



УДК 631.471

DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.34.82>

Применение ГИС-технологий и аэрофотосъемки для геоинформационного картографирования и моделирования рельефа агроландшафтов

С. В. Пашков, Г. З. Мажитова

*Северо-Казахстанский университет им. Манаши Козыбаева,
г. Петропавловск, Казахстан*

Аннотация. Статья посвящена одному из актуальных прикладных направлений агроландшафтных исследований – геоинформационному картографированию, разработке карт и моделей рельефа сельскохозяйственных территорий. Приводятся результаты работ по крупномасштабному геоинформационному картографированию и моделированию рельефа агроландшафтов старейшего района богарного земледелия Казахстана – Северо-Казахстанской области с использованием методов и данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий. Исследования выполнялись на местном уровне на примере сельскохозяйственного угодья, расположенного на севере региона в пределах лесостепного пахотного мелкоконтурного агроландшафта. Геоинформационное картографирование и моделирование рельефа исследуемого участка проведено на основе материалов аэрофотосъемки с беспилотного летательного аппарата «Геоскан» в ГИС ArcGIS 10.1 (ESRI Inc.). По результатам исследования подготовлены электронная векторная основа и специализированные атрибутивные данные ключевого участка в ГИС-среде, цифровая модель рельефа, выполнены пространственный анализ и моделирование геоморфологического устройства поверхности пашенного выдела. Актуальность работе придает значительная агрогенная трансформация рельефа взятого локалитета за почти 270-летнюю историю земледелия. Разработана серия карт основных характеристик и морфометрических показателей рельефа, важных с позиций интенсификации растениеводства области путем развития точного (прецизионного) земледелия.

Ключевые слова: агроландшафт, беспилотный летательный аппарат, геоинформационная система, картографирование, рельеф.

Для цитирования: 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. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.34.82>

Введение

Устройство поверхности, исходный рельеф, а также его производные формы антропогенного генезиса оказывают значительное воздействие на сельскохозяйственное освоение территории, специфику организации и развития аграрного производства. Характер рельефа определяет многие параметры и свойства компонентов и условий природной среды, важные для сельского хозяйства. В частности, рельеф влияет на интенсивность освеще-

ния и прогревания поверхности, термический, ветровой режимы, распределение осадков и увлажнение (влагообеспечение), почвообразование, миграцию вещества и т. п. Такие характеристики рельефа, как расчлененность, уклон, крутизна и форма склонов, обуславливают возможность возникновения и развития эрозионных процессов. От рельефа косвенно зависят выбор сельскохозяйственных культур, технологии обработки почв, организация почвозащитных и противоэрозионных мероприятий. Мезо- и микрорельеф вносит существенное своеобразие во весь комплекс местных природных условий, оказывает сильное влияние на формирование микроклимата, влечет за собой проявление комплексности и мозаичности почвенного и растительного покрова, обуславливает разнообразие и сложность морфологической структуры ландшафтов [Исаченко, 1991; Кирюшин, 1996]. Тем самым морфометрические характеристики рельефа могут выступать в качестве индикатора экологически значимых компонентов природных комплексов. Являясь важным компонентом агроландшафтов, рельеф определяет их пространственную структуру, конфигурацию и характер границ. По основным характеристикам рельефа осуществляется выделение агрогеосистем [Лопырев, 1995; 2004; Перфильев, 2007; Пензева, Петрищев, 2008]. Выявление закономерностей пространственной изменчивости в зависимости от форм рельефа и других типов неоднородностей подстилающей поверхности дает возможность провести детальную пространственную оценку элементов агроландшафта [Андреянов, 2011]. В целом значение рельефа как природного компонента и фактора для сельскохозяйственного производства огромно. В связи с этим в агроландшафтных исследованиях все большее внимание уделяется изучению геоморфологического устройства поверхности территории и его картографированию.

Сельское хозяйство требует более подробных сведений о рельефе, различных по масштабности и детальности картографических материалов и моделей устройства поверхности. Кроме пространственного отображения объектов местности, для агропроизводства во многих случаях большое значение имеет детальная информация о рельефе сельскохозяйственных угодий, полей, их отдельных участков [Тесленок, Манухов, Тесленок, 2019; Рыжакова, 2016]. Однако далеко не все сельхозпроизводители обеспечены необходимыми планово-картографическими материалами с отметками высот и горизонталей, уклона поверхности, экспозиции и другими важными с точки зрения агропроизводства характеристиками рельефа территории.

В настоящее время для изучения, картографирования рельефа, разработки геоморфологических карт и других видов картографических произведений, наряду с традиционными методами и источниками, достаточно широко используются данные дистанционного зондирования (ДДЗ), разномасштабные аэро- и космические снимки, ГИС-технологии. Важно отметить, что указанные методы и технологии применяются не только для получения, обработки и анализа пространственной информации, проектирования и создания различных карт и моделей, но и позволяют оптимизировать и повысить качество выполняемых исследований [Берлянт, 1997].

В работе представлены результаты геоинформационного картографирования и моделирования рельефа агроландшафтов с применением методов и материалов ДДЗ в ГИС-среде.

Материалы и методы исследования

Исследование основано на принципах изучения и комплексной характеристики природных условий сельскохозяйственных территорий Казахстана, включая содержание и результаты геоморфологических исследований и картографирования рельефа [Природное районирование ... , 1960; Чупахин, 1970]. Особое внимание уделено изучению работ отечественных и зарубежных ученых, в которых представлен опыт и результаты геоинформационного картографирования сельскохозяйственных земель, агроландшафтов, различные аспекты применения ГИС для целей сельского хозяйства. Среди них следует отметить труды: А. М. Берлянта [1997], Ф. Н. Лисецкого [2000], И. К. Лурье [2010], В. А. Николаева [1999], С. А. Тесленка [2014], Н. Г. Ивлиевой, В. Ф. Манухова [2015; 2017], С. Е. Перфильева [2007], М. D. Nellis [Natural resource capability ... , 1996] и др.

