравнительного анализа фактических и потенциальных возможностей и результатов производственно-хозяйственной деятельности (наличия и потребности в земельных ресурсах, кадрах, технике и оборудовании, элементах социальной и производственной инфраструктуры), их текущей и потенциальной эффективности [3].

Данные дистанционного зондирования и специализированной агроландшафтной ГИС – важный источник пространственной информации для изучения процессов агроландшафтогенеза – сельскохозяйственного освоения территории, его динамики, моделирования и прогнозирования хода агрогенной трансформации природных ландшафтов [11; 18; 21–23; 26; 27; 33].

Перспективное направление применения ГИС, геоинформационных технологий и материалов дистанционного зондирования в растениеводстве – внедрение и развитие систем прецизионного и адаптивно-ландшафтного земледелия, обеспечивающих максимально полный учет пространственной изменчивости характеристик рельефа, почвенного покрова, режима увлажнения и других показателей, определяющих формирование и получение устойчивых урожаев возделываемых культур [2; 12; 29; 31; 32].

В животноводстве ГИС и данные дистанционного зондирования могут найти применение в проектировании его развития, прежде всего, – решении вопросов, связанных с территориальной организацией пастбищ и оптимизацией пастбищеоборотов.

Геоинформационные и дистанционные технологии могут использоваться и для решения широкого круга социальных, экологических, экономических и других прикладных задач [26; 34]. Их привлечение возможно для геоинформационно-картографического обеспечения в строительстве, при обосновании планирования, сооружения и развития дорожной сети, проектировании и размещении инженерных объектов, организации и проведении мониторинга почв и анализе выявленных изменений их свойств, выявления фактов и районов проявления негативных (в т.ч. антропогенно стимулированных) экзодинамических и геоэкологических процессов, решения большого числа других сопутствующих проблем, разработки комплекса превентивных и снижающих негативный эффект мероприятий.

Таким образом, создается база для формирования и принятия оптимальных, эффективных, своевременных и продуктивных управленческих решений руководством предприятия или его структурных подразделений.

Заключение

В результате проведенных исследований усовершенствованы подходы и методы геоинформационного агроландшафтного картографирования на основе использования ГИС,

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

геоинформационных и дистанционных технологий, включая материалы аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов, применительно к ландшафтным условиям подзон колючей и южной лесостепи Северного Казахстана на примере двух опорных участков.

ГИС локального и регионального уровней с их базами данных могут стать важной составной частью инфраструктуры пространственных данных агропромышленного комплекса региона, а полученные на этой основе электронные карты – использоваться для организации и осуществления дальнейших комплексных агроландшафтных исследований.

Полученные результаты могут служить методической основой для создания прикладных специализированных ГИС хозяйств и районов СКО, так как предложенная схема их разработки и практической реализации является типовой и обобщенной, и при необходимости, в зависимости от целей и задач использования, ландшафтно-экологической и экономической специфики, может быть достаточно легко дополнена и скорректирована.

