

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГЕОМАТИКА: ОБРАЗОВАНИЕ, ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Материалы международной научно-практической конференции,
посвященной 50-летию кафедры геодезии и космоаэрокартографии
и 85-летию факультета географии и геоинформатики БГУ

Республика Беларусь, Минск
20—22 ноября 2019 г.

Минск
БГУ
2019

УДК 528:004(06)+91(004/06)

Редакционная коллегия:
А. П. Романкевич (отв. ред.),
Ю. М. Обуховский, А. А. Топаз, В. М. Храмов

Геоматика: образование, теория и практика [Электронный ресурс] : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию каф. геодезии и космоаэрокартографии и 85-летию фак. географии и геоинформатики БГУ, Респ. Беларусь, Минск, 20–22 нояб. 2019 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: А. П. Романкевич (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2019. ISBN 978-985-566-885-6.

В издание включены материалы научных исследований в области геодезии и пространственных данных, картографии, тематического и атласного картографирования, дистанционного зондирования, фотограмметрии, геоинформационных систем, научно-методических разработок в сфере образования в геоматике.

Адресуется широкому кругу специалистов, работающих в сфере геоматики, а также в смежных областях.

УДК 528:004(06)+91(004/06)

ISBN 978-985-566-885-6

© БГУ, 2019

СЕКЦИЯ 1 ГЕОДЕЗИЯ И ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ

УДК 528.4

АНАЛИЗ ОСВЕЩЕННОСТИ ВОПРОСА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Е. Г. Гордейчук

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы,
г. Гродно, Беларусь, katjha1212@mail.ru

Представлены результаты литературного обзора научных работ по вопросу об определении пространственных деформаций инженерных сооружений. Выполнен анализ методов обработки данных, нормативная база, рассмотрены основные математические модели. Выявлено, что разработки российских и отечественных ученых направлены на повышение точности и качества периодического (циклического) мониторинга, а исследования европейских и американских авторов – на системы непрерывного мониторинга

Ключевые слова: деформации; инклинометры; методы обработки; математические модели; «среда-сооружение»; «основание-сооружение».

Высокий темп строительства, особенно в крупных городах, приводит к тому, что возводимые сооружения становятся более сложными, как по форме, так и конструктивно. В условиях городской застройки часто нет возможности выбора самого благоприятного места для застройки, поэтому сооружения возводятся на весьма разнообразных грунтах и основаниях. Все больше приходится иметь дело с неустойчивыми, просадочными грунтами. Эти условия приводят к необходимости проведения комплексных наблюдений за состоянием сооружений, как в процессе строительства, так и в эксплуатационный период. Важное место в этих наблюдениях принадлежит геодезическим методам. Следует отметить важный результат многолетнего опыта проведения геодезических наблюдений за осадкой сооружений, позволивший с привлечением аналитических обобщений установить предельные деформации и по ним формировать методики наблюдений за основаниями сооружений [1, с. 11]

В ходе исследований вопроса о наблюдении за деформациями геодезическими методами, были изучены научные труды и разработки ученых разных стран.

В первую очередь рассматривались исследования направленные на определение видов деформаций, методики их измерений и анализ результатов.

Наиболее распространенными системами для определения деформаций являются [2]:

- система «среда-сооружение»;
- система «основание-сооружение».

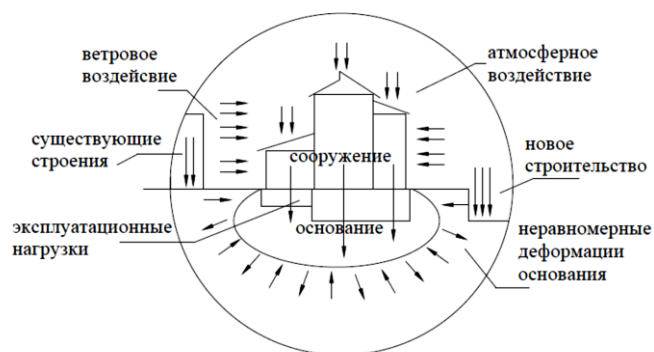


Рис. 1. Схема взаимодействия системы «основание – сооружение» с окружающей средой

Основным нормативным документом, на который ссылаются в своих исследованиях российские авторы научных трудов, регламентирующим методику проведения мониторинга, инструментарий и деформационные допуски в обеих системах является ГОСТ 24846-2012 «Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений» [3].

В нашей стране действует еще один нормативный документ, принятый в 2016 году ГОСТ 32019-2012 «Мониторинг технического состояния уникальных зданий и сооружений. Правила проектирования и установки стационарных систем (станций) мониторинга»

Однако настоящий стандарт устанавливает правила проектирования и установки стационарных станций для проведения мониторинга технического состояния основания и строительных конструкций уникальных зданий и сооружений и не распространяется на проведение мониторинга на транспортных, гидротехнических и мелиоративных сооружениях, магистральных трубопроводах, подземных сооружениях и объектах, на которых ведутся горные работы и работы в подземных условиях [4, с. 1].

Основные разработки отечественных и российских авторов по теме определение деформаций ведутся в нескольких направлениях:

- исследование устойчивости опорных реперов;
- применение современного оборудования (цифровой нивелир, электронный тахеометр, лазерный сканер, GPS-приемники);
- применение современных программ для обработки данных мониторинга.

Совершенствуются и предлагаются новые авторские методики определения устойчивости высотной основы, математические модели для обработки результатов измерений, а так же опыт применения цифровых и спутниковых средств измерения.

Иностранные авторы делают упор на исследование уникальных и прецедентных объектов, и методы непрерывного мониторинга, а так же опыт внедрения деформационных датчиков (инклинометры, акселерометр-наклономер, и др.) (рис. 2).

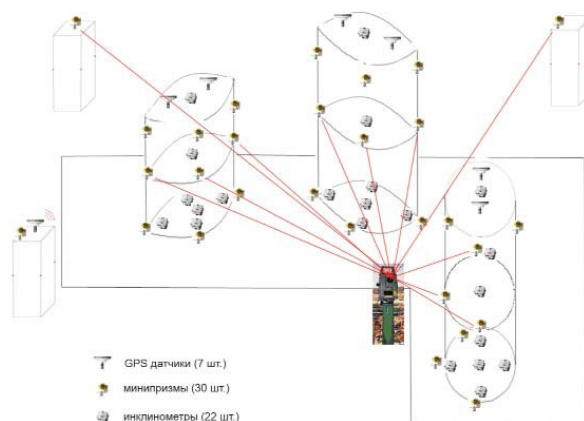


Рис. 2. Схема расположения инклинометров на высотных зданиях

За наиболее надежные методы зарубежные авторы зачастую принимают три метода, описанные еще в 1987 году:

- Danish (датский метод);
- M-estimation (Huber) (метод M- оценки);
- Least Absolute Sum (LAS) method (метод абсолютной суммы).

Для сравнительного анализа как правило выбирают два самых распространенных метода:

- Least Absolute Sum (LAS) method (метод абсолютной суммы);
- Iterative weighted similarity transformation (IWST) (итеративное взвешенное сходство преобразование) [5].

В различных статьях представляются процедуры анализа деформаций разработанные и успешно апробированные на объектах Западной Европы и Америки.

География исследователей данного вопроса весьма обширна и, так же, как и, методы измерений деформаций, некоторые из них связаны в первую очередь с геологическими и климатическими особенностями района производства работ.

Многочисленные результаты, полученные для различных объектов, показывают, что разработанная для каждого конкретного случая процедура и пакет программ определения и расчета пространственных деформаций применимы для геометрического анализа положения отдельных элементов конструкций.

Библиографические ссылки

1. Нгуев Х. В. Разработка методики оценки вертикальных смещений оснований зданий и сооружений на основе анализа элементов модели деформационной сети: дис. ... канд. тех.наук: 25.00.32. СПб. 2018. 171 с.
2. НОМ. Обеспечение безопасности и мониторинга большепролетных и высотных зданий в ходе эксплуатации: конспект лекций – М.: НИУ МГСУ, 2009, 129 с.
3. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений: ГОСТ 24846-2012. Введ. 01.07.2013 (с отменой ГОСТ 24846-81). Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2013. 22 с.

4. Мониторинг технического состояния уникальных зданий и сооружений. Правила проектирования и установки стационарных систем (станций) мониторинга: ГОСТ 32019-2012. Введ. 01.10.2016. Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2013. 24 с.
5. Deformation analysis of a geodetic monitoring network: vol. 55, №3. H. Setan. Geon-ica, 2001.