В качестве исходных привлечены литературные, опубликованные и фондовые материалы. Важным источником информации послужили картографические данные географического и геоморфологического содержания. Информация геоморфологического содержания была получена на основе картометрического анализа топографических, геоморфологических и специальных тематических карт (гипсометрическая, расчлененности рельефа, уклона поверхности и др.) [Национальный атлас..., 2006; Атлас Северного Казахстана, 1970]. На основе данных опорных карт выполнялось предварительное изучение устройства поверхности исследуемого района. В работе использовались космические снимки web-сервиса Google-Earth. Основным исходным материалом в исследовании послужила серия аэрофотоснимков, полученных с беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Съемка участка производилась ТОО GEOSCAN-Kazakhstan аэрофотосъемочным комплексом «Геоскан-201М» Агро/Геодезия. Характеристики съемки: высота 280 м, видимый диапазон 5 см/пиксель, мультиспектральный 13 см/пиксель. Геоинформационные данные о характере рельефа получены в ходе полевых исследований 2018–2020 гг.

В работе использованы методы комплексных физико-географических полевых исследований, сравнительно-географический, дистанционного зондирования с применением БПЛА, геоинформационного картографирования и моделирования. Обработка материалов, геоинформационное картографирование выполнялось в программном пакете ArcGIS 10.1 (ESRI Inc.).

Апробация возможностей применения ГИС и материалов аэрофотосъемки с БПЛА для геоинформационного картографирования и моделирования рельефа агроландшафтов выполнялась на ключевом (тестовом) участке.

Исследуемый участок располагается на крайнем севере Казахстана в пределах левобережной части долины р. Ишим. В административно-территориальном отношении рассматриваемая территория находится в гра-

ницах Вагулинского сельского округа Кызылжарского района Северо-Казахстанской области (СКО), в 1 км к северо-западу от с. Соколовка. Общая площадь исследуемой территории составила 3,5 га. Рассматриваемый район является наиболее староосвоенным в сельскохозяйственном плане в Казахстане (история земледелия насчитывает без малого 270 лет) и относится к южнолесостепному пахотному мелкоконтурному типу агроландшафтов с преобладанием зерновых культур (среднеранних – среднеспелых) и естественных кормовых угодий вокруг озерных котловин. Детальное изучение, геоинформационное картографирование и моделирование рельефа агроландшафта выполнялось на примере отдельного сельскохозяйственного угодья – поля, используемого под пашню.

В ходе работы на первом этапе осуществлены сбор, систематизация и анализ исходных данных, организованы полевые ландшафтно-географические исследования на ключевом участке. Проведены полновесный морфометрический анализ рельефа, полевое геоморфологическое картирование и профилирование. Важной задачей исследования являлась обработка полученных материалов аэрофотосъемки с БПЛА в ГИС-среде [Мажитова, Пашков, Крыцкий, 2020]. Основным звеном геоинформационного картографирования стала разработка цифровой модели рельефа (ЦМР), которая послужила базой для разработки и составления тематических карт рельефа исследуемой территории. На базе материалов аэрофотосъемки получены ортофотоплан ключевого участка, матрицы высот местности. По данным материалам создана ЦМР исследуемого участка, карта пластики рельефа, 3D-модель. Разработка ЦМР выполнялась средствами стандартного инструментария и модулей Spatial Analyst, 3D Analyst. Конечный результат геоинформационного картографирования и моделирования рельефа заключался в составлении тематических электронных карт, отражающих основные характеристики рельефа и особенности геоморфологического устройства изучаемой территории.

Самостоятельной задачей исследования являлось создание специализированной геоинформационной системы, ориентированной на применение современных информационных технологий для картографирования и пространственного анализа рельефа сельскохозяйственных угодий. В процессе работы по ее созданию осуществлена векторизация объектов исследуемой местности, выделены границы ключевого участка, создана электронная картографическая основа, сформированы специализированные атрибутивные данные. В ГИС обобщены пространственные и атрибутивные данные о геоморфологическом устройстве исследуемого участка. Каждая характеристика рельефа представлена отдельным векторным слоем.

Результаты исследования и обсуждение

На основе материалов съемки с БПЛА разработаны картографические модели рельефа исследуемого участка и создана база данных в ГИС-среде.

В настоящее время ГИС-технологии предоставляют широкие возможности для определения основных морфометрических показателей рельефа, а также обеспечивают необходимую точность и объективность их пространственного анализа [Канатьева, Лисецкий, Украинский, 2013].

В ГИС на основе ЦМР возможно проводить различные виды геоморфологического и морфометрического анализа территории, получать гипсометрические профили заданного участка, разрабатывать различные оценочные и тематические карты, геоинформационно-картографические модели морфометрических показателей рельефа, имеющих важное значение в сельскохозяйственном производстве. С помощью разработанных карт можно получить большой объем необходимой информации о рельефе. Используя данные карты, можно измерить уклоны поверхности, определить основные структурные линии, гипсометрические уровни, крутизну, экспозицию и форму склонов, горизонтальное и вертикальное расчленение, количество поступающей солнечной энергии и др. [Тесленок, 2011; Рыжаков, 2016; Тесленок, Манухов, Тесленок, 2019].