Библиографический список

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: методическое руководство / под ред. В.И. Кирюшина, А.Л. Иванова М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 784 с.
2. Баденко В.В., Латышев Н.К., Слинчук, С.Г. Особенности геоинформационного обеспечения технологий точного земледелия // Геоматика. 2009. №4. С. 53–58.
3. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 64 с.
4. Бешенцев А.Н. Научные основы информационной концепции картографического метода исследования // Вестник СГУГиТ. 2018. № 1(23), С. 85–110.
5. Булатов В.И. О ландшафтно-географическом обеспечении аграрного природопользования // География и природные ресурсы. 1983. № 3. С. 35–39.
6. Булыгин С.Ю., Ачасов А.Б., Лисецкий Ф.Н. Использование интегрального анализа данных дистанционного зондирования и цифровых моделей рельефа при картографировании почвенного покрова черноземной зоны // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2012. Т. 21. № 21 (140). С. 143–153.
7. Видина А.А. Методические указания по полевым крупномасштабным ландшафтным исследованиям (для целей сельскохозяйственного производства в средней полосе Русской равнины). М.: Изд-во Моск. ун-та, 1962. 120 с.
8. Зворыкин К.В. Агрогеографическое изучение земельных ресурсов // Вопросы географии. Природные комплексы и сельское хозяйство. 1984. № 124. С. 11–24.
9. Исаченко А.Г. Методы прикладных ландшафтных исследований. Л.: Наука, 1980. 222 с.
10. Казанцева Л.Г., Жданов С.А. Этапы агроландшафтного проектирования на территории Алтайского края с использованием ГИС // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2006. №2(22). С. 35–38.
11. 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.
12. Каторгин И.Ю. Анализ и оценка агроландшафтов Ставропольского края с использованием геоинформационных технологий: дис. ... канд. геогр. наук. Ставрополь, 2004. 167 с.
13. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. М.: Колос, 1996. 367 с.
14. Красноярова Б.А. Территориальная организация аграрного природопользования Алтайского края. Новосибирск: Наука, 1999. 161 с.
15. Лопырев М.И., Недикова Е.В., Харитонов А.А. Агроландшафт как фактор устойчивости землепользования и землеустройства // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015. №4–2 (47). С. 179–183.
16. Мажитова Г.З., Джаналеева К.М., Кабиев Е.С. Methodological approaches and principles for identification and mapping of agrolandscapes of the Republic of Kazakhstan // Вестник КазННТУ им. К. Сатпаева. 2018. №6 (130). С. 14–21.
17. Мажитова Г.З., Паиков С.В., Крыцкий С.В. Совершенствование методики крупномасштабного агроландшафтного картографирования на основе применения геоинформационных технологий и беспилотных летательных аппаратов // Региональные геосистемы. 2020. Т. 44. №1. С. 64–74. doi: 10.18413/2712-7443-2020-44-1-64-74.
18. Мажитова Г.З., Паиков С.В., Крыцкий С.В. Опыт применения БПЛА для геоинформационного обеспечения агроландшафтного картографирования // Цифровая география: мат. Всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием. Пермь: Изд-во Перм. гос. ун-та, 2020. С. 115–118.
19. Мелентьева А.А., Затолокина Н.М. Применение ГИС-технологий в сельском хозяйстве // Вектор ГеоНаук. 2018. №1 (2). С. 79–86.

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

20. Пашков С.В. Ландшафтно-экологические основы земельной освоенности территории Северо-Казахстанской области // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2019. Т.43. №4. С. 400–411. doi: 10.18413/2075-4671-2019-43-4-400-411.
21. 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.
22. Пензева С.В., Петрищев В.П. Морфологическая типизация агроландшафтов Оренбургского Подуралья // Поволжский экологический журнал. 2008. №4. С. 325–333.
23. Перфильев С.Е. Пространственная организация агроландшафтов юга Центральной Сибири (Красноярский край) // Аграрная Россия. 2007. №1. С. 2–6.
24. Понькина Е.В. Геоинформационные технологии в сельскохозяйственном производстве. Барнаул: Изд-во Алтайского университета, 2005. 226 с.
25. Савин И.Ю., Федорова Е.Г. Геоинформационный анализ ресурсного потенциала земель для сельскохозяйственных целей // Современные проблемы почвоведения. М., 2000. С. 173–185.
26. Тесленок С.А. Агроландшафтогенез в районах интенсивного хозяйственного освоения: Исследование с использованием ГИС-технологий. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 189 с.
27. Тесленок С.А., Манухов В.Ф. Информационные технологии в изучении агроландшафтогенеза // Педагогическая информатика. 2011. №1. С. 88–92.
28. Тесленок С.А., Манухов В.Ф., Тесленок К.С. Цифровое моделирование рельефа Республики Мордовия // Геодезия и картография. 2019. №80 (7). С. 30–38. doi: 10.22389/0016-7126-2019-949-7-31-38.
29. Трифонова Т.А., Прокошев В.Г., Роцин С.В., Краснощеклов А.Н. ГИС-технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии // ГИС и природные ресурсы. 2002. №1 (20). URL: <https://arcreview.esri-cis.ru/2002/03/15/gis-adaptive-landscape-agriculture/> (дата обращения: 25.11.2020)
30. Черкашин, А.К., Китов А.Д., Бычков И.В. и др. Геоинформационная система управления территорией. Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2002. 151 с.
31. Шинкаренко, С.С., Бодрова, В.Н., Сидорова, Н.В. Опыт использования геоинформационных технологий при реализации точного земледелия в Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2018. №2 (103). С. 41–43.
32. Якушев, В.П., Конев, А.В., Якушев, В.В. Геоинформационное обеспечение прецизионных экспериментов в земледелии // Геоинформатика. 2015. №3. С. 96–101.
33. Barnes E.M., Moran M.S., Pinter P.J., Clark, T.R. 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. 1996. pp. 843–854.
34. Hubert B. Wert der Geo-Information fuer Versicherungen // Geographic Information System. 2000. №13(3). pp. 13–15.
35. Nellis M., Price K., Egbert S., Wu, J. Natural resource capability of CRP lands as grasslands in southwest Kansas: A remote sensing and GIS perspective. Geocarto International. 1996. №11(3). pp. 23–28.