УДК 528.4: 332.54

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ГРАНИЦ АДМИНИСТРАТИВНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ЕДИНИЦ

М. В. Макарова

Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк,
Беларусь, m.makarova@psu.by

Отражены существующие проблемы правового регулирования, информационного и геодезического обеспечения установления границ, а также пути их решения. Рассмотрен комплекс землеустроительных работ по установлению границ административно-территориальных единиц Российской Федерации и Украины. Исходя из представленного материала, были сделаны определенные выводы относительно применимости данных методов в условиях Республики Беларусь.

Ключевые слова: административно-территориальные единицы; установление границ; нормализация границ; землеустройство; земельный кадастр

Введение. С точки зрения зарубежного опыта установления границ административно-территориальных единиц (далее – АТЕ), автором был проанализирован ряд источников по проблемам нормативно-правового, землеустроительного обеспечения установления границ АТЕ. Выявлено, что в ряде стран СНГ (Российская Федерация, Украина) также имеются проблемы с актуализацией кадастровых сведений, в том числе и о границах АТЕ.

Основная часть. Рассмотрим подробнее существующий порядок установления границ административно-территориальных единиц Российской Федерации. Создание новых или объединение, преобразование, упразднение существующих АТЕ, изменение их границ входит в состав полномочий органов государственной власти субъектов РФ и РФ в целом.

Установление (восстановление) и упорядочение границ административных районов и границ субъектов РФ проводится в случаях:

- образования новых административно-территориальных единиц;
- объединения, упразднения, преобразования и разграничения существующих административно-территориальных образований при отсутствии между ними закрепленных на местности известных границ;
- в случае их изменения или уточнения по инициативе соответствующих административно-территориальных образований.

Заказчиком работ по установлению (восстановлению) границ АТЕ является орган исполнительной власти субъектов РФ или органы местного самоуправления соответствующего уровня.

Установление (восстановление) на местности границ АТЕ производится на основе соответствующих проектов, в которых должно быть дано описание границ. В случаях, когда по тексту описания границы не представляется возможным четко определить ее прохождение в натуре, на местности устанавливаются межевые знаки.

Также, согласно [1] при установлении на местности границ между субъектами Российской Федерации, границ муниципальных образований, населенных пунктов узловые точки таких границ (характерные точки, являющиеся общими для границ трех и более субъектов Российской Федерации, муниципальных образований или населенных пунктов), а также ближайшие к ним характерные точки границ закрепляются долговременными межевыми знаками и используются в качестве пунктов опорной межевой сети.

К устанавливаемым границам предъявляются традиционные для землеустройства требования – ясности, четкости, устойчивости и удобства опознания на местности, учета линейных элементов природного комплекса (геоморфологии, гидрографии, почвенного и растительного покрова) и инфраструктурного обустройства территории, сложившегося хозяйственного использования, поскольку от того, каким образом будут размещены границы административного района, зависят конфигурация землевладений и землепользований, условия организации и управления производством. Точность определения координат устанавливаемых межевых знаков должна обеспечивать необходимую точность определения координат характерных точек границ земельных участков на прилегающей к границе объекта землеустройства территории.

Установление на местности границ административно-территориального района предшествует разработке схемы землеустройства этого образования. Границы района вместе с составом его территории фиксируются в уставе административного района. Спорные участки, выявленные в ходе выполнения работ по согласованию границ между субъектами РФ, разделяются на три группы: земельные участки, одновременно учитываемые в двух субъектах РФ; земельные участки, которые не учитываются ни в одном из субъектов РФ; участки границ, имеющие неточности в картографическом отображении границы.

Землеустроительный процесс в данном случае предусматривает проведение подготовительных работ, составление проекта, его рассмотрение и утверждение, перенесение в натуру, оформление землеустроительных документов. Степень сложности и трудоемкости работ зависит от затрагиваемой площади, количества землевладений и землепользований, топографических условий местности.

Установленная граница заносится в Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН) в соответствии с требованиями земельного и градостроительного законодательства Российской Федерации.

С точки зрения нормативно-правового, технического обеспечения землеустроительных работ по установлению границ АТЕ, ситуация в Украине также является неоднозначной. Этот вопрос является первоочередным для страны, так как в Украине до сих пор действует закон об административно-территориальном устройстве, который был принят еще в 1981 году Указом Президиума Верховного Совета Украинской УССР.

В 2018 году одобрен законопроект «Об основах административно-территориального устройства Украины», который, как считается, должен детально урегулировать отношения по установлению и изменению границ административно-территориальных единиц. Законодательно документ регулирует вопрос о порядке образования, ликвидации, установления и изменения границ административно-территориальных единиц, названий населенных пунктов и отнесения их к определенным категориям. Также вводится государственная регистрация административно-территориальных единиц и создание электронного банка данных - государственного реестра административно-территориальных единиц Украины [2].

Однако, даже при отсутствии такого специального закона в настоящее время, действующие законодательные акты в целом определяют порядок установления и изменения границ административно-территориальных образований.

Общим в установлении границ любой административно-территориальной единицы является определение границ по проектам землеустройства. После разработки проекта землеустройства он подлежит государственной землеустроительной экспертизе (ст. 9 Закона Украины «О государственной экспертизе землеустроительной документации») и утверждению компетентным органом в соответствии с полномочиями, определенными статьёй 174 [3].

В настоящее время технология работ по установлению и изменению границ административно-территориальных единиц регламентируются в ст.46 Закона Украины «О землеустройстве».

Для установления или изменения границ административно-территориальных образований разрабатываются проекты землеустройства по установлению (изменению) границ соответствующих административно-территориальных образований.

Законом [4] внесены изменения в порядок согласования и утверждения вышеуказанных проектов, а также отменена статья 176 Земельного Кодекса, в которой указывалось наличие процедуры удостоверения границ административно-территориальных единиц государственным актом Украины.

Заключение. На основании проведенного исследования, можно выделить основные положения, которые могут быть полезны при развитии системы учета изменения границ административно-территориальных единиц в Республике Беларусь.

Описание местоположения границ АТЕ составляется с использованием сведений Единого государственного реестра недвижимости, Единой электронной картографической основы, картографического материала, материалов дистанционного зондирования, а также по данным измерений, полученных на местности.

Также в Российской Федерации граница АТЕ зачастую фиксируется в натуре, т.е. на местности закреплена межевыми, информационными знаками,

в отличие от Республики Беларусь, где согласно [5] она привязывается к твердым контурам местности, затем происходит её описание и координирование средствами ЗИС.

Библиографические ссылки

1. Об утверждении Правил установления на местности границ объектов землеустройства: Постановление Правительства РФ от 20.08.2009 № 688 (ред. от 17.05.2016)
2. Одобрен законопроект об административно-территориальном устройстве Украины (тематическая статья) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bykvu.com/bukvy/85774-kmu-odobril-zakonoproekt-ob-administrativno-territorialnom-ustrojstve-ukrainy>.
3. Земельный кодекс Украины: Официальный текст с изм. и доп. Вступил в силу с 1 янв. 2002 г. от 25.10.2001 № 2768-III
4. О внесении изменений в некоторые законодательные акты Украины относительно определения состава, содержания и порядка согласования документации по землеустройству: Закон Украины от 02.06.2015 № 497-VIII
5. Методические указания по нормализации и установлению границ административно-территориальных единиц Республики Беларусь, утв. приказом респ. унитар. предп. «Проект. ин-т Белгипрозем» от 11.04.2016 № 20. Минск: УП «Проектный ин-т Белгипрозем». 2016. 31 с.

УДК 528.481

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОСАДОК В СОЛИГОРСКОМ ПРОМЫШЛЕННОМ РАЙОНЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИМ И ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ МЕТОДАМИ

В. И. Михайлов¹⁾, Е. Ю. Мысливчик²⁾, А. В. Кабацкий³⁾

¹⁾ Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, inggeod@bntu.by

²⁾ Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, emyslivchik@yandex.by

³⁾ Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, saniakab@tut.by

В статье рассматриваются методики изучения техногенных просадок в Солигорском промрайоне на основе совместного применения картографо-аэрокосмического и геодезического методов, приведены предложения по модернизации существующих методик.

Ключевые слова: техногенные просадки; дешифрирование аэроснимков; деформационный мониторинг.