Впоследствии материалы исследования будут востребованы для развития и совершенствования элементов системы точного (прецизионного) земледелия, получающего все большее распространение в СКО и являющегося на данное время основным драйвером роста продукции земледелия и АПК (агропромышленный комплекс) в целом, что подтверждают многочисленные исследования [Multispectral remote sensing ..., 1996; GIS for Agriculture, 2009; Tsouros, Bibi, Sarigiannidis, 2019], а также чрезвычайно полезны при планировании сельскохозяйственного землепользования [Chelaru, Ursu, Mihai, 2011].

Результатом гидрологического анализа ЦМР могут стать модели поверхностного стока, оконтуривания сети тальвегов и водосборных бассейнов, общий рисунок эрозионной сети, бессточных областей, карты водотоков, индекса сходимости (конвергенции) и др. Наряду с этим возможно определение различных показателей миграции вещества и энергии в твердом и жидком состоянии – комплексных индексов, отражающих перераспределение твердого и жидкого стока, следовательно, потенциала площадной и линейной эрозии и др. [Тесленок, 2011; Канатьева, Лисецкий, Украинский, 2013; Тесленок, Манухов, Тесленок, 2019; Ryan, Boyd, 2003]. Тем самым ЦМР позволяет выполнить детальный анализ рельефа, определить характер и особенности устройства поверхности.

По материалам аэрофотосъемки ГИС позволяет осуществлять моделирование проявления процессов, связанных с сельскохозяйственной деятельностью, таких как эрозия, заболачивание, уплотнение почв и др. [Мальцев, Голосов, Гафуров, 2018]. Прежде всего это касается предупреждения эвентуальных эрозионных проявлений: дефляции и водной (а именно овражной) эрозии, до недавнего времени имевших широкое распространение в пашенных геосистемах левобережной части области и являвшихся предметом исследования [Пашков, Тайжанова, 2016].

На рис. 1 представлена карта рельефа исследуемого участка.

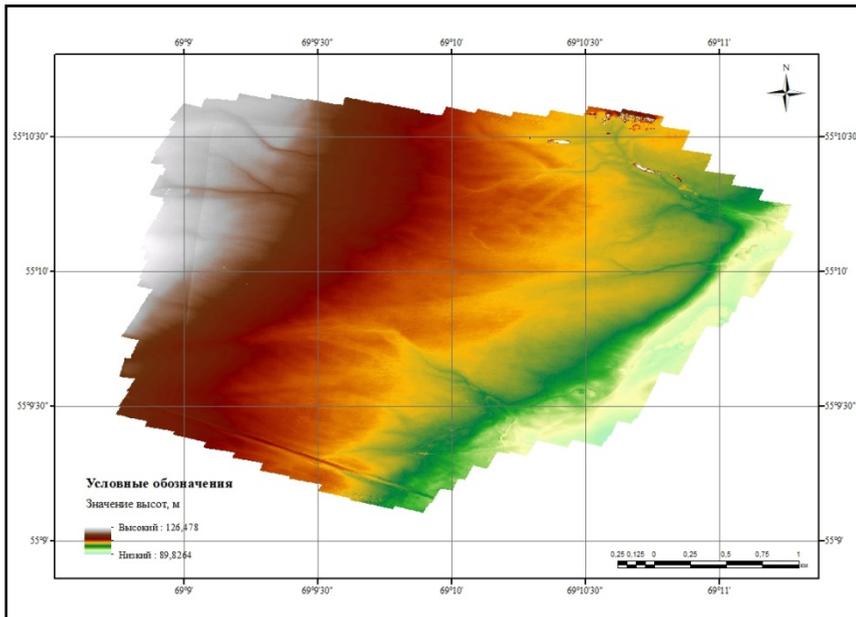


Рис. 1. Карта рельефа в спектре высот поверхности

В ГИС на базе разработанной ЦМР построен ряд тематических карт, отражающих особенности устройства поверхности и основные характеристики рельефа исследуемого участка. Точки с одинаковыми высотами были объединены в изолинии. Такая карта позволила получить более детальные данные о характере устройства поверхности участка, определить амплитуду, характер перепада высот, общий уклон поверхности, направление поверхностного стока (рис. 2).

На основе ЦМР и матрицы высот разработана карта экспозиции склонов (рис. 3) сельскохозяйственного угодья. По этой карте можно определить характер освещения и прогревания поверхности поля, перераспределения света и тепла, выделить участки с более благоприятным световым, термическим режимом.

В процессе работы выделены контуры форм микрорельефа, тальвегов, выполнено моделирование временных водотоков и направления поверхностного стока (рис. 4, 5). Данные карты позволяют определить возможность и степень подверженности сельскохозяйственного угодья водной эрозии, выявить признаки проявления водно-эрозионных процессов.

Морфометрический анализ исследуемого участка показал, что, несмотря на небольшую площадь, устройство его поверхности неоднородно. Высота поверхности ключевого участка колеблется в пределах 89,8–126,4 м, амплитуда высот составляет 36,6 м. Рассматриваемый участок имеет небольшой уклон в юго-восточном направлении, к расположенному вблизи оз. Лебяжье. В этом же направлении прослеживается рисунок контуров временных водотоков. Данные сведения могут быть использованы для изучения поверхностного стока, определения характера миграции химических элементов и других геохимических параметров данного типа агроландшафтов.

