

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЦИФРОВАЯ ГЕОГРАФИЯ

Материалы Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием

16–18 сентября 2020 г., г. Пермь

Том I

Цифровые и геоинформационные технологии в изучении природных
процессов, экологии, природопользовании и гидрометеорологии



Пермь 2020

УДК 911.3/3:528.9
ББК 28.5+26.1
Ц752

Ц752 Цифровая география : материалы Всерос. науч.-практ. конференции с междунар. участием (г. Пермь, 16–18 сентября 2020 г.) : в 2 т. Т. 1 : Цифровые и геоинформационные технологии в изучении природных процессов, экологии, природопользования и гидрометеорологии / научные редакторы С. В. Пьянков, С. А. Бузмаков, Н. А. Калинин, Н. Н. Назаров, С. В. Копытов ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Пермь, 2020. – 477 с.: ил.

ISBN 978-5-7944-3504-7
ISBN 978-5-7944-3505-4 (Т. 1)

Рассматриваются вопросы использования данных дистанционного зондирования Земли при изучении различных природных процессов, объектов и явлений; теоретические и методические аспекты геоинформационного обеспечения и инфраструктуры пространственных данных при решении задач устойчивого развития и рационального природопользования. Особое внимание уделено решению водно-экологических, геоморфологических, метеорологических проблем, опыту разработки веб-картографических сервисов.

Конференция посвящена 65-летию географического факультета Пермского университета и 100-летию со дня рождения первого декана – профессора Б.А. Чазова.

УДК 911.2/3: 528.9
ББК 28.5+26.1

Digital geography: proceedings of the All-Russian scientific-practical conference with international participation (Perm, September, 16–18, 2020): in 2 vols. Vol.1: Digital and GIS-technologies in the study of natural processes, ecology, nature management and hydrometeorology / Scientific editors S.V. Pyankov, S.A. Buzmakov, N.A. Kalinin, N.N. Nazarov, S.V. Kopytov; Perm State University. – Perm, 2020. – 477 pp.: ill.

There are considered the questions of use of remote sensing data in the study of various natural processes, objects and phenomena; theoretical and methodical aspects of geoinformation support and spatial data infrastructure in solving problems of sustainable development and rational nature management. Particular attention is paid to the solution of water-ecological, geomorphological, meteorological problems, the experience of developing web cartographic services.

The conference is dedicated to the 65th anniversary of the Faculty of Geography of Perm State University and the 100th anniversary of the birth of the first dean, Professor B.A. Chazov.

Печатается по решению оргкомитета конференции

*Мероприятие проводится при финансовой поддержке РФФИ,
проект № 20-05-20035*

Научные редакторы:
С.В. Пьянков, С.А. Бузмаков, Н.А. Калинин, Н.Н. Назаров, С.В. Копытов

ISBN 978-5-7944-3504-7 © ПГНИУ, 2020
ISBN 978-5-7944-3505-4 (Т. 1)

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ И СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ КЛАССИЧЕСКОЙ КАРТОГРАФИИ

УДК 528.94

Р.К. Абдуллин, А.В. Тарасов, gis@psu.ru
*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
г. Пермь, Россия*

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО АТЛАСА ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА УРАЛА

В статье представлена информационная основа, структура и функциональные возможности атласной информационной системы (АИС) изменений климата Урала. Она представляет собой электронный атлас с расширенными функциями визуализации и анализа данных. Интерфейс АИС организован в виде картографического веб-приложения. Информационная основа АИС включает в себя различные источники данных, такие как многолетние наблюдения на метеорологических станциях, проект WorldClim 2.0, база данных нарушений лесного покрова от ветровалов и пожаров, полученная по данным космической съемки, данные об опасных явлениях погоды с метеостанций.

Ключевые слова: электронный атлас, атласная информационная система, изменение климата, картографический веб-сервис.

R. Abdullin, A. Tarasov, gis@psu.ru
Perm State University, Perm, Russia

THE DEVELOPMENT OF THE DIGITAL ATLAS OF CLIMATE CHANGE IN THE URAL REGION

The article presents the information basis, structure and functionality of the atlas information system (AIS) of climate change in the Ural region. The atlas information system (AIS) is a digital atlas with enhanced visualization and data analysis functionality. AIS is published as a cartographic web application. The information base of the AIS includes various data sources, such as long-term observations at weather stations, WorldClim 2.0 project, database of forest cover disturbances caused by windthrows and fires obtained from space imagery and hazardous weather data from meteorological stations.

Keywords: digital atlas, atlas information system, climate change, web mapping service.