Введение. Современные техногенные просадки образуются в Солигорском промрайоне над выработанными штреками при добыче калийных руд в пределах II и III горизонтов на площади свыше 160 км². Амплитуды просадок земной поверхности достигают более 5 м. Сложность их выделения заключается в том, что они трудноотделимы от мульд оседания поверхности Земли (природные явления), которые формируются за счет вышелегирования верхнесоленосных отложений в окраинных частях их распространения. В геологических разрезах просадки изредка проявляются вплоть до гипсометрической поверхности. [1]

На проседаемых площадях в результате подъема УГВ, инфильтрации вод и рассолов и подпоре со стороны Солигорского водохранилища происходит постепенное подтопление и заболачивание наиболее пониженных в рельефе участков. За счет инфильтрации и диффузии солей развиваются процессы засоления почв, грунтов и подземных вод.[2]

Нами были изучены эти процессы и их индикаторы в пределах пяти мульд сдвижения над подработанными калийными горизонтами, находящимися в разных геологических, геодинамических и ландшафтных условиях.

Основная часть. Ретроспективный анализ аэрокосмоизображений показывает, что тектоническая активность сдвижения земной поверхности отмечается в приразломных зонах с минимальными мощностями среднеантропогенных моренных отложений. Комплексное дешифрирование аэрокосмоснимков позволило предположить, что наиболее заметны техногенные процессы развиваются над активными в новейший этап разрывными нарушениями и положительными структурами (блоками). Примером тому может служить сопоставление схемы тектоники Солигорского промрайона с изолинейной картой оседаний земной поверхности. Над центральным разломом наибольшей амплитуды отмечены просадки до 1,5 м. Такие же значения были зарегистрированы и над северо-западным разломом. [3]

Просадочные явления оказывают негативное влияние на эксплуатацию различных инженерных сооружений. Это сложности с обеспечением питьевого водоснабжения в сельской местности негативное воздействие на здания, инженерные коммуникации, мосты, шламохранилища, плотины, дамбы.

Деформационный мониторинг – это контроль и систематические изучения геометрических размеров и положения объектов. Полученные измерения используются для последующего вычисления отклонений, анализа деформационных процессов, превентивного реагирования и генерирования тревожных сообщений. Системы мониторинга позволяют предупреждать катастрофы, минимизировать убытки и избегать жертв. Системные мониторинги могут быть установлены как в процессе строительства объекта, так и во время его последующей эксплуатации.

В настоящее время на всех рудоуправлениях ОАО «Беларуськалий» значения оседаний земной поверхности по наблюдательным станциям (НС) особо значимых объектов проводятся геометрическим нивелированием III класса с точностью $15\sqrt{L}$, где L – длина хода в километрах.

Измерения проводятся цифровыми нивелирами Na 3003 с телескопической кодовой рейкой и электронными тахеометрами TCRA 1201 Leica Geosystems. Обработка данных ведется с помощью специализированного программного обеспечения Leica Geooffice. [4]

Частота геодезических измерений определяется в зависимости от скорости оседания. При скорости оседания до 20 мм/год – одно наблюдение в два года; от 20 до 50 мм/год – один раз в год; от 50 до 200 мм/год – два раза в год; более 200 мм/год – один раз в квартал; свыше 100 мм в месяц – один раз в месяц. [5]

Наблюдательные станции (НС) существуют на всех ответственных объектах, находящихся в зоне техногенных просадок. В качестве примера рассмотрели нивелирную сеть ограждающей дамбы шламохранилища (ДЗ). Нивелирная сеть дамбы состоит из 35 реперов, расположенных на расстоянии 2 – 4 км. В результате образуется нивелирный ход длиной более 5 км. По итогу был построен график оседаний земной поверхности по дамбе ДЗ за период с 28.07.2004 г. по 14.04.2010 г. На нем глубина разработки калийного горизонта – 550 м. На фоне среднего оседания по реперам – 1,537 м, отмечено максимальное сдвижение - 2,108 м.

На НС «Автомародорный мост черес Солигорское водохранилище» для геодезических измерений в мосту заложено 24 репера в пределах 0,8 км. Длина между реперами от 6 до 15 м. Наблюдения проводились с 2001 по 2010 гг. продолжительностью два раза в год. Максимальное оседание моста с начала наблюдений было 751 мм на реперах 5 и 6. В 2010 г. текущее оседание составило 15 мм на репере 8 при скорости 0,032 мм/сут.

С целью безаварийной эксплуатации проведены следующие мероприятия: увеличены зазоры между его пролетными конструкциями, осуществлен ремонт пешеходных проходов, ограждений, дорожного покрытия; восстановлена НС для дальнейших геодезических измерений деформаций осадочных марок моста.

Заключение. Таким образом, на основании вышеизложенного можно сформулировать основные выводы.

Для дальнейшего изучения техногенных просадок, следует проводить комплексное дешифрирование аэрокосмических снимков в сочетании с геолого-геоморфологическими материалами и данными геодезических измерений.

С целью внедрения в деформационный мониторинг техногенных процессов новейших геодезических технологий рекомендуется:

- использовать системы спутникового позиционирования GPS, что позволяет с высокой точностью измерять смещения точек земной поверхности одновременно по трем координатам;
- создавать автоматизированные пункты наблюдений за деформациями плотин, дамб, мостов и других инженерных сооружений, находящихся в зоне техногенных просадок на базе автоматизированного тахеометра Leica TPS 1000. Сеть из таких тахеометров, управляемых компьютером могли бы круглосуточно отслеживать координаты ключевых наблюдаемых точек.

Библиографические ссылки

1. Губин В. Н. Геоэкологические проблемы освоения минеральных ресурсов Беларуси: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 25-28 окт. 2012. Минск: изд. центр БГУ, 2012, с 18–20.
2. Михайлов В.И. Структурное дешифрирование озер северо-запада Беларуси по космическим снимкам. Минск: Вестник БНТУ, 2006, с. 74–75
3. Губин В. Н. Проблемы экологической геодинамики Солигорского горнопромышленного района. Природопользование в условиях дифференцированного антропогенного воздействия, сб. науч. ст. Минск-Сосновец, 2000, с 124–132

4. Михайлов В.И. Геодезические методы при изучении неогеодинамических явлений в Солигорском горнопромышленном районе. / Михайлов В.И., А.А. Астровский. Журнал «Наука и техника», №1, Минск, 2018, с. 19–20.
5. Инструкция по наблюдениям за движением земной поверхности и за подрабатываемыми зданиями и сооружениями на Старобинском месторождении калийных солей. Минск, ОАО «Белгорхимпром», 2007

УДК 528.489

ОСОБЕННОСТИ КАРТОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕМАРКАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАНИЦЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В. Ч. Олехнович

Топографо-геодезическое республиканское унитарное предприятие «Белгеодезия»,
г. Минск, Беларусь, belgeodezy.ogr1@mail.ru

Представлены особенности картографо-геодезического обеспечения демаркации государственной границы на примерах с Литовской Республикой, Латвийской Республикой, республикой Польша и Украиной. Выполнен анализ накопленного опыта и его влияние на технические решения и организацию выполнения картографо-геодезических работ.

Ключевые слова: делимитация; демаркация; проверка прохождения

Наличие государственной территории и государственной границы, остается одним из основных признаков государства. Прекращение существования СССР позволило Республике Беларусь определять свою государственную границу, в чем она достигла существенных успехов. В период с 1992 по 2013 гг. с Латвией и Литвой проведены делимитация и демаркация, установлены стыки государственных границ. В 2013 году начались демаркационные работы на белорусско-украинской государственной границе, а в 2015 г. – работы по демаркации точки стыка государственных границ Республики Беларусь, Польши и Украины. Завершены начатые в 2011 г. работы по совместной проверке прохождения белорусско-польской государственной границы.

В Законе Республики Беларусь «О государственной границе Республики Беларусь» под делимитацией понимается определение положения государственной границы между Республикой Беларусь и сопредельными государствами по картографическим материалам, земельно-кадастровой документации, другим справочным материалам и данным, нанесение ее на топографические карты [1, ст.1]. Используемое в законе о государственной границе определение термина «демаркация государственной границы Республики Беларусь» как «обозначение на местности прохождения государственной границы между Республикой Беларусь и сопредельными государствами пограничными знаками с составлением демаркационных документов» [1, ст.1]. Указанные этапы в силу различных обстоятельств могут быть названы по-другому. Например, этап делимитации государственной границы может называться картографическое оформление (определение) прохождения границы, а этап

демаркации государственной границы – обозначение на местности границ землепользований[2].