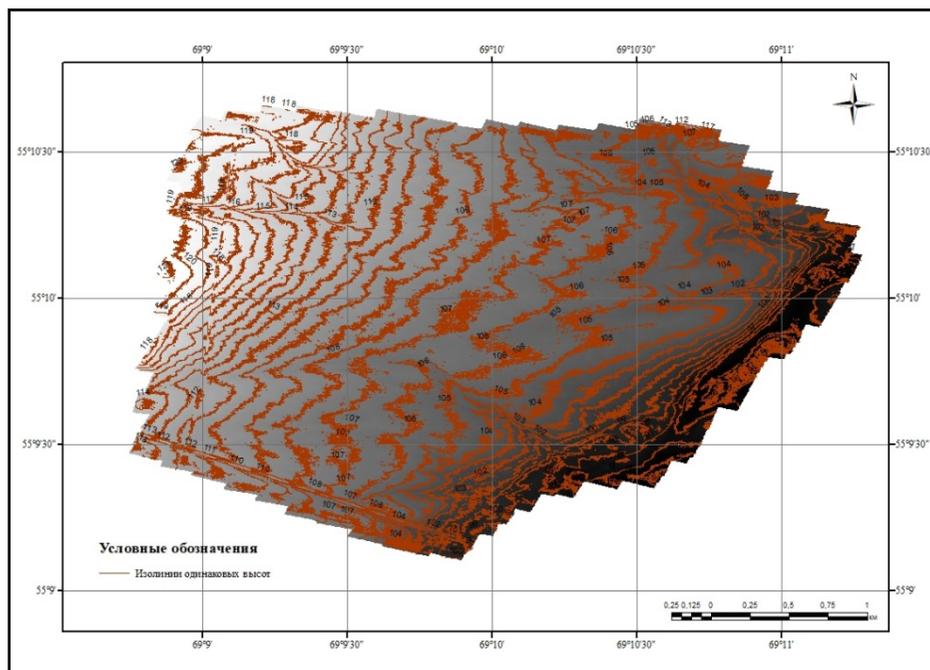


Рис. 2. Карта изолиний высот

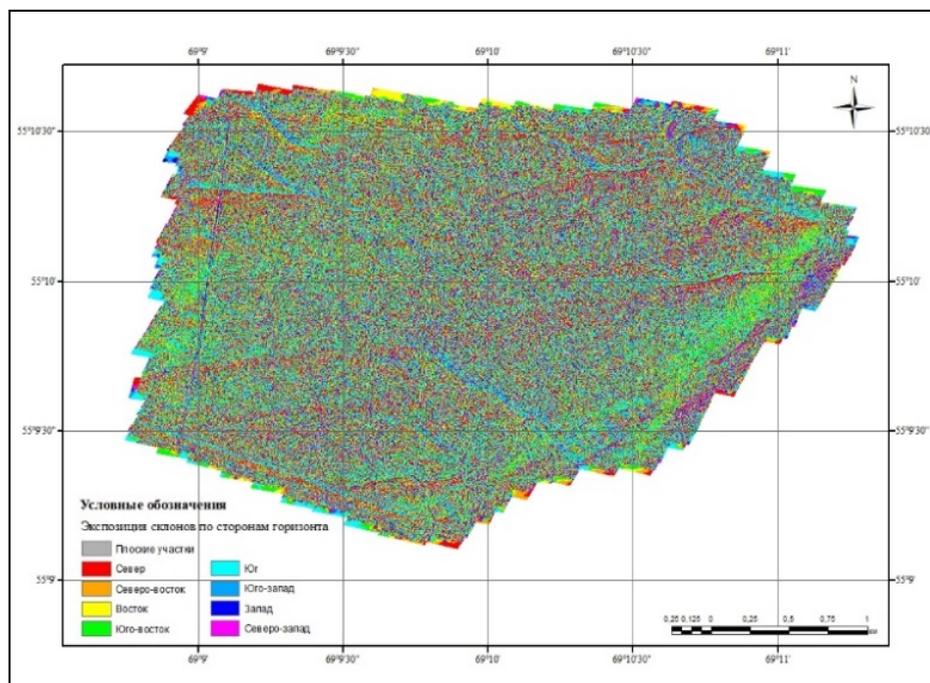


Рис. 3. Карта экспозиции склонов

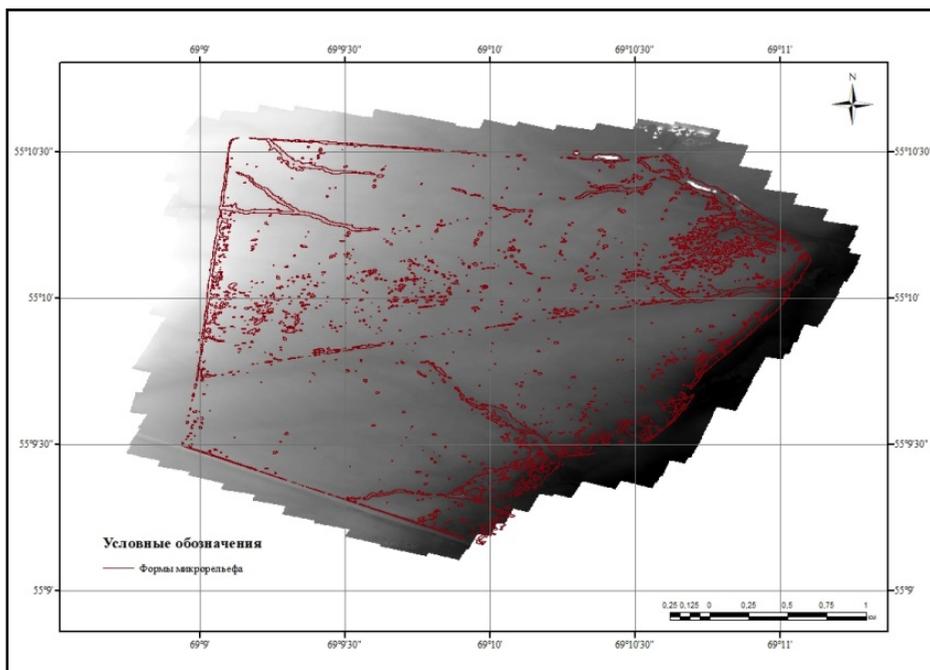


Рис. 4. Формы микрорельефа

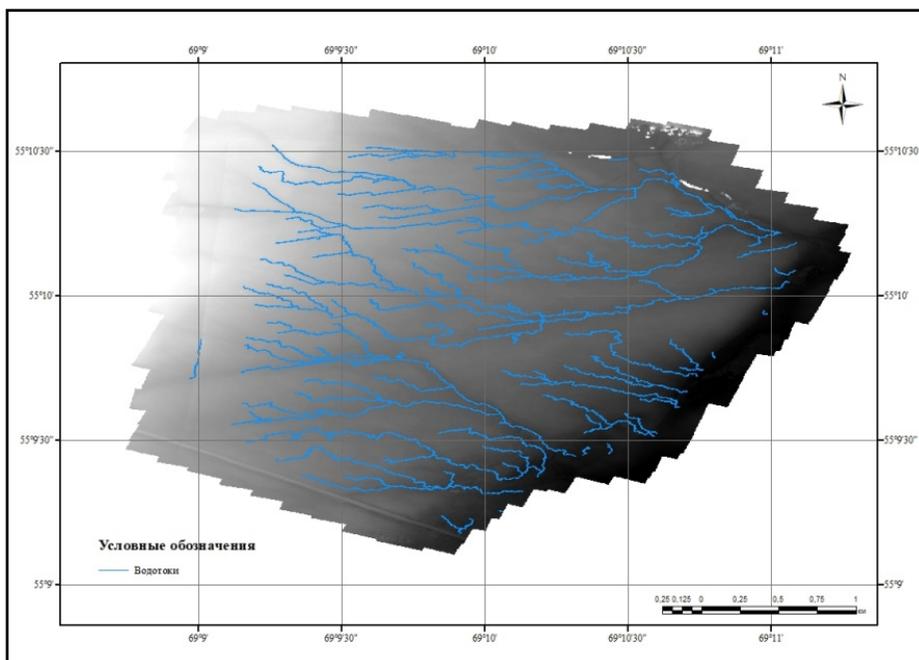


Рис. 5. Моделирование водотоков

Материалы аэрофотосъемки позволили выделить на исследуемом участке формы и элементы микрорельефа. Главным образом это линейные формы микрорельефа современного эрозионного происхождения с пологими склонами, слабыми или невыраженными бровками, мягко сливающимися с уровнем поверхности. Последние представлены временными водотоками, струйчатыми размывами, мелкими промоинами, образовавшимися в результате стекания дождевых и талых вод. Склоны микроформ рельефа в преобладающем большинстве имеют юго-восточную экспозицию. Это позволяет сделать вывод о достаточно благоприятных условиях освещения и прогревания почвы в пределах рассматриваемого участка. Кроме того, благодаря высокой детальности аэрофотоснимков достаточно отчетливо на них выделяются сохраняющиеся борозды и микропонижения – следы прежней обработки почворазрушающей сельскохозяйственной техникой и формирования нано- и микрорельефа агрогенного или природно-агрогенного генезиса, что соответствует данным ранее опубликованных работ [Пашков, 2020].

Следует отметить, что возросший в последнее время интерес к геоинформационному картографированию и моделированию рельефа агроландшафтов обусловлен острой необходимостью развития и внедрения современных направлений ресурсосберегающего земледелия, к числу которых относится точное (прецизионное) земледелие. В основе системы точного земледелия лежит использование детальных карт полей со всеми агропроизводственными характеристиками, необходимыми для возделывания сельскохозяйственных культур. Среди взаимодополняемых природных параметров, которые учитываются в точном земледелии, особое внимание уделяется особенностям устройства поверхности. Поэтому для внедрения и эффективного применения элементов точного земледелия определяющее значение имеет качественная и количественная информация о рельефе агроландшафтов и конкретных пашенных выделов в частности.