Изменения климата и их негативные последствия считаются одной из современных глобальных проблем человечества, поэтому важность их исследования на различных уровнях территориального охвата не вызывает сомнений. Одним из эффективных методов изучения изменений климата и их динамики является атласное картографирование.

В настоящее время подходы и требования к созданию климатических атласов несколько изменились, что связано с развитием ГИС-технологий, появлением

новых источников информации (например, данных реанализа) и расширением возможности оперативной актуализации климатических карт. Кроме того, получили развитие различные формы электронных атласов, среди которых наиболее совершенной формой являются атласные информационные системы (АИС), представляющие собой интерактивные электронные атласы с расширенными функциональными возможностями [3]. Для обеспечения открытого доступа и удобства работы, АИС часто создаются в виде

a non-stationary source in the boundary layer of the atmosphere at the local level is described, taking into account the roughness, temperature inhomogeneity and humidity of the underlying surface.. The possibility of creating local monitoring systems for bioaerosols based on the developed model

is evaluated. Numerical simulation of the transport of micromycete spores was carried out with and without consideration of their reproduction, taking into account local air movement that occurs due to its temperature inhomogeneity.

Библиографический список

1. *Алоян А.Е.* Динамика и кинематика газовых примесей и аэрозолей в атмосфере. М.: ИВМ РАН, 2002. 201 с.

2. *Аристов С.Н., Шварц К.Г.* Вихревые течения в тонких слоях жидкости. Киров: ВятГУ, 2011. 207с.

3. *Марчук Г.И.* Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. М.: Наука, 1982. 320с.

4. *Шварц К.Г., Шварц Ю.А., Шкляев В.А.* Двумерная модель мезомасштабных процессов в нижнем слое атмосферы с учетом неоднородности температуры и влажности воздуха // Вычислительная механика сплошных сред, 2015. Т. 8. № 1. С. 5-15.

5. *Шварц К.Г., Шкляев В.А.* Методические подходы к созданию системы локального расчетного мониторинга атмосферных биоаэрозолей // Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края: Сб. науч. тр. Пермь: Изд-во ПГНИУ, 2013. № 6. С. 56-60.

6. *Шварц К.Г., Шкляев В.А.* Математическое моделирование мезомасштабных и крупномасштабных процессов переноса примеси в бароклинной атмосфере / К. Г. Шварц, В. А. Шкляев; Перм.ун-т. М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2015. 156 с.

7. *Шкляев В.А., Шварц К.Г.* Моделирование процессов переноса примеси в нижнем слое атмосферы, связанных с выбросами большой мощности при аномальном температурном нагреве // Вестник Удмуртского университета. Серия 6: Биология. Науки о Земле, 2010. Вып. 4. С. 156-159.

8. *Шварц К.Г., Шкляев В.А.* Особенности распространения загрязняющих веществ в атмосфере при наличии мощного источника испаряемой жидкости // Вестник Удмуртского университета. Серия 6: Биология. Науки о Земле, 2010. Вып. 4. С. 174-176.

9. *Шварц К.Г., Шкляев В.А.* Численное моделирование атмосферных мезомасштабных процессов переноса многокомпонентной примеси при торфяном пожаре // Вычислительная механика сплошных сред. 2012. Т. 5. № 3. С. 274-283.

10. *Шварц К.Г., Шварц Ю.А., Шкляев В.А., Баландина С.Ю., Семерилов В.В.* Математическое моделирование переноса биоаэрозолей в атмосфере вблизи крупного промышленного центра с учетом неоднородностей температуры и влажности // Вестник Пермского научного центра УрО РАН, 2017. № 2. С. 89-95.

11. *Шварц К.Г., Шварц Ю.А., Шкляев В.А., Баландина С.Ю., Семерилов В.В.* Моделирование переноса биоаэрозолей в нижнем слое атмосферы с учетом неоднородностей температуры и влажности // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. 2018. Том. 160. Книга 1. С.145-161.

12. *Pedlosky J.* Geophysical fluid dynamics. Berlin: Springer-Verlag, 1987. 710 p.

13. *Shatrov A.V. and Shvarts K.G.* Numerical Modeling of Mesoscale Atmospheric Impurity Transport Processes in the Environs of the City of Kirov // Fluid Dynamics, 2011. Vol. 46. No. 2. P. 332-340.