References

1. Kiryushin, V.I., Ivanov, A.L. (ed) (2005), *Agroekologicheskaya ocenka zemel', proektirovanie adaptivno-landshaftnyh system zemledeliya i agrotekhnologij: metodicheskoe rukovodstvo* [Agro-ecological assessment of land, design of adaptive landscape farming systems and agro-technologies: methodological guidelines], FGNU «Rosinformagrotekh», Moscow, Russia.
2. Badenko, V.V., Latyshev, N.K., Slinchuk, S.G. (2009), “Features of geoinformation support of precision farming technologies”, *Geomatika*, no. 4, pp. 53–58.
3. Berlyant, A.M. (1997), *Geoinformacionnoe kartografirovaniye* [Geoinformation mapping], Izd-vo MGU, Moscow, Russia.
4. Beshencev, A.N. (2018), “Scientific basis of the information concept cartographic research method“, *Vestnik SGUGiT*, vol. 23, no. 1, pp. 85–110.
5. Bulatov, V.I. (1983), “About landscape and geographical support of agricultural nature management”, *Geografija i prirodnye resursy*, no. 3. pp. 35–39.
6. Bulygin, S.Ju., Achasov, A.B., Liseckij, F.N. (2012), “The use of an integral analysis of remote sensing data and digital elevation models in mapping the soil cover of the Chernozem zone”, *Nauchnye ведомости Белгородского государственного университета. Serija: Estestvennye nauki*, vol. 21, no. 21 (140), pp. 143–153.
7. Vidina, A.A. (1962), *Metodicheskie ukazaniya po polevym krupnomasshtabnym landshaftnym issledovaniyam (dlja celej sel'skohozjajstvennogo proizvodstva v srednej polose Russkoj ravniny)* [Methodological guidelines for large-scale field landscape research (for agricultural production in the middle zone of the Russian Plain)], Izd-vo MGU, Moscow, Russia.
8. Zvorykin, K.V. (1984), “Agrological-geographical study of land resources”, *Voprosy geografii. Prirodnye komplekсы i sel'skoe hozjajstvo*, no. 124, pp 11–24.