Заключение

В результате выполненных исследований на примере ключевого участка для СКО разработана и апробирована методика крупномасштабного геоинформационного картографирования и моделирования рельефа агроландшафтов в ГИС-среде на основе материалов аэрофотосъемки с БПЛА. Составлен алгоритм работ, начиная с полевых исследований, завершая разработкой тематических карт и морфометрическим анализом рельефа и характера устройства поверхности исследуемого участка.

Проведенные исследования позволяют заключить, что для изучения рельефа наряду с традиционными методами и источниками, такими как топографические карты, карты покровно залегающих четвертичных отложений, геологические карты, данные бурения, важным источником информации служат материалы дистанционного зондирования, разномасштабные аэро- и космические снимки.

Обширность сельскохозяйственных угодий доказывает, что применение методов дистанционного зондирования Земли является на данный мо-

мент приоритетным для развития картографирования агроландшафтов. В условиях необходимости обеспечения регулярного мониторинга данные аэрофотосъемки с БПЛА становятся практически безальтернативным источником геопространственной информации. Кроме того, важным преимуществом съемки с БПЛА также выступают оперативность, объективность и независимость получаемой информации.

Полученные данные могут послужить основой для изучения и прогнозирования проявления водно-эрозионных процессов на сельскохозяйственном угодье, позволят своевременно разработать и организовать противоэрозионные мероприятия. Предложенная методика геоинформационного картографирования рельефа агроландшафтов на местном (локальном) уровне может быть экстраполирована для дальнейших агроландшафтных исследований в свете цифровизации АПК области.