При знакомстве с результатами работ по демаркации государственной границы, мы можем проследить накопление опыта у специалистов в организации картографо-геодезических работ. Начались работы по демаркации с белорусско-литовской и продолжились на белорусско-латвийской границе, через небольшой период времени приступили к работам на польском и украинском участках. Анализ хода выполнения работ показал влияние накопленных знаний и опыта привлеченных специалистов на организацию и выполнение работ. Также значительное влияние на выполнение мероприятий и работ картографо-геодезического обеспечения в течение всего периода оказывает наличие новых технических решений и возможностей отрасли. Если при демаркации государственной границы с Литвой и Латвией преобладали классические геодезические методы и техническое оснащение, то при выполнении работ на других участках в геодезических и картографических работах были реализованы технические возможности современного уровня. На границе с Украиной началось практически полноценное использование геоинформационных систем, значительно расширились возможности дистанционных исследований, следует подчеркнуть, что современные инструменты и системы GNSS используются для определения пространственного положения пограничных объектов не только на завершающем этапе – для съемки границы, но и для геоинформационного обеспечения всех остальных работ.

На практике вынос линии государственной границы осуществлялся на основе визуального поиска ранее зафиксированных элементов государственной границы или их косвенных признаков с использованием имеющихся картографических, землеустроительных и кадастровых материалов. Эти работы проводились с использованием ранее подготовленной рабочей карты масштаба 1:10 000, составленной на основе делимитационной карты. В этом случае геодезические методы измерения использовались для определения-поиска отдельных, неоднозначно определенных участков границы на местности. Проектируемые места установки пограничных знаков фиксировались временными знаками установленного образца. Место установки фиксировалось в рабочей карте путем замеров до ориентиров с составлением абриса точки. Для украинского участка поиск местоположений линии границы и пограничных знаков осуществлялся на основе проекта планировки пограничных знаков, который был разработан и утвержден комиссией и изображен на рабочей карте в масштабе 1: 10 000, но первоначальный поиск точек осуществлялся уже с использованием спутникового навигационного оборудования GNSS – по координатам, полученным с рабочей карты, где его местоположение изображалось более точно в соответствии с элементами рельефной обстановки, обнаруженными в окрестностях в конце поиска [3]. При внедрении в процессы геодезических работ GNSS оборудования сроки выполнения работ стали сокращаться, что послужило основой для получения более точных измерений. В то же время произошло значительное сокращение рабочего времени - с 6-х

часовых сессий для одноточечной координации до работы продолжительностью менее одной минуты при условии качественного покрытия территории сетью постоянно действующих пунктов.

Совместный опыт показывает, что во всех случаях перечень работ по установлению границы был одинаковым, хотя отношение, подход и технические решения по выполнению работ были достаточно индивидуальными для каждого участка. При создании общей геодезической сети (далее – ОГС) с Украиной работы проходили в три этапа:

1. В 2015 году выполнены полевые геодезические измерения на основных 32 пунктах белорусской части ОГС;
2. В 2016 году выполнены измерения на 8 пунктах белорусской части ОГС, расположенных на территории Припятского государственного радиационно-экологического заповедника;
3. В 2018 году выполнены полевые геодезические измерения по определению связей на 20 пунктах общей геодезической сети.

Нами выполнена обработка в соответствии с инструкцией по следующей технологической схеме:

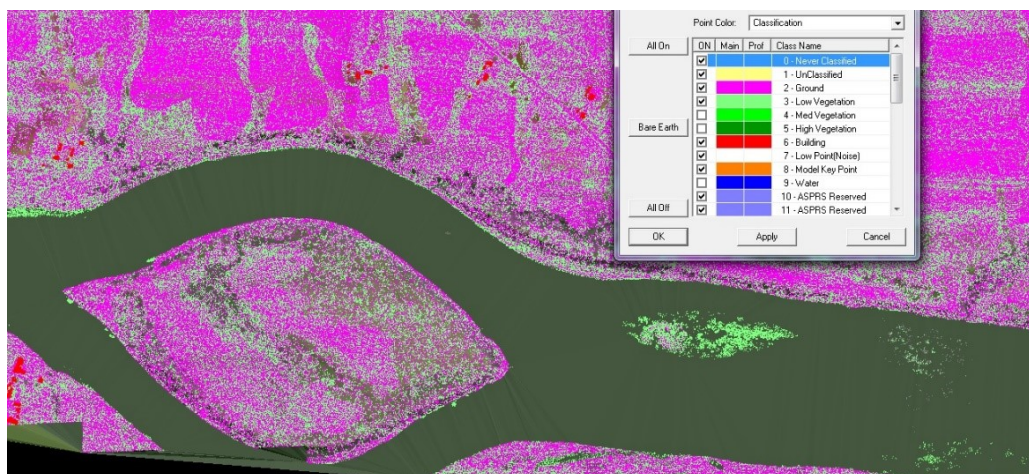
– за весь период времени кампании 2018 г. вычислено комбинированное сетевое решение, включающее в себя координаты постоянно действующих пунктов, расположенных вдоль государственной границы с Украиной, в соответствии «Guidelines for EUREF Densifications» с использованием программного обеспечения Bernese, версия 5,2, на согласованную с украинской стороной эпоху 12.10.2018 года.

– на втором этапе в среде программного обеспечения Pinnacle вычислены приращения координат по базовым линиям сети, образованным на основании одновременных наблюдений одних и тех же спутников на концах линии. Обработка выполнена с использованием точных эфемерид IGS и абсолютных параметров антенн. Вычисленные на первом этапе координаты постоянно действующих пунктов Спутниковой системы точного позиционирования Республики Беларусь приняты в качестве исходных. Этот опыт показывает нам о возможности строить общие сети с разновременными сессиями.

Оценив влияние развития работ по созданию ОГС для пограничной зоны, можно констатировать существенное изменение качественных показателей, которые отвечают за улучшение результатов итоговой демаркации.

Полевые работы, подготовка к ним и обработка материала измерений занимают большое количество времени. Также большие затраты ресурсов и расходы, связанные с командировочными издержками наводят на мысль о том что целесообразно было бы использование современных методов дистанционных исследований, таких как материалы лазерного сканирования земли. Главными из достоинств таких систем: автоматизация процесса сбора информации, статистическая избыточность, высокая степень детализации[4].

Внедрение технологии лазерного сканирования позволяет детально прорабатывать локальные участки государственной границы (см. рисунок) [5].



Облако точек в районе острова на реке Западная Двина, 2018 год.

Гораздо более эффективной была разработка решений для неясных или спорных участков границы, где ГИС позволяли объединить различные картографические материалы (как исторические, так и современные топографические съемки, а также различные аэрофотоснимки или космические снимки) в единый документ пространственного анализа.

Опыт и развитие технологий оказали существенное влияние на качество получаемых конечных результатов, оптимизировали объем затрат на выполнение работ, уменьшили сроки выполнения, а также наметили значительные или даже революционные возможности дальнейшего развития для дальнейших мероприятий по поддержанию границы в надлежащем состоянии. Революционные изменения геоинформационных технологий, которые имели место до сих пор и будут иметь место в будущем, их потенциал и влияние, предлагает значительный пересмотр прошлых практик и требований к организации и результатам демаркации и поддержания границы.

Библиографические ссылки

1. О Государственной границе Республики Беларусь [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 21 июля 2008г., №419-З: с изм. и доп. Консультант плюс. Беларусь. Минск, ООО «ЮрСпектр», нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. 2016.
2. Архипов А. И. Международно-правовое оформление государственной границы: особенности понятийно-терминологического аппарата // Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Серыя 1. Том 9, №2, 2017.
3. Архипов А. И. Установление и содержание государственной границы Республики Беларусь. Орша, 2011. 147 с.
4. Бурбан П., Раткевичс А. (2016) Современные технологии при создании общего геодезического обоснования демаркации государственной границы. Geoforum 2016, Lvova, Современные достижения геодезической науки и практики, Выпуск 31, стр. 16, ISSN 1819-1339
5. Бурбан П. Ю. Опыт использования спутниковых технологий и данных дистанционного зондирования Земли при демаркации государственной границы. Минск, «Земля Беларуси». №3, 2012. с. 6–8.

СОЗДАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ КАРТЫ ГРАДУСНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ НА ОСНОВЕ ОБЗОРА СЕРВИСОВ

В. В. Ольгомец

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, leraolgomes@gmail.com

В работе раскрывается понятие интерактивной карты, возможности и преимущества, приводятся виды интерактивных карт и их применение, предлагается обзор сервисов по созданию интерактивных карт для последующей разработки авторской карты.