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

9. Isachenko, A.G. (1980), *Metody prikladnyh landshaftnyh issledovaniy* [Methods of practical landscape research], Nauka, Leningrad, Russia.
10. 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.
11. 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. Serija Estestvennye nauki*, vol. 25, no. 24(167), pp. 157–161.
12. Katorgin, I.Yu. (2004), “Analysis and assessment of agro-landscapes of the Stavropol Territory using geoinformation technologies”, Abstract of Ph.D. dissertation, *Geographical Sciences*, Stavropol', Russia.
13. Kirjushin, V.I. (1996), *Jekologicheskie osnovy zemledelija* [Ecological basis of agriculture], Kolos, Moscow, Russia.
14. Krasnojaraova, B.A. (1999), *Territorial'naja organizacija agrarnogo prirodopol'zovanija Altajskogo kraja* [Territorial organization of agricultural nature management of the Altai region], Nauka, Novosibirsk, Russia.
15. Lopyrev, M.I., Nedikova, E.V., Haritonov, A.A. (2015), “Agrolandshaft as factor of stability of land use and land management”, *Messenger of the Voronezh agricultural university*, no. 4–2 (47), pp. 179–183.
16. Mazhitova, G.Z., Dzhanaaleeva, K.M., Kabiev, E.S. (2018), “Methodological approaches and principles for identification and mapping of agrolandscapes of the Republic of Kazakhstan”, *Vestnik KazNITU im. K. Satpaeva*, no. 6 (130), pp. 14–21.
17. 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.
18. Mazhitova, G.Z., Pashkov, S.V., Kryckij, S.V. (2020), “Experience of UAV Application for Geoinformation Support of Agrolandshade Mapping”, *Cifrovaja geografija: materialy vseross. nauch.-prakt. konf. s mezhd. Uchastiem* [Digital geography: proceedings of the All-Russian scientific-practical conference with international participation], Perm State University, Perm, Russia, pp.115–118.
19. Melent'eva, A.A., Zatulokina, N.M. (2018), “Application of GIS technologies in agriculture”, *Vektor GeoNauk*, no. 1 (2), pp. 79–86.
20. Pashkov, S.V. (2019), “Landscape and ecological basics of agricultural development of the territory of the North Kazakhstan region”, *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Estestvennye nauki*, vol. 43, no. 4, pp. 400–411. doi: 10.18413/2075-4671-2019-43-4-400-411.
21. 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.
22. Penzeva, S.V., Petrishchev, V.P. (2008), “Morphological typification of agrolandscapes in the Orenburg Podural”, *Volga. eco journals*, no. 4, pp. 325–333.
23. Perfil'ev, S.E. (2007), “Spatial organization of agrolandscapes in the south of Central Siberia (Krasnoyarsk Territory)”, *Agrarnaya Rossiya*, no. 1, pp. 2–6.
24. Pon'kina, E.V. (2005), *Geoinformacionnye tekhnologii v sel'skohozyajstvennom proizvodstve* [Geoinformation technologies in agricultural production], Izd-vo Altajskogo un-ta, Barnaul, Russia.
25. Savin, I.Yu., Fedorova, E.G. (2000), “Geoinformation analysis of land resource potential for agricultural purposes”, *Sovremennye problem pochvovedeniya*, pp. 173–185.
26. Teslenok, S.A. (2014), *Agrolandshaftogenez v rajonah intensivnogo hozjajstvennogo osvoeniya: Issledovanie s ispol'zovaniem GIS-tekhnologij* [Agrolandscape Genesis in Areas of Intensive Economic Development: A Study Using GIS Technologies], LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken.
27. Teslenok, S.A., Manuhov, V.F. (2011), “Information technologies in study of agrolandscape genesis”, *Pedagogicheskaya informatika*, no. 1, pp. 88–92.
28. 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.
29. Trifonova, T.A., Prokoshev, V.G., Roshchin S.V., Krasnoshchekov, A.N. (2002), “GIS technologies in adaptive landscape farming”, *GIS i prirodnyeresursy*, no. 1 (20), available at: <https://arcreview.esri-cis.ru/2002/03/15/gis-adaptive-landscape-agriculture/> (Accessed 25 November, 2020).
30. 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.
31. Shinkarenko, S.S., Bodrova, V.N., Sidorova, N.V. (2018), “Experience of using geoinformation technologies in precision agriculture in the Volgograd region”, *Nauchno-agronomicheskij zhurnal*, no. 2 (103), pp. 41–43.
32. Yakushev, V.P., Konev, A.V., Yakushev, V.V. (2015), “Geoinformation support for precision experiments in agriculture”, *Geoinformatika*, no. 3, pp. 96–101.

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

33. 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.

34. Hubert, B. (2000), Wert der Geo-Information fuer Versicherungen, *Geographic Information System*, no. 13 (3), pp. 13–15.

35. Nellis, M., Price, K., Egbert, S., Wu, J. (1996), "Natural resource capability of CRP lands as grasslands in southwest Kansas: A remote sensing and GIS perspective", *Geocarto International*, no. 11 (3), pp. 23–28.

Поступила в редакцию: 07.12.2020.

Сведения об авторах

Сергей Владимирович Пашков

кандидат географических наук, доцент, декан факультета математики и естественных наук, Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева;
 150000, Казахстан, Петропавловск, ул. Пушкина, 86

e-mail: sergp2001@mail.ru

Гульнур Забихулаевна Мажитова

старший преподаватель, кафедра географии и экологии, Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева;
 150000, Казахстан, Петропавловск, ул. Пушкина, 86

e-mail: mazhitova_gulnur@mail.ru

Сергей Адамович Тесленок

кандидат географических наук, доцент, кафедра геодезии, картографии и геоинформатики, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева;
 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, 68

e-mail: teslserg@mail.ru

About the authors

Sergey V. Pashkov

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

Gulnur Z. Mazhitova

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

Sergey A. Teslenok

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Geodesy, Cartography and Geoinformatics, Ogarev Mordovia State University;

68, Bolshevistskaya st., Saransk, 430005, Russia

Пробьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

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.

Please cite this article in English as:

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.