Список литературы

- Андреев Д. Ю.* Цифровая модель рельефа как основа для оценки пространственной неоднородности территории агроландшафта // Геоинформационное картографирование в регионах России : материалы III Всерос. науч.-практ. конф. Воронеж, 2011. С. 9–11. Атлас Северного Казахстана. М. : ГУГК, 1970. 208 с.
- Берлянт А. М.* Геоинформационное картографирование. М. : МГУ, 1997. 64 с.
- Ивлиева Н. Г., Манухов В. Ф.* К вопросу построения картографических изображений на основе визуализации атрибутивных данных в ГИС // Геодезия и картография. 2015. № 1. С. 31–38.
- Ивлиева Н. Г., Манухов В. Ф.* ГИС-технологии в курсе математической картографии // Геодезия и картография. 2017. № 3. С. 30–35.
- Исаченко А. Г.* Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М. : Высшая школа, 1991. 366 с.
- Канатыева Н. П., Лисецкий Ф. Н., Украинский П. А.* Применение геоинформационного картографирования для оценки агроландшафтов Северного Приволжья // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2013. № 24 (167). Вып. 25. С. 157–161.
- Кирюшин В. И.* Экологические основы земледелия. М. : Колос, 1996. 368 с.
- Лисецкий Ф. Н.* Пространственно-временная организация агроландшафтов. Белгород : Изд-во БелГУ, 2000. 304 с.
- Лопырев М. И.* Основы агроландшафтоведения : учеб. пособие. Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1995. 184 с.
- Лопырев М. И.* Экологизация земледелия на ландшафтной основе: опыт и способы решения. Воронеж : Полиарт, 2004. 128 с.
- Лурье И. К.* Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков. М. : КДУ, 2010. 424 с.
- Мажитова Г. З., Паишова С. В., Крыцкий С. В.* Совершенствование методики крупномасштабного агроландшафтного картографирования на основе применения геоинформационных технологий и беспилотных летательных аппаратов // Региональные геосистемы. 2020. № 44 (1). С. 64–74.
- Мальцев К. А., Голосов В. Н., Гафуров А. М.* Цифровые модели рельефа и их использование в расчетах темпов смыва почв на пахотных землях // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. 2018. Т. 160, кн. 3. С. 514–530.
- Национальный атлас Республики Казахстан. Т. 1. Алматы, 2006. 125 с.
- Николаев В. А.* Ландшафты азиатских степей. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1999. 288 с.

Пашков С. В. Смена трендов антропоморфогенеза староосвоенных районов (на примере Северо-Казахстанской области) // Региональные геосистемы. 2020. № 44 (2). С. 164–175. <https://doi.org/10.18413/2712-7443-2020-44-2-164-175>

Пашков С. В., Тайжанова М. М. Детерминанты овражной эрозии в Северном Казахстане // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2016. № 4. С. 50–63.

Пензева С. В., Петрищев В. П. Морфологическая типизация агроландшафтов Оренбургского Подуралья // Поволжский экологический журнал. 2008. № 4. С. 325–333.

Перфильев С. Е. Пространственная организация агроландшафтов юга Центральной Сибири (Красноярский край) // Аграрная Россия. 2007. № 1. С. 1–9.

Природное районирование Северного Казахстана. М. ; Л. : АН СССР, 1960. 468 с.

Рыжаков А. Н. Сравнительный анализ цифровых моделей рельефа, созданных на основе данных радарной и геодезической съемок // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 3. С. 18–23.

Тесленок С. А. Агроландшафтогенез в районах интенсивного хозяйственного освоения: Исследование с использованием ГИС-технологий : монография. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2014. 189 с.

Тесленок С. А., Манухов В. Ф. Информационные технологии в изучении агроландшафтогенеза // Педагогическая информатика. 2011. № 1. С. 88–92.

Тесленок С. А., Манухов В. Ф., Тесленок К. С. Цифровое моделирование рельефа Республики Мордовия // Геодезия и картография. 2019. № 80(7). С. 30–38. <https://doi.org/10.22389/0016-7126-2019-949-7-30-38>.

Чупахин В. М. Природное районирование Казахстана (для целей сельского хозяйства). Алма-Ата : Наука, 1970. 260 с.

Chelaru D., Ursu A., Mihai F. C. The analysis of agricultural landscape change using GIS techniques // Lucrãritiiniific Seria Agronomie, Case study. 2011. Vol. 54, N 1. P. 73–76.

GIS for Agriculture (GIS best Practices). Redlands, 2009. 31 p.

Multispectral remote sensing and site specific agriculture: examples of current technology and future possibilities / E. M. Barnes, M. S. Moran, P. J. Pinter, T. R. Clark // Proc. of 3rd Int. Conf. on Precision Agriculture. Minneapolis, Minnesota, ASA, 1996. P. 843–854.

Natural resource capability of CRP lands as grasslands in southwest Kansas: A remote sensing and GIS perspective / M. D. Nellis, K. Price, S. Egbert, J. Wu // GeocartoInternational. 1996. Vol. 11, N 3. P. 23–28.

Ryan C., Boyd M. CatchmentSIM: a new GIS tool for topographic geo-computation and hydrologic modelling // Proc. 28th Int. Hydrol. Water Resour. Symp., Wollongong, 10-14 Nov. 2003. Barton : Institution of Engineers Australia, 2003. Vol. 1. P. 35–42.

Tsouros D. C., Bibi S., Sarigiannidis P. G. A Review on UAV-Based Applications for Precision Agriculture // Information. 2019. N 10. P. 349. <https://doi.org/10.3390/info10110349>.