СОДЕРЖАНИЕ

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ И СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ КЛАССИЧЕСКОЙ КАРТОГРАФИИ	3
Р.К. Абдуллин, А.В. Тарасов	
РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО АТЛАСА ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА УРАЛА	3
THE DEVELOPMENT OF THE DIGITAL ATLAS OF CLIMATE CHANGE IN THE URAL REGION	
Н.Н. Алексеева, О.А. Климанова, Д.А. Третьяченко	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ЛАНДШАФТОВ МИРА НА ГИПОТЕТИЧЕСКОМ (ИДЕАЛЬНОМ) МАТЕРИКЕ	7
MODELING OF THE ZONAL STRUCTURE OF THE WORLD LANDSCAPES ON THE HYPOTHETIC (IDEAL) CONTINENT	
Н.В. Бажукова, М.А. Кондратьева	
КАРТЫ ПОЧВЕННОЙ ТЕМАТИКИ В РЕГИОНАЛЬНЫХ АТЛАСАХ	9
SOIL TOPICS MAPS IN REGIONAL ATLASES	
Е.А. Балдина, В.Ю. Ширшова	
ИЗОБРАЖЕНИЯ КОГЕРЕНТНОСТИ ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОВЕРХНОСТИ АРКТИЧЕСКОГО ОСТРОВА ВИЗЕ	13
COHERENCE IMAGES TO CHARACTERIZE THE SEASONAL VARIABILITY OF THE ARCTIC VISE ISLAND	
М.С. Баранова, А.И. Кочеткова, Е.С. Брызгалина, О.А. Обьедкова, Д.А. Леонтьев	
ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАЛИВОВ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	17
THE APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES FOR RESEARCHING OF VOLGOGRAD RESERVOIR BAYS	
А.П. Белоусова	
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВЕННОЙ ЛИНИИ В ЦЕЛЯХ РАСПОЗНАВАНИЯ ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ	21
AUTOMATED CALCULATION OF SOIL LINE PARAMETERS IN ORDER TO IDENTIFY USE OF TILLED LAND	
А.П. Белоусова, И.В. Брыжко	
ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВОВЛЕЧЕНИЯ В ОБОРОТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ПОДВЕРЖЕННЫХ ЗАРАСТАНИЮ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДЗЗ	24
FEASIBILITY INVOLVEMENT OF AGRICULTURAL LAND OVERGROWING INTENSITY BY FOREST VEGETATION ACCORDING TO REMOTE SENSING DATA	
Л.Б. Вампилова	
ПРИМЕНЕНИЕ ГИС- ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕТРОСПЕКТИВНОГО АНАЛИЗА ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ	27
APPLICATION OF GIS TECHNOLOGIES FOR RETROSPECTIVE ANALYSIS OF VEGETATION CHANGES	
Т.В. Ватлина	
МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НА ПРИМЕРЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ	31
ATHEMATICAL AND CARTOGRAPHICAL MODELING OF MORBIDITY INDICATORS AT THE MUNICIPALITIES LEVEL (A CASE STUDY OF SMOLENSK REGION)	

С.Е. Коркин, В.А. Исыпов	
ДИНАМИКА ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ	94
DYNAMICS OF EROSION PROCESSES OF THE MIDDLE OB REGION	
А.В. Кошкарев	
О ЦИФРОВОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА	97
ABOUT DIGITAL MODELING OF GEOGRAPHICAL SPACE	
Е.Н. Кулик, А.Т. Байшуаков	
ВЫЯВЛЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОСЕВОВ С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ ДЗЗ	100
IDENTIFICATION OF REGIONAL FEATURES OF CROPS GROWTH USING REMOTE SENSING DATA	
Т.И. Кутявина, В.В. Рутман, Т.Я. Ашихмина	
ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИНДЕКСОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПРОЦЕССОВ ЭВТРОФИРОВАНИЯ ВОДОЁМОВ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ	104
APPLICATION OF SPECTRAL INDICES FOR DIAGNOSTICS OF THE PROCESSES OF EUTROPHICATION OF RESERVOIRS OF THE KIROV REGION	
В.В. Летягина, И.Р. Идрисов	
ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ	107
ASSESSMENT OF CHANGES IN AGRICULTURAL LANDSCAPES WITH USING GIS TECHNOLOGIES	
Ф.Н. Лисецкий, А.О. Полетаев, Е.Я. Зеленская	
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ И РЕСУРСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В ДРЕВНЕЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ РАЙОНАХ КРЫМА	111
GEOINFORMATION SUPPORT OF RESEARCHES OF ORGANIZATIONAL STRUCTURE AND RESOURCE CHARACTERISTICS IN ANCIENT AGRICULTURAL AREAS OF CRIMEA	
Г.З. Мажитова, С.В. Пашков, С.В. Крыцкий	
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БПЛА ДЛЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АГРОЛАНДШАФТНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ	115
EXPERIENCE OF UAV APPLICATION FOR GEOINFORMATION SUPPORT OF AGROLANDSHADE MAPPING	
П.Г. Михайлюкова, Д.А. Петраков, О.В. Тутубалина, М.В. Зимин, Э.А. Азизов, Р.А. Усубалиев, Н.В. Коваленко	
АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ РАСЧЕТОВ ЗНАЧЕНИЙ АЛЬБЕДО СНЕЖНО-ЛЕДОВОГО ПОКРОВА ДЛЯ РАЗНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ РАЙОНОВ ПО ДАННЫМ SENTINEL-2/MSI	119
ANALYSIS OF THE SNOW-ICE COVER ALBEDO CALCULATIONS ACCURACY FOR DIFFERENT GEOGRAPHICAL REGIONS BASED ON SENTINEL-2/MSI DATA	
К.С. Непеина	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ГИС GOOGLE EARTH НА ПРИМЕРЕ ТЯНЬ-ШАНЯ	122
DIGITAL MATERIALS USING FOR THE ANALYSIS OF GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL INFORMATION IN GIS GOOGLE EARTH ON TIEN SHAN	
Л.А. Пластинин, В.П. Ступин, Б.Н. Олзоев	
ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМЫ РЕГИОНАЛЬНОГО КАРТОГРАФО-КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО	125
INTEGRATION OF THE REGIONAL CARTOGRAPHIC AND SPACE MONITORING SYSTEM INTO THE GEO-INFORMATION ENVIRONMENT	