Ключевые слова: интерактивная карта; мультимедиа; сервис; градусное измерение.

Введение. Географическая карта – мощнейшее средство информации. Простейшие картографические схемы нередко оказываются для понимания явлений полезнее многословного текста. Самое подробное литературное описание не сможет создать у читателя наглядную картину размещения многообразных процессов, происходящих на земной поверхности, подобную той, что дает географическая карта.

Интерактивная карта – это электронная карта, работающая в режиме двустороннего взаимодействия человека и электронного носителя. Помимо информации, получаемой пользователем при чтении карты, она обладает скрытой информацией, которую можно получить, выполнив определенные действия. Такие карты позволяют находить любые объекты в считанные секунды [3].

Актуальность исследования объясняется нарастающей популярностью интерактивных карт и веб-картографирования при слабой разработанности и систематизации знаний в данной области.

Цель работы: изучение понятия, видов и современных технологий по созданию интерактивных карт для последующего составления авторской карты по градусному измерению параллели 52° с. ш. в выбранной платформе.

Основная часть. Географическая интерактивная карта – это картографическое изображение, дополненное мультимедийными элементами, которые привязаны к конкретным объектам карты, и построенное с помощью программных и технических средств в сочетании с разнообразными приемами и методами традиционной картографии и мультимедиа. На такой карте картографическое изображение и мультимедийные элементы интегрированы в единой информационной среде [2].

Интерактивные карты наглядны и многофункциональны, их возможности не ограничиваются просмотром местоположения, а варьируются в зависимости от назначения карты. Принято выделять несколько типов ИК: интерактивные flash-карты, классические ГИС-карты и ГИС-карты с визуализацией, последние из которых наиболее интересные и набирающие популярность [1]. Подъем развития интерактивных карт приходится на вторую половину 90-х годов. Возможности карт не ограничиваются показом информации, а демонстрируют процессы и явления в динамике.

Современный пользователь ежедневно применяет различные картографические сервисы для решения задач управления, планирования, прогноза, образования, навигации и т. д. Точную цифру пользователей интерактивных карт назвать невозможно, но можно провести оценку по количеству используемых гаджетов. На современном этапе пользователями карт в смартфонах являются 59% населения планеты [4]. Самыми используемыми интерактивными картами являются навигационные сервисы. Такие как Google Maps (67% пользователей), Wase, Apple Maps, MapQest, Maps.me, Яндекс карты 77% пользователей смартфонов используют перечисленные выше сервисы [5], что составляет примерно 3,4 млрд человек. Разработчиками сервисов предоставляется возможность свободной работы: можно добавить метку, изменить название, написать отзыв, добавить фотографии.

Авторская карта была создана в приложении ArcMap ArcGIS, которое включает инструменты для визуализации, анализа, компиляции данных, в том числе в 2D и 3D-среде.

В силу того, что приложение ArcMap ArcGIS не является общедоступным, в работе упор был сделан на бесплатные онлайн-сервисы, что актуально для частных пользователей, желающих создавать свои карты.

В сети Интернет в свободном доступе сервисы, которые можно использовать для создания авторских интерактивных карт – Google Earth, NatGeo, MapMaker. Ushahidi, GISFile, MapHub.

В результате обзора специализированных платформ, анализа их возможностей и недостатков, была выбрана наиболее простая и наглядная платформа – MapHub. Здесь предоставляется возможность бесплатного создания собственных карт: как приватных, так и публичных.

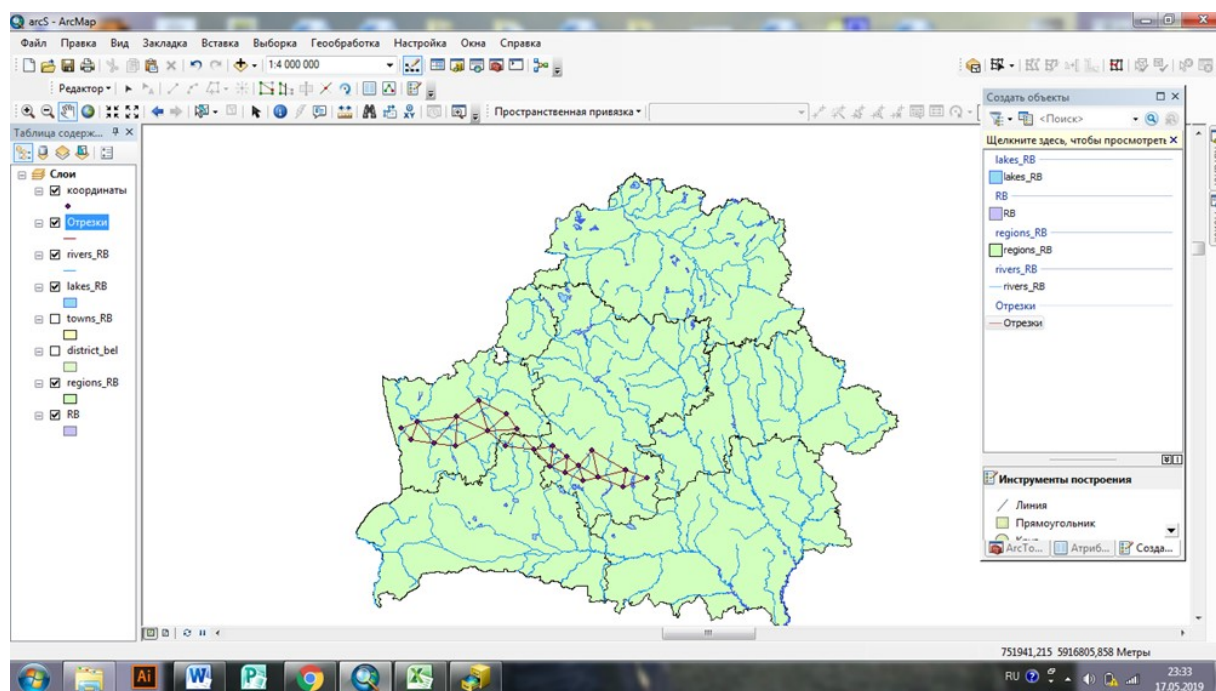


Рис. 1. Карта градусного измерения по дуге параллели 52° с. ш.

В качестве объекта выбрано градусное измерение дуги параллели 52° с. ш. на территории Беларуси. Выбор объясняется малой изученностью данного градусного измерения при его огромном значении для геодезии. Представленная часть работы выполнялась с целью популяризации данного измерения и геодезических работ в целом. Итоговый вариант проделанной работы можно увидеть на: <https://maphub.net/Valeol/punkty-gradusnogo-izmereniia-po-parallel-52deg-s.sh.-na-territorii-belarusi>.

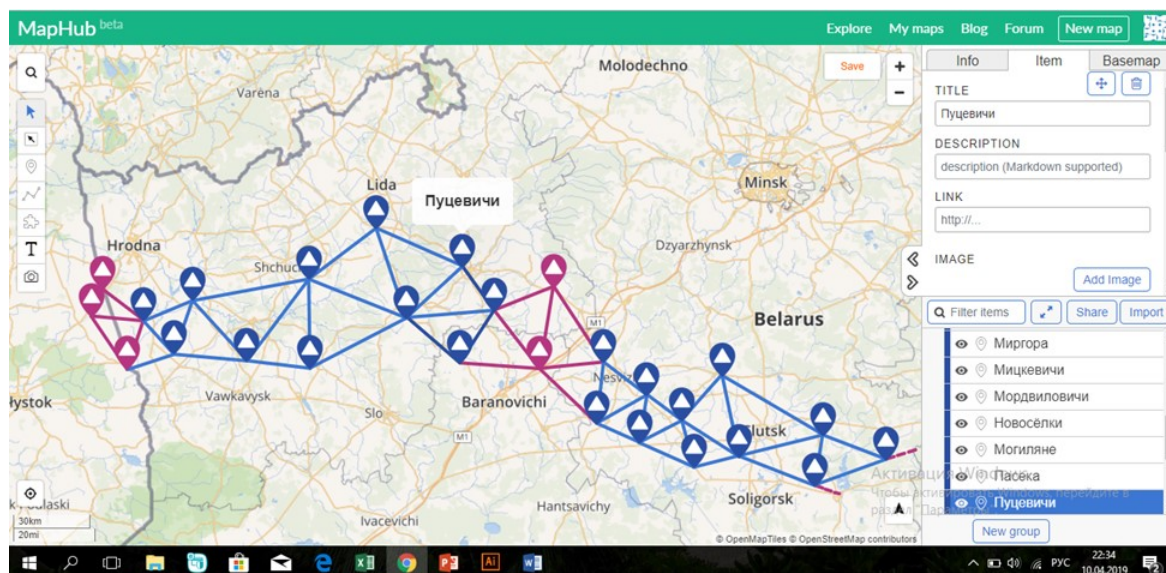


Рис. 2. Интерактивная карта градусного измерения по дуге параллели 52° с. ш., созданная в сервисе MapHub

Заключение.