Application of GIS Technologies and Aerial Photography for Geoinformation Mapping and Modelling of Relief of Agroland Landscapes

S. V. Pashkov, G. Z. Mazhitova

Manash Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan

Abstract. The article is devoted to one of the topical applied areas of agrarian landscape research – geoinformation mapping, the development of maps and models of the topography of agricultural areas. The authors demonstrate results of works on large-scale geoinformation

mapping and modeling of the topography of the oldest region of bogharic agriculture of Kazakhstan – North Kazakhstan region using methods and materials of remote sensing data and GIS technologies. The main source material in the study was a series of aerial photographs obtained from an unmanned aerial vehicle (UAV). The site of photographing was carried out by GEOSCAN-Kazakhstan LLP with using the Geoscan-201M Agro/Geodesy aerial photography complex. Characteristics of photographing: height – 280 m, visible range – 5 cm/pixel, multispectral – 13 cm/pixel. Geoinformation data on the nature of the relief were obtained during field studies in 2018-2020. Studies were carried out at the local level on the example of agricultural area located in the north of the region within the forest and steppe arable small-circuit agrarian landscape. Based on the results of the study, an electronic vector basis and specialized attribute data of the key area in the GIS environment, a digital relief model were prepared, spatial analysis and modeling of the geomorphological device of the arable surface were performed. The importance of the work is given by a significant agrogenic transformation of the relief of the definite locality during the almost 270-year history of agriculture. A series of maps of the main characteristics and morphometric indicators of the relief, significant from the point of view of crop production intensification and the development of accurate (precision) agriculture of the region, has been worked out. As a result of the study, the methodology of large-scale geoinformation mapping and modeling of the terrain of agrolandscapes in the GIS environment based on aerial photographs from UAVs was developed and tested. The algorithm of work has been compiled, starting from field studies, completing with the development of thematic maps and morphometric analysis of the relief and nature of the surface structure of the studied area.

Keywords: agrolandscape, unmanned aerial vehicle, geographic information system, mapping, relief.

For citation: Pashkov S.V., Mazhitova G.Z. 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*, 2020, vol. 34, pp. 82-95. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.34.82> (in Russian)

References

- Andrejanov D.Ju. Cifrovaja model' rel'efa kak osnova dlja ocenki prostranstvennoj neodnorodnosti territorii agrolandshafta. *Geoinformacionnoe kartografirovanie v regionah Rossii* [Geoinformation mapping in the regions of Russia. Proc. of the 3rd All-Russ. Sci. and Pract. Conf.]. Voronezh, 2011, pp. 9–11. (in Russian)
- Atlas Severnogo Kazahstana* [Atlas of North Kazakhstan]. Moscow, GUGK Publ., 1970, 208 p. (in Russian)
- Berljant A.M. *Geoinformacionnoe kartografirovanie* [Geographic information mapping]. Moscow, MGU Publ., 1997, 64 p. (in Russian)
- Ivlieva N.G., Manuhov V.F. K voprosu postroenija kartograficheskikh izobrazhenij na osnove vizualizacii atributivnyh dannyh v GIS [The problem of constructing cartographic images through visualization attribute data in GIS]. *Geodesy and Cartography*, 2015, no. 1, pp. 31-38. (in Russian)
- Ivlieva N.G., Manuhov V.F. GIS-tehnologii v kurse matematicheskoy kartografii [GIS technologies in course of mathematical cartography]. *Geodesy and Cartography*, 2017, no. 3, pp. 30-35. (in Russian)
- Isachenko A.G. *Landshaftovedenie i fiziko-geograficheskoe rajonirovanie* [Landscape science and physical and geographical zoning]. Moscow, Vysshaja shkola Publ., 1991, 366 p. (in Russian)
- Kanat'eva N.P., F.N. Liseckij F.N., Ukrainskij P.A. Primenenie geoinformacionnogo kartografirovanija dlja ocenki agrolandshaftov Severnogo Privolzh'ja [Application of geoinformation mapping for assessing the condition of agrolandscapes in the Northern Volga region]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija Estestvennye nauki*, 2013, vol. 25, no. 24 (167), pp. 157-161. (in Russian)

Kirjushin V.I. *Jekologicheskie osnovy zemledelija* [Ecological fundamentals of agriculture.]. Moscow, Kolos Publ., 1996, 367 p. (in Russian)

Liseckij F.N. *Prostranstvenno-vremennaya organizaciya agrolandshaftov* [Spatial-temporal organization of landscapes]. Belgorod, BelGU Publ., 2000, 304 p. (in Russian)

Lopyrev M.I. *Osnovy agrolandshaftovedeniya* [Fundamentals of agricultural landscape art: Proc. Allowance]. Voronezh, Voronezh Univ. Publ., 1995, 184 p. (in Russian)

Lopyrev M.I. *Jekologizacija zemledelija na landshaftnoj osnove: opyt i sposoby reshenija* [Greening of agriculture on landscape basis: experience and solutions]. Voronezh, Poliart Publ., 2004, 128 p. (in Russian)

Lurye I.K. *Geoinformacionnoe kartografirovanie. Metody geoinformatiki i cifrovoj obrabotki kosmicheskikh snimkov* [Geoinformational mapping. Methods of geoinformatics and digital processing of space pictures]. Moscow, KDU Publ., 2010, 424 p. (in Russian)

Mazhitova G.Z., Pashkov S.V., Kryckij S.V. Sovershenstvovanie metodiki krupnomasshtabnogo agrolandshaftnogo kartografirovaniya na osnove primeneniya geoinformacionnyh tehnologij i bespilotnyh letatel'nyh apparatov [Improvement of the methodology of large-scale agrarian landscape mapping based on UAV application]. *Regionalnye geosistemy*, 2020, vol. 44, no. 1, pp. 64-74. <https://doi.org/10.18413/2712-7443-2020-44-1-64-74>. (in Russian)

Mal'cev K.A., Golosov V.N., Gafurov A.M. Cifrovye modeli rel'efa i ih ispol'zovanie v raschetah tempov smyva pochv na pahotnyh zemljah [Digital elevation models and their use for assessing soil erosion rates on arable lands]. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2018, vol. 160, no. 3, pp. 514-530. (in Russian)