А.В. Погорелов, Е.Н. Киселёв	
АНАЛИЗ РОСТА ГОРОДА ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ: ФЕНОМЕН КРАСНОДАРА	129
ANALYSIS OF URBAN SPRAWL FROM SATALLITE IMAGERY: THE PHENOMENON OF KRASNODAR CITY	
Я.Р. Полякова	
СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ДИЗАЙНА	133
MODERN TRENDS OF MAP DESIGN	
А.И. Пономарчук, Л.Н. Шабанова, А.А. Галанова	
ВЕБ-КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ГИС ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ГОРОДА ПЕРМИ	137
WEB MAPPING OF ECOLOGICAL OBJECTS OF THE CITY OF PERM	
Я.Г. Пошивайло	
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ГРАФОВ ДОСТУПНОСТИ ПРИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ ИНФРАСТРУКТУРЫ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА	141
CONSTRUCTION PRINCIPLES OF ACCESSIBILITY GRAPHS WHEN GEOINFORMATION MAPPING O F A SETTLEMENT INFRASTRUCTURE	
С.В. Пьянков, Р.К. Абдуллин	
КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ БАЗА ДАННЫХ ОПАСНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В БАССЕЙНЕ Р. КАМЫ	145
A GIS DATABASE OF HAZARDOUS HYDROLOGICAL EVENTS IN THE KAMA RIVER BASIN	
А.В. Пяткова, А.А. Светличный	
МЕТОДИКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО НЕОДНОРОДНЫХ ВЕЛИЧИН	150
THE METHODOLOGY OF GIS-MODELLING OF SPATIALLY VARIABLE VALUES	
Е.А. Рублева, И.И. Рысин	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ МЕТОДОВ И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ (НА ПРИМЕРЕ УДМУРТИИ)	154
USING GEOINFORMATION METHODS AND DIGITAL TECHNOLOGIES IN GEOGRAPHICAL RESEARCH (ON THE EXAMPLE OF UDMURTIA)	
И.А. Самофалова, Т.А. Трифонова, П.С. Шутов	
ПОЧВЕННО-ЛАНДШАФТНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ЗАПОВЕДНИКА «БАСЕГИ» НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ	158
SOIL-LANDSCAPE ZONING TERRITORIES OF THE BASEGI RESERVE BASED ON THE EARTH REMOTE SENSING DATA	
Д.А. Семанов, Г.Н. Булатова, Л.П. Лашкова	
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СЕТЕВЫХ ТЕМАТИЧЕСКИХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ ЧЕРЕЗ ИНТЕРНЕТ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН	163
EXPERIENCE OF APPLICATION OF NETWORK THEMATIC GEOINFORMATION DATABASES THROUGH THE INTERNET ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN	