1. Раскрыто понятие интерактивной карты, изучены возможности современных интерактивных карт, определены преимущества ИК над аналоговыми, проанализирован круг потребителей.
2. Рассмотрены основные виды интерактивных карт, проанализированы картографические сервисы.
3. Создана интерактивная карта по градусному измерению дуги параллели 52° с. ш. на территории Беларуси.
4. Карта выполнена с целью популяризации градусных измерений в нашей стране, как памятника научной мысли.

Библиографические ссылки

1. Интерактивные карты [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.scanex.ru/service/razrabotka-i-vnedrenie-veb-gis/interaktivnye-karty>. Дата доступа: 09.03.2019
2. Берлянт, А. М. Картоведение: учебник для вузов / А. М. Берлянт, А. В. Востокова, В. И. Кравцова. М.: Аспект Пресс, 2003. 477 с.
3. Лисицкий, Д. В. Методические основы веб-картографии / Д. В. Лисицкий, П. М. Кикин. Изв. Вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. 2014. с. 85–91

4. Цифра дня: Сколько пользователей смартфонов в мире? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ferra.ru/news/mobile/smartphone-penetration-rate-worldwide-26-06-2018.htm>. Дата доступа: 10.02.2019
5. The Popularity of Google Maps: Trends in Navigation Apps in 2018 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://themanifest.com/app-development/popularity-google-maps-trends-navigation-apps-2018>. Дата доступа: 10.02.2019

УДК 528.486

ВЫБОР ПРОЕКЦИИ ДЛЯ КАРТОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В. П. Подшивалов¹⁾, А. В. Кабацкий²⁾

¹⁾ Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, vpodshivalov@bntu.by

²⁾ Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, saniakab@tut.by

В статье предлагается один из возможных путей формирования математически обоснованных, алгоритмически взаимосвязанных систем координат на плоскости в качестве современной альтернативы традиционным методам координирования транспортных сооружений, включая магистральные

Ключевые слова: системы координат; проекция; изокола; композиционные коэффициенты.

Введение. Территория Республики Беларусь является транзитной для транспорта самых различных товаров и услуг. При этом важное государственное и международное значение имеют магистральные коммуникации. Проектирование, строительство и эксплуатация этих объектов в настоящее время ведется с использованием автоматизированных технологий. Для наиболее полного использования возможностей этих технологий при принятии оптимальных проектно-конструкторских, технологических и управленческих решений по транспортной инфраструктуре необходимо ее соответствующее координатное описание.

Основная часть. Традиционные системы координат, применяемые в настоящее время для координатного описания линейно-вытянутых объектов, имеют существенные недостатки. Например, территория Республики Беларусь отображается в трех шестиградусных зонах проекции Гаусса-Крюгера. При этом на краю каждой шестиградусной зоны относительные линейные искажения для территории Республики Беларусь достигают величин в относительной мере порядка 1:2000. Это существенно усложняет производство комплексных инженерных изысканий для обеспечения задач проектирования, когда при создании планового обоснования крупномасштабных топографических съемок даже в длины сторон теодолитных ходов необходимо вводить поправки. При выносе проектных элементов в процессе геодезического обеспечения строительства измеренные расстояния на местности могут значимо

отличаться от расстояний, полученных из решения обратной геодезической задачи по проектным координатам.

Основные требования к формированию современных систем координат для отображения на плоскости участков земной поверхности вдоль трасс транспортных сооружений, по нашему мнению, заключаются в следующем:

- наличие общего алгоритма, основанного на теории конформных отображений поверхности земного эллипсоида и плоскости, обеспечивающего необходимую точность вычислений и минимально возможные искажения отображаемых геометрических элементов в единой для всего объекта системе координат;

- обеспечение высокоточной и надежной алгоритмической взаимосвязи с государственной системой координат, а также с системами координат ГИС различного назначения;

- возможность автоматизации на ЭВМ процесса выбора систем координат, основанных на проекциях, сформированных в соответствии с критерием Чебышева-Граве о наилучших проекциях;

- возможность применения цифровых технологий картографирования, топографических съемок, экспорта-импорта и формирования баз картографо-геодезических данных;

- удобство, простота и доступность для широкого практического применения.

Нами разработаны общая теория описания класса наилучших конформных проекций и общий алгоритм, удобный для вычисления на ЭВМ [1-5]. Под наилучшими проекциями понимаем проекции, удовлетворяющие критерию Чебышева-Граве [1-2], смысл которого сводится к поиску проекции, изоколы которой (линии равных линейных искажений) являются математическими кривыми, а по своей форме близки к форме границ изображаемой территории. Понятно, что поверхность земного эллипсоида и плоскость не изометричны друг другу, поэтому в любой проекции будут иметь место искажения. В наилучших проекциях величины этих искажений зависят только от площади изображаемой территории и практически не зависят от формы ее границ. Для транспортных сооружений в любом случае эти территории имеют вытянутую форму с различной ориентацией на местности. Основным отличием проекций данного класса от любой отдельно взятой проекции, применяющейся в мировой геодезической практике, является то, что здесь возможно получить проекцию с наиболее подходящей формой изоколы.

На основе исследований нами доказана эффективность формирования данного класса проекций на основе композиции только двух видов проекций: поперечно-цилиндрической и конической с моделируемым значением частного масштаба длин в центральной точке изображаемой области. Как это принято в проекции UTM, где моделируется значение масштаба на осевом меридиане (меньше единицы), что позволяет уменьшить до двух раз в абсолютной мере максимальные линейные искажения в пределах координатной зоны.

Нами получено общее уравнение изокол в определенном классе конформных проекций, основанном на композиции конической и цилиндрической проекций, которое имеет вид [1-2]:

$$\frac{d_1 x^2 + d_2 y^2}{2m_0(m-m_0)R_0^2} = 1, \quad (1)$$

где: d_1 и d_2 – композиционные коэффициенты, характеризующие степень участия в композиции конической и цилиндрической проекций (их сумма должна быть равной 1); $m_0 \leq 1$; $m > m_0$ – значения частного масштаба длин в начальной и текущих вдоль данной изоколы точках проекции; R_0 – средний радиус кривизны земного эллипсоида.

Как видно из уравнения (1), в данном классе проекций имеет место возможность приспособляемости формы изокол к форме границ изображаемой территории, чего нет ни в одной из известных геодезических проекций. Это означает, что в данном классе проекций может быть реализован критерий Чебышева-Граве о наилучших проекциях. Здесь изоколы могут принимать форму прямых различной ориентации, эллипсов, гипербол и их асимптот. При отрицательных значениях одного из композиционных коэффициентов изоколы представлены семейством сопряженных гипербол и их асимптотами произвольной ориентации относительно осевого меридиана. Именно такие проекции наиболее удобны для отображения на плоскости трасс линейных сооружений и их координатного обеспечения. Управление процессом минимизации искажений внутри изображаемой области производится заданием значения масштаба длин m_0 в начальной точке проекции. При этом используется простая формула, общая для определения значения масштаба в центральной точке прямоугольной системы координат любого вида проекций [2]

$$m_0 = \frac{2}{1 + m'_{\max}} \quad (2)$$

Здесь $m'_{\max}$ – максимальное значение масштаба внутри изображаемой области при $m_0 = 1$. Выбор масштаба по формуле (2) позволяет уменьшить искажения по абсолютной величине примерно в два раза в любой проекции данного класса.

Если требуется получить внутри изображаемой области некоторые участки, расположенные вдоль какой-либо изоколы, где требуется обеспечить пренебрегаемо малые искажения, тогда в наиболее подходящей проекции для изображения этой территории выбираем изоколу $m = \text{const}$, вдоль которой необходимо обеспечить минимальные искажения и масштаб в начальной точке проекции вычисляем по формуле [1-3]:

$$m_0 = \frac{1}{m} \quad (3)$$

При этом значении масштаба в начальной точке проекции вдоль выбранной изоколы искажения будут отсутствовать, можно выбрать границы участка с пренебрегаемо малыми линейными искажениями. Изокола, естественно, не будет полностью совпадать с трассой линейного сооружения, но при этом

можно добиться того, чтобы вся трасса попала в зону минимально возможных и пренебрегаемо малых искажений.