Nacionalnyj atlas Respubliki Kazahstan [National atlas of the Republic of Kazakhstan]. Vol. 1. Almaty, 2006, 125 p. (in Russian)

Nikolaev V.A. *Landshafty aziatskih stepej* [Landscapes of Asian steppes], Moscow, Moscow Univ. Publ., 1999, 288 p. (in Russian)

Pashkov S.V. Smena trendov antropomorfogeneza staroosvoennyh rajonov (na primere Severo-Kazahstanskoy oblasti) [Change of anthropomorphogenesis trends in the old developed areas (on the example of North Kazakhstan region)]. *Regionalnye geosistemy*, 2020, vol. 44, no. 2, pp. 164-175. <https://doi.org/10.18413/2712-7443-2020-44-2-164-175>. (in Russian)

Pashkov S.V., Tajzhanova M.M. Determinanty ovrazhnoj jerozii v Severnom Kazahstane [The determinants of ravine erosion in the Northern Kazakhstan]. *Proceedings of the Tula States University-sciences of Earth*, 2016, no. 4, pp. 50-63. (in Russian)

Penzeva S.V., Petrishhev V.P. Morfologicheskaja tipizacija agrolandshaftov Orenburgskogo Podural'ja [Morphological typification of agrolandscapes of the Orenburg Suburalsia]. *Volga. eco journals*, 2008, no. 4, pp. 325-333. (in Russian)

Perfil'ev S.E. Prostranstvennaja organizacija agrolandshaftov juga Central'noj Sibiri (Krasnojarskij kraj) [Spatial organization of agricultural landscapes in the south of Central Siberia (Krasnojarskij Kraj)]. *Agrarnaja Rossija*, 2007, no. 1, pp. 1-9. (in Russian)

Prirodnoe rajonirovanie Severnogo Kazahstana [Natural zoning of Northern Kazakhstan]. Moscow, Leningrad, AN SSSR Publ., 1960, 468 p. (in Russian)

Ryzhakov A.N. Sravnitel'nyj analiz cifrovych modelej rel'efa, sozdannyh na osnove dannyh radarnoj i geodezicheskoj s'emok [Comparative analysis of digital terrain models created on the basis of radar and geodetic survey data]. *Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zemledelija*, 2016, no. 3, pp. 18-23. (in Russian)

Teslenok S.A. *Agrolandshaftogenez v rajonah intensivnogo hozjajstvennogo osvoenija: Issledovanie s ispol'zovaniem GIS-tehnologij* [Agrolandshaftogenez in areas of intensive economic development: A study by using GIS technology], monografija, Saarbrücken, LAP Lambert Academic Publ., 2014, 189 p. (in Russian)

Teslenok S.A., Manuhov V.F. Informacionnye tehnologii v izuchenii agrolandshaftogenez [Information technology in the study of agrarian landscapesgenesis]. *Pedagogicheskaja informatika*, 2011, no. 1, pp. 88-92. (in Russian)

Teslenok S.A., Manuhov V.F., Teslenok K.S. Cifrovoe modelirovanie rel'efa Respubliki Mordovija [Digital elevation modeling of the Republic of Mordovia]. *Geodesy and Cartog-*

raphy, 2019, vol. 80, no. 7, pp. 30-38. <https://doi.org/10.22389/0016-7126-2019-949-7-30-38>. (in Russian)

Chupahin V.M. *Prirodnoe rajonirovanie Kazahstana (dlja celej sel'skogo hozjajstva)* [Natural zoning of Kazakhstan (for agricultural purposes)]. Alma-Ata, Nauka Publ., 1970, 260 p. (in Russian)

Chelaru D., Ursu A., Mihai F.C. The analysis of agricultural landscape change using GIS techniques. *Lucrăritiinifice Seria Agronomie, Case study*. Podoleni, Romania, 2011, vol. 54, no. 1, pp. 73-76.

GIS for Agriculture (GIS best Practices). Redlands, 2009, 31 p.

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. *Proc. of 3rd Int. Conf. on Precision Agriculture*. Minneapolis, Minnesota, ASA, 1996, pp. 843–854.

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

Ryan C., Boyd M. CatchmentSIM: a new GIS tool for topographic geo-computation and hydrologic modelling. *Proc. 28th Int. Hydrol. Water Resour. Symp., Wollongong, 10-14 Nov. 2003*. Barton, Institution of Engineers Australia, 2003, vol. 1, pp. 35-42.

Tsouros D.C., Bibi S., Sarigiannidis P.G. A Review on UAV-Based Applications for Precision Agriculture. *Information*, 2019, no. 10, p. 349. <https://doi.org/10.3390/info10110349>

Пашков Сергей Владимирович

кандидат географических наук, декан,
факультет математики
и естественных наук

Северо-Казakhstanский университет
им. Манаша Козыбаева
Казахстан, 150000, г. Петропавловск,
ул. Пушкина, 86
e-mail: sergp2001@mail.ru

Pashkov Sergej Vladimirovich

Candidate of Sciences (Geography),
Dean, Faculty of Mathematics and Natural
Sciences

Kozybayev North Kazakhstan University
86, Pushkin st., Petropavlovsk, 150000,
Kazakhstan
e-mail: sergp2001@mail.ru

Мажитова Гульнур Забихулаевна

старший преподаватель
Северо-Казakhstanский университет
им. Манаша Козыбаева
Казахстан, 150000 г. Петропавловск,
ул. Пушкина, 86
e-mail: mazhitova_gulnur@mail.ru

Mazhitova Gul'nur Zabihulaevna

Senior Lecturer
Kozybayev North Kazakhstan University
86, Pushkin st., Petropavlovsk, 150000,
Kazakhstan
e-mail: mazhitova_gulnur@mail.ru