гой частично совпадает с расположением древних проездов. Система прогнозного античного межевания, определенная путем дешифрирования космических снимков (с использованием разновременных снимков ресурса *Google Earth*, снимков *CORONA*, *Orbview-3*), была сопоставлена с системой дорог, построенных с использованием алгоритма нахождения оптимального пути. В результате были выделены участки системы межевания земель в пределах 500-метровых буферных зон от дорог как наиболее вероятные для эллинистического времени (IV–II вв. до н.э.) – периода расцвета аграрного производства

на Европейском Боспоре (рис. 1). Это позволило провести верификацию текстурных признаков, выявленных при анализе материалов ДЗЗ, которые могли включать и границы землепользований XIX века на территории Керченского градоначальства. Используемый алгоритм логистически целесообразной транспортной инфраструктуры применим в целях логико-математической атрибуции кластеров античного межевания как прогнозный аргумент при реконструкции селитебного, транспортного и землеустроительного каркаса территорий длительного аграрного землепользования.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 18-00-00562 (полевые работы в Крыму для формирования базы постантичных залежей) и РНФ, проект № 20-67-46017 (результаты изучения античной системы расселения и сельских округ методами ГИС-технологий).

Библиографический список

1. Античные поселения Европейского Боспора эллинистического времени (каталог памятников) / Д.В. Бейлин, Е.Л. Ермолин, А.А. Масленников, С.Л. Смекалов // Древности Боспора. 2014. Т. 18. С. 35–72.
2. Буряк Ж.А., Лисецкий Ф.Н., Ильяшенко С.В. Геоинформационная аналитическая система «Археологические памятники Крыма» // Геодезия и картография. 2018. Т. 79. №12. С. 29–40.
3. Интеграция традиционных и современных методов в геоинформационном картографировании / И.Е. Сидорина [и др.] // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2019. Т. 25. №1. С. 35–46.
4. Крупочкин Е.П., Дунец А.Н. Новые тенденции и перспективы развития археологического картографирования // География и природные ресурсы. 2018. №4. С. 15–25.
5. Кузьмин Я.В. Геоархеология: естественнонаучные методы в археологических исследованиях. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2017. 396 с.
6. Лисецкий Ф.Н., Буряк Ж.А., Украинский П.А., Полетаев А.О. Информационное обеспечение задач мониторинга и охраны объектов историко-культурного наследия Крыма с использованием ГИС-технологий // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2018. №6. С. 42–48.
7. Лисецкий Ф.Н., Маринина О.А., Буряк Ж.А. Геоархеологические исследования исторических ландшафтов Крыма. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2017. 432 с.
8. Смекалова Т.Н. О расположении древних проездов через Узунларский вал по данным дистанционных и картографических методов // XVIII Боспорские чтения. Боспор Киммерийский и варварский мир в период античности и средневековья. Торговля: пути-товары-отношения. 2017. С. 461–472.
9. Zubarev V., Smekalov S., Yartsev S. Materials for the ancient landscape reconstruction in the Adzhial landscape compartment in the Eastern Crimea (the first stage research results) // Journal of Archaeological Science: Reports. 2019. Vol. 23. P. 993–1013.

УДК 712.24

Г.З. Мажитова¹, С.В. Пашков¹, С.В. Крыцкий², mazhitova_gulnur@mail.ru
¹Северо-Казахстанский государственный университет им. М.Козыбаева,
 г. Петропавловск, Республика Казахстан
²ТОО «GEOSCAN-Kazakhstan», г. Петропавловск, Республика Казахстан

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БПЛА ДЛЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АГРОЛАНДШАФТНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

Статья посвящена вопросу агроландшафтного картографирования, применения современных геоинформационных методов, материалов дистанционного зондирования Земли для разработки агроландшафтных карт и моделей. Рассмотрены возможности и преимущества использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сельском хозяйстве и агроландшафтных исследованиях. В представленной работе рассматривается опыт применения аэрофотосъемки с БПЛА и ее материалов для геоинформационного обеспечения агроландшафтного картографирования на примере Северо-Казахстанской области.

Ключевые слова: сельское хозяйство, агроландшафт, БПЛА, дистанционное зондирование Земли, Северо-Казахстанская область.

G. Mazhitova¹, S. Pashkov¹, S. Krytskij², mazhitova_gulnur@mail.ru
¹North Kazakhstan State University named after M. Kozhaybayev,
 Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan
²LTD “GEOSCAN-Kazakhstan”, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan

EXPERIENCE OF UAV APPLICATION FOR GEOINFORMATION SUPPORT OF AGROLANDSHADE MAPPING

The article is devoted to the issue of agrarian landscapes mapping, application of modern geoinformation methods and materials of remote sensing of the Earth for the development of agrarian landscapes maps and models. The possibilities and advantages of the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) in agriculture and agrarian landscapes scaffolding research are considered. The presented work considers the experience of using aerial photography with UAVs and its materials for geoinformation support of agrarian landscapes mapping on the example of North Kazakhstan region.