Заключение. На основании проведенных исследований применительно к реальным трассам различных транспортных сооружений показаны достаточно широкие возможности решения задачи их координатного обеспечения, отвечающего современным требованиям. Так, например, автомобильная и железнодорожная трассы Брест-Москва, трассы транзитных нефте и газопроводов, автомобильных и железных дорог на территории Беларуси могут быть изображены в одной координатной зоне, с относительными искажениями, порядка 1:5000 – 1:10000 и менее [4-5], что вполне удовлетворяет требованиям действующих нормативных документов.

Библиографические ссылки

1. Подшивалов В. П. Координатная среда для геоинформационных систем. Геодезия и картография, №6. М., 1997. с. 51–55.
2. Подшивалов В. П. Теоретические основы формирования координатной среды для геоинформационных систем. Научное издание ПГУ. Новополоцк, 1998. 125 с.
3. Подшивалов В. П. Композиционные геодезические проекции. Геодезия и картография. №8. М., 2000 с. 39–43.
4. Подшивалов В. П., Маковский С. В. Системы плоских прямоугольных координат для линейных объектов. Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. №4 М., 2000. с. 15–21.
5. Huryeu Y., Padshyvalau U. Automated design of coordinate system for long linear objects. Proceedings of the 11th Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science, 5th – 7th September. As, Norway: PP, 2007. p.147–155.

УДК 528.486

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КООРДИНАТНЫХ МЕТОДОВ ДЕТАЛЬНОЙ РАЗБИВКИ ОСИ ТРАССЫ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В. П. Подшивалов ¹⁾, А. В. Кабацкий ²⁾

¹⁾ Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь,
vpodshivalov@bntu.by

²⁾ Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь,
saniakab@tut.by

В статье предлагается метод, дающий возможность автоматизации разбивки геодезических элементов оси трассы в единой системе координат. Суть представленного метода заключается в возможности определения координат элементов трассы в текущей пикетажной точке, независимо от конфигурации и протяженности трассы.

Ключевые слова: ось трассы; разбивка элементов трассы; координатное описание оси трассы.

Введение. До настоящего времени в учебных и нормативно-технических источниках предлагаются различные методы вынесения в проектное положение элементов оси трассы линейных сооружений. Разнообразие имеет место при разбивке криволинейных участков оси трассы. Предложение различных методов для разбивки криволинейных участков оси трассы вызвано возможностями применяемых геодезических приборов, необходимой точностью и детальностью разбивочных работ, а также условиями прохождения трассы на местности.

Современные технологии производства геодезических измерений, их обработка и представление для решения различных практических задач в координатном режиме допускают высокую степень автоматизации при наличии алгоритма вычислений по геодезическому обеспечению соответствующего технологического процесса.

Основная часть. Рассмотрим задачу общего координатного описания оси трассы линейного сооружения. При этом будем иметь в виду, что трасса на всем ее протяжении расположена в одной координатной зоне, независимо от ее протяжения. Для этого необходимо воспользоваться теорией и методологией, предложенных в работах [1- 5].

Представим плановое положение элементов фрагмента оси трассы на рисунке. В качестве исходной информации служат проектные значения: координаты вершин углов поворота трассы $x_A, y_A; x_B, y_B; x_C, y_C; x_D, y_D$; углы поворота оси трассы θ_1, θ_2 ; радиусы круговых кривых R_1, R_2 .

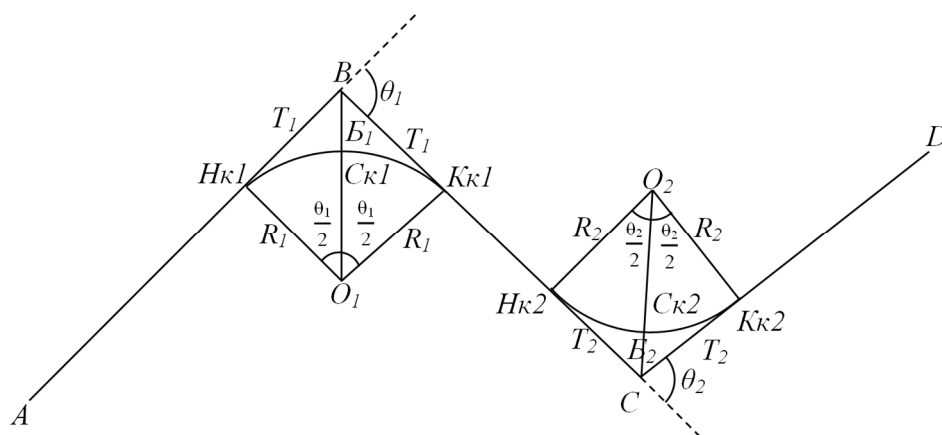


Схема фрагмента оси трассы

Для определения координат текущих точек оси трассы, как на прямолинейных, так и на круговых участках используем известные уравнения прямой и окружности в прямоугольной системе координат:

– уравнение прямой AB на участке от точки A до начала круговой кривой Hk_1 имеет вид:

$$y = y_A + (x - x_A) \operatorname{tg} \alpha_{AB} \text{ или } y = y_A + S_i \sin \alpha_{AB}; \quad (4)$$

– уравнение круговой кривой при вершине B от начала Hk_1 до конца кривой Kk_1 соответственно:

$$y = y_{01} \pm \sqrt{R_1^2 - (x - x_{01})^2} \quad (5)$$

При этом отрицательное значение корня квадратного принимается при вычислениях текущих координат от начала до середины кривой, положительное – от середины кривой до ее конца. Дирекционный угол α_{AB} и расстояние S_{AB} вычисляются по координатам точек A и B по известным формулам:

$$\alpha_{AB} = \arctg\left(\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}\right), \quad S_{AB} = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2},$$

координаты центра круговой кривой получают из выражений

$$\begin{aligned} X_{O1} &= X_A + \left(S_{AB} - R_1 \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2}\right) \cos \alpha_{AB} - R_1 \sin \alpha_{AB} \\ Y_{O1} &= Y_A + \left(S_{AB} - R_1 \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2}\right) \sin \alpha_{AB} + R_1 \cos \alpha_{AB}. \end{aligned}$$

Текущие значения ординат точек трассы y получают для соответствующих значений абсцисс x .

При выносе в проектное положение на местности текущие значения абсцисс на прямолинейных участках трассы могут быть привязаны к пикетажным точкам, отстоящим на оси трассы от начальной точки A на расстоянии S_i .

$$x = x_A + S_i \cos \alpha_{AB}$$

Для того, чтобы проконтролировать результаты вычислений и определить пределы действия формул (1) и (2) на оси трассы, вычисляем координаты главных точек кривой:

Координаты начала и конца кривой радиусом R_1 :

$$\begin{aligned} x_{HK1} &= x_B + R_1 \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2} \cos \alpha_{BA}; \quad y_{HK1} = y_B + R_1 \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2} \sin \alpha_{BA}; \\ x_{KK1} &= x_B + R_1 \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2} \cos \alpha_{BC}; \quad y_{KK1} = y_B + R_1 \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2} \sin \alpha_{BC}. \end{aligned}$$

Координаты середины кривой:

$$\begin{aligned} x_{CK1} &= x_B + R_1 \left(\frac{1}{\cos \frac{\theta_1}{2}} - 1 \right) \sin \left(\frac{\theta_1}{2} + \alpha_{BA} \right); \\ y_{CK1} &= y_B - R_1 \left(\frac{1}{\cos \frac{\theta_1}{2}} - 1 \right) \cos \left(\frac{\theta_1}{2} + \alpha_{BA} \right). \end{aligned}$$

Уравнение прямой BC на участке от точки KK_1 до начала круговой кривой HK_2 :

$$y = y_{KK1} + (x - x_{KK1}) \operatorname{tg} \alpha_{BC};$$

уравнение круговой кривой при вершине C :

$$y = y_{02} \pm \sqrt{R_2^2 - (x - x_{02})^2};$$

Здесь дирекционный угол α_{BC} и расстояние S_{BC} вычисляются по координатам точек B и C по формулам:

$$\alpha_{BC} = \arctg\left(\frac{y_C - y_B}{x_C - x_B}\right), \quad S_{BC} = \sqrt{(x_C - x_B)^2 + (y_C - y_B)^2}$$

а координаты центра круговой кривой при вершине C имеют выражения:

$$X_{O2} = X_{HK2} + R_2 \sin \alpha_{BC}; \quad Y_{O2} = Y_{HK2} - R_2 \cos \alpha_{BC};$$

Уравнение прямой CD :

$$y = y_C + (x - x_C) \operatorname{tg} \alpha_{CD};$$

Координаты главных точек кривой при вершине C имеют выражения:

Координаты начала и конца кривой радиусом R_2 :

$$x_{HK2} = x_C + R_2 \operatorname{tg} \frac{\theta_2}{2} \cos \alpha_{CB}; \quad y_{HK2} = y_C + R_2 \operatorname{tg} \frac{\theta_2}{2} \sin \alpha_{CB};$$

$$x_{KK2} = x_C + R_2 \operatorname{tg} \frac{\theta_2}{2} \cos \alpha_{CD}; \quad y_{KK2} = y_C + R_2 \operatorname{tg} \frac{\theta_2}{2} \sin \alpha_{CD}.$$

Координаты середины кривой:

$$x_{CK2} = x_C - R_2 \left(\frac{1}{\cos \frac{\theta_2}{2}} - 1 \right) \sin \left(\alpha_{CB} - \frac{\theta_2}{2} \right); \quad y_{CK2} = y_{BC} + R_1 \left(\frac{1}{\cos \frac{\theta_2}{2}} - 1 \right) \cos \left(\alpha_{CB} - \frac{\theta_2}{2} \right).$$

Заключение. Ось трассы представлена сочетанием прямолинейных отрезков и круговых кривых. Таким образом получаем формулы для вычисления всех элементов оси трассы, независимо от ее конфигурации и комбинации данных элементов.

Далее предлагается производить детальную разбивку на местности пикетажных точек электронным тахеометром или тахеометром в сочетании со спутниковой системой позиционирования, независимо от их положения, как на прямолинейных, так и криволинейных участках в координатном режиме с точностью, необходимой и достаточной для конкретного вида сооружения. Для этого необходимо в меню прибора внести соответствующие проектные значения координат, вычисленных по предлагаемым формулам.

Библиографические ссылки

1. Подшивалов В. П. Основы формирования координатной среды автоматизированных технологий. Журнал «Вестник Полоцкого госуниверситета. Прикладные науки». Новополоцк: 2004, с 34–37.
2. Padshyvalau U. Automated design of coordinate system for long linear objects / U. Padshyvalau, Guryeu J. Труды межд. научн.-техн. конф. ScanGIS. Осло-Ос, 2007. 9 с.
3. Подшивалов В. П. О проблемах комплексных инженерных изысканий при переходе к использованию современных научно-технических возможностей / В. П. Подшивалов, А. С. Назаров. Журнал «Инженерные изыскания», №11. М., 2010. с. 60–62.
4. Подшивалов В. П. Теоретические основы формирования координатной среды для геоинформационных систем – Новополоцк: Научное издание ПГУ, 1998. 125 с.
5. Подшивалов В. П. Координатная среда для геоинформационных систем. Геодезия и картография. №6. М., 1997. С. 51–55.

ОБСЛЕДОВАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПУНКТОВ ЦЕНТРАЛЬНОЕВРОПЕЙСКОЙ ДУГИ ПАРАЛЛЕЛИ (ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ ТРИАНГУЛЯЦИИ ТЕННЕРА)

А.П. Романкевич ¹⁾, В.М. Храмов ²⁾, Д.М. Чадович ³⁾, В.М. Красуцкий ⁴⁾,
А.И. Гордиюк ⁵⁾, И.В. Смирнов ⁶⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, rom.bsu@mail.ru

²⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, khramov.v.m@gmail.com

³⁾ СП «Кредо-Диалог» – ООО, г. Минск, Беларусь, Chadovich_D@credo-dialogue.com

⁴⁾ Государственное предприятие «Белгеодезия», г. Минск, Беларусь, kvm6848570@gmail.com

⁵⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, kgeodezia@mail.ru

⁶⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, smrgeo@mail.ru

Представлены результаты изучения архивных материалов восточной части триангуляции Минской губернии К.И. Теннера, включенных в Градусное измерение дуги параллели 52° с. ш. В 2019 г. на территории Клецкого, Копыльского, Любанского и Слуцкого районов Минской области проведены полевые изыскания по инструментальному обследованию и отысканию центров геодезических пунктов Центральноевропейской дуги параллели. Приведены результаты обследования 7 геодезических пунктов.

Ключевые слова: К.И. Теннер; триангуляция, геодезический пункт; градусное измерение; Центральноевропейская дуга параллели.

Введение. Центральноевропейская дуга параллели — градусное измерение дуги параллели 52° с. ш. охватило 63° 31' по долготе, т. е. более шестой части всей параллели, что в линейном выражении составило более 4 360 км, простираясь с запада от острова Валенсия (Ирландия) на восток до г. Орска. На территории современной Беларуси было расположено 52 геодезических пункта градусного измерения параллели 52° с. ш., закрепленные на местности геодезическими центрами в период с 1828 по 1866 г. Триангуляционный ряд состоял из 55 треугольников, 6 из которых частично расположены на территории Беларуси [1]. Из 52 геодезических пунктов 23 были заложены под руководством К.И. Теннера при выполнении Русско-Скандинавского градусного измерения в 1827–1832 гг., а также триангуляций Гродненской (1825–1828 гг.) и Минской губерний (1830–1834 гг.). Измерения были выполнены с «высочайшей точностью», поэтому не требовалось повторных измерений, а стороны треугольников, входящих в градусное измерение дуги меридиана, использовались как базисные стороны. Таким образом, триангуляция Теннера была включена в Градусное измерение дуги параллели 52° с. ш. как составная часть [2].

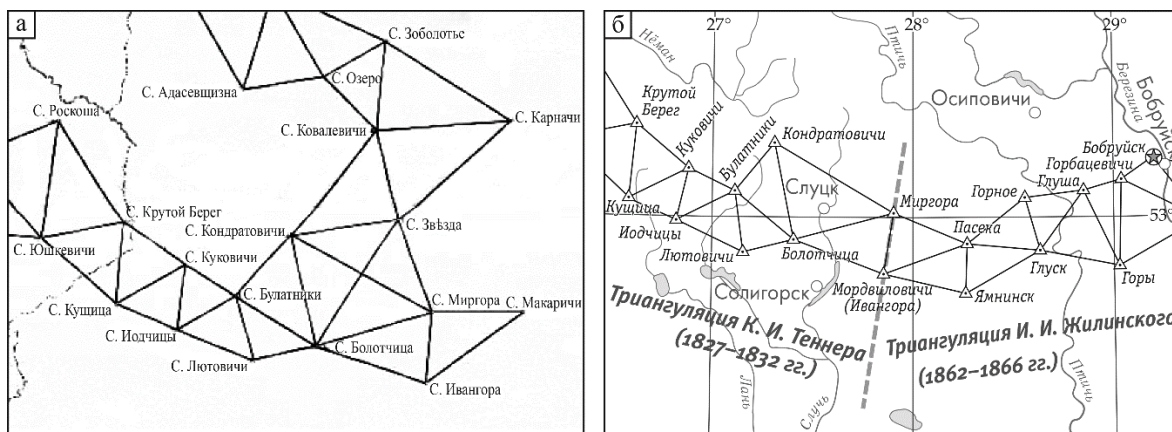
Для обследования пунктов была выбрана восточная часть триангуляции Теннера, т.к. в случае успешного отыскания центров геодезических пунктов, это позволило бы с высокой точностью рассчитать поисковые координаты центров геодезических пунктов триангуляции, выполненной под руководством И.И. Жилинского, которая стыкуется с триангуляцией Теннера по стороне

Миргора–Мордвиловичи (Ивангора). Еще одним фактором выбора для поисковых работ пунктов в восточной части триангуляции Теннера было, то обстоятельство, что эти пункты в 1920-х – 1930-х гг. располагались на территории БССР. Пункты Теннера, расположенные в этот период на территории Польши, могли быть перезаложены польскими геодезистами. Сведения о перезакладке центров геодезических пунктов Теннера встречаются в отчетах польских геодезистов и требуют дальнейшего изучения.

Основная часть. Перед началом полевых исследований были изучены Записки Военно-топографического депо