Keywords: agriculture, agrarian landscape, UAV, remote sensing of the Earth, North Kazakhstan region.

Ведение. В настоящее время для получения достоверной и актуальной информации, необходимой для решения различных задач, широко используются средства и методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ): материалы космической съемки и аэросъемки с БПЛА, геоинформационные технологии.

Многочисленные публикации подтверждают достаточно широкие возможности космической съемки для сельскохозяйственного производства. Однако съемка с космических аппаратов ведется для получения характеристик и мониторинга состояния земель сельскохозяйственного назначения на глобальном и региональном уровнях, и имеет ряд недостатков. В частности, это высокая стоимость, недоступность обычным сельхозпроизводителям, зависимость от времени суток и погодных условий, достаточно сложный процесс дешифрирования материалов съемки, а

также вопросы детальности и качества съемки, оперативности получения материалов и др. Для сельского хозяйства важны именно детальность и оперативность получаемых данных, их высокое разрешение и качество. Наиболее перспективно в этом отношении является использование беспилотной авиатехники. Дистанционное зондирование с помощью БПЛА отличается оперативностью и высоким уровнем автоматизации, позволяет получать снимки с высоким пространственным разрешением и степенью точности [7; 9].

Сегодня БПЛА в сельском хозяйстве используется для инвентаризации сельскохозяйственных земель и угодий, мониторинга состояния посевов, прогнозирования урожайности, определения вегетационных индексов, контроля персонала и техники, картографирования и др. Перспективным представляется применение БПЛА в точном (прецизионном) земле-

делии [8]. Современные методы съемки с БПЛА предоставляют возможность определять по физиологическим характеристикам, биофизическим и биохимическим параметрам, а также иным свойствам сельскохозяйственных культур сроков и объемов внесения удобрений, средств защиты растений от болезней, вредителей, сорняков, получать информацию о биомассе, питательных веществах, стадии роста посевов, выполнять оценку урожайности и многое другое [4; 9].

Природно-климатические условия Северо-Казахстанской области (СКО), высокая сельскохозяйственная освоенность территории, многолетняя и значительная агрогенная нагрузка привели к существенной уязвимости геосистем, активизации проявления таких негативных процессов, как эрозия и дефляция почв, снижение плодородия, вторичное засоление и др. [2; 3]. Сложившаяся неблагоприятная экологическая ситуация обусловила необходимость перевода сельского хозяйства региона на научно обоснованное и эколого-сбалансированное производство. Решение данных задач невозможно без высокого уровня изученности агроландшафтов, создания специализированных информационных баз, агроландшафтных карт и моделей. Развитие этого направления предполагает применение геоинформационных технологий [5; 6].

В данной работе представлены результаты и опыт применения дистанционных методов исследования с помощью БПЛА и материалов аэрофотосъемки для агроландшафтного картографирования в ГИС-среде на примере СКО.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования являлись агроландшафты СКО, располагающиеся в границах лесостепной природной зоны. Работа выполнялась на двух ключевых участках: 1) Кызылжарский район, Вагулинский сельский округ, в 1 км к северо-западу от с. Соколовка, вблизи оз. Лебяжье; 2) район им. М. Жумабаева, Фурмановский сельский округ, вблизи с. Береке (Новый Быт).

При выполнении исследований опирались на опыт и результаты прикладных геоинформационно-картографических исследований, представленных в трудах: А.М. Берлянта, В.С. Тикунова, В.А. Николаева, И.Ю. Каторгина, С.А. Тесленка, А.В. Ольшевского, С.Е. Перфильева и др.

В качестве исходных материалов исследования привлечены литературные и

фондовые материалы, картографические источники, включая ландшафтную, почвенную карту, карту сельскохозяйственного землеустройства региона, электронную топографическую основу, результаты полевых работ авторов, выполненные в 2017–2019 гг.

Работа основывается на аэрофото-материалах, полученные посредством съемки с БПЛА. Съемка проводилась в летний период 2018 г. и осенний период 2019 г. аэрофотосъемочным комплексом «Геоскан-201М» Агро/Геодезия. Камеры SonyRX-1 (видимый диапазон, 5 см/пиксель), MicasenseRedEdgeM (мультиспектральная 5-канальная, 13 см/пиксель). Для фотограмметрической обработки аэрофотоснимков использовано специализированное программное обеспечение AgisoftPhotoScan Professional Edition. Геоинформационная обработка осуществлялась в программном продукте ГИС ArcGIS 10.1 (ESRI Inc.).

В ходе работы использованы методы комплексных физико-географических полевых исследований, сравнительно-географический, дистанционного зондирования с применением БПЛА, геоинформационного моделирования и картографирования.

Исследование включало несколько этапов. В ходе работ на первом этапе проведен сбор, систематизация и анализ исходных данных, организованы полевые ландшафтно-географические исследования на ключевых участках. Определены оптимальные параметры съемки (высота, диапазон и разрешение, координаты контура участка съемки, координаты центров фотографирования и др.), сформирован маршрут и полетное задание для БПЛА. Основной объем работ заключался в проведении аэрофотосъемки и последующей обработки ее материалов. Данный этап предполагал выполнение координатной привязки фотоснимков БПЛА, геометрическую коррекцию геоизображений, перевод материалов съемки в обменный формат для дальнейшей работы в ГИС.

Результаты исследования. По результатам аэрофотосъемки получена серия снимков с привязкой к географическим координатам. Аэрофотоснимки характеризуются высокой точностью и детальностью изображения. На рисунках 1, 2 представлен в качестве примера ряд аэрофотоснимков исследуемых участков, полученных в ходе съемки с БПЛА «Геоскан-201М».

С помощью съемки с БПЛА получены детальные и высокоточные изображения, которые позволили разработать в ГИС картографические модели исследуемых участков и создать базу данных. В частности, на основе материалов аэрофотосъемки получен ортофотоплан, матрицы высот местности. Построение последних осуществлялось фотограмметрическим методом по стереопарам снимков с БПЛА и интерполяции облаков точек. На их основе создана цифровая модель местности

исследуемой территории. Точная модель местности позволила построить карты крутизны и экспозиции рельефа района съемки. По ним определены и изучены морфометрические характеристики рельефа, оценен потенциальный сток, опасность проявления эрозии, тепло- и влагообеспеченность. Наряду с этим, по материалам съемки на ключевом участке 1 произведен расчет вегетационного индекса NDVI.



Рис. 1. Аэрофотоснимки ключевого участка №1 (БПЛА «Геоскан-201М», высота съемки 280 м)



Рис. 2. Аэрофотоснимки ключевого участка №2 (БПЛА «Геоскан-201М», высота съемки 500 м)

На основе собранных исходных материалов, а также полученных в ходе съемки с БПЛА, сформирована база данных, содержащая комплексную информацию по исследуемым участкам. Она включает климатические, геоморфологические, почвенные и другие характеристики природной среды и ее компонентов, наиболее важных для сельского хозяйства и оптимального функционирования агроландшафтов. Кроме того, в ней представлены данные производственно-экономической составляющей: сведения о предшествующих культурах, их урожайности за последние годы, использовании удобрений

и средств защиты растений и др. Эти материалы дополнили ранее созданную базу геоданных по агроландшафтам региона [1].

На следующем этапе исследований предполагается проведение мониторинга состояния посевов сельскохозяйственных культур, прогноза их урожайности на основе данных аэрофотосъемки с БПЛА. В ходе исследования планируется выполнение опытно-экспериментальных работ на ключевых участках. Их результаты позволят оценить возможности и эффективность применения БПЛА в сельском хозяйстве региона для решения множе-

ства задач, в том числе внедрение элементов адаптивно-ландшафтного земледелия для проектирования и конструирования устойчивых агроландшафтов.

Выводы. Таким образом, проведенные исследования и полученные результаты подтверждают, что материалы съемки БПЛА являются источником достоверной

информации и могут служить исходной основой для разработки и создания в ГИС различных геоинформационно-картографических моделей. Данные технологии имеют широкие перспективы применения для решения различных задач в области агроландшафтных исследований, картографирования и моделирования агрогеосистем.

Библиографический список

1. *ГИС-технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии* / Трифонова Т.А. [и др.] // ГИС и природные ресурсы. 2002. №1(20). URL: <https://www.esri-cis.ru/news/arcgview/detail.php> (дата обращения: 13.11.2019).
2. *Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве* / Ю.Н. Зубарев [и др.]. 2009. №2. С. 47–51.
3. *Использование беспилотных летательных аппаратов в сельскохозяйственном производстве* / Сметнев А.С. // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2015. №18 (23). С. 51–56.
4. *Каторгин И.Ю.* Анализ и оценка агроландшафтов Ставропольского края с использованием геоинформационных технологий: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ставрополь. 24 с.
5. *Мажитова Г.З.* Геоинформационное картографирование агроландшафтов Северо-Казахстанской области // Материалы XII Международной научной конференции молодых ученых «Инновационное развитие и востребованность науки в современном Казахстане». Алматы. 2018. Ч. 1. С. 11–16.
6. *Ольшевский А.В.* Геоинформационное картографирование агроландшафтов Белорусского полесья // Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2. Химия. Биология. География. 2009. №2. С. 71–75.
7. *Пашков С.В., Пигалев А.В.* Дефляция почв Северо-Казахстанской области // Вест. Заб. гос. ун-та. 2016. Т. 22. №2. С. 14–25.
8. *Пашков С.В., Тайжанова М.М.* Детерминанты овражной эрозии в Северном Казахстане // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2016. №4. С. 50–63.
9. *Тесленок С.А.* Агроландшафтогенез в районах интенсивного хозяйственного освоения: Исследование с использованием ГИС-технологий. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 189 с.

УДК 911.2

П.Г. Михайлюкова¹, Д.А. Петраков¹, О.В. Тутубалина¹, М.В. Зимин¹, Э.А. Азизов², Р.А. Усубалиев², Н.В. Коваленко¹, p.mikhaylyukova@gmail.com

¹Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова, г.Москва, Россия

²Центрально-Азиатский Институт прикладных Исследований Земли (ЦАИИЗ), г.Бишкек, Киргизская Республика

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ РАСЧЕТОВ ЗНАЧЕНИЙ АЛЬБЕДО СНЕЖНО-ЛЕДОВОГО ПОКРОВА ДЛЯ РАЗНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ РАЙОНОВ ПО ДАННЫМ SENTINEL-2/MSI

В статье рассмотрены особенности расчета альбедо снежно-ледового покрова по космическим снимкам Sentinel-2 MSI для разных физико-географических районов с целью дальнейшей разработки универсальной методики расчета альбедо по данным Sentinel-2/MSI.

Ключевые слова: альбедо, снежно-ледовый покров, Sentinel-2/MSI.

P. Mikhaylyukova¹, D. Petrakov¹, O. Tutubalina¹, M. Zimin¹, E. Azizov², R. Usabaliev², N. Kovalenko¹, p.mikhaylyukova@gmail.com

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²Central-Asian Institute for Applied Geosciences (CAIAG), Bishkek, Kyrgyz Republic

ANALYSIS OF THE SNOW-ICE COVER ALBEDO CALCULATIONS ACCURACY FOR DIFFERENT GEOGRAPHICAL REGIONS BASED ON SENTINEL-2/MSI DATA

The article represents the methods of calculating the snow-ice cover albedo based on Sentinel-2/MSI images for different physical and geographical areas in order to further develop a method for calculating the albedo from Sentinel-2/MSI data.

Keywords: albedo, snow-ice cover, Sentinel-2/MSI.

Введение. Снежно-ледовый покров является одним из главных индикаторов климатических изменений, а в заселенных территориях и в районах активного промышленного освоения – показателем уровня загрязнения. Изменения в свойствах льда и снега, связанные с климатическими и антропогенными факторами, обуславливают изменение их отражательной способности (альбедо) как в пространстве, так и во времени. В настоящее время все большее количество работ по анализу изменений значений альбедо разного типа поверхностей выполняется на основе космических снимков разного пространственного разрешения и охвата [1; 3; 6-8]. Преимуществом такого подхода является практически одновременное формирование изображений в разных спектральных диапазонах для территории большой площади. Сложностями является необходимость выполнения топографической коррекции и учета положения Солнца в момент съемки. В представленной работе выполнена оценка качества космических снимков Sentinel-2 MSI с точки зрения расчета значений альбедо.

Ключевые районы и методы. Анализ точности расчетов значений альбедо снежно-ледового покрова выполнялся для нескольких ключевых районов с разными характеристиками снежно-ледового покрова, условиями освещенности и особенностями рельефа:

1) языки ледников с отсутствием снежного покрова и наличием поверхностной морены – Голубина, Абрамова (Киргизия);

2) свежевыпавший снег на поверхности ледника – Гарабаши (Эльбрус, Боковой хребет Большого Кавказа, Россия), Сары-Тор (Тянь-Шань, Киргизия);

3) участки снега на поверхности ледника со сложным рельефом – Лысый (Тянь-Шань, Киргизия);

4) снежный покров городских территорий (на примере г.Москва).

Для всех указанных районов проведены полевые работы. В таблице 1 указаны даты космической съемки и дата проведения полевых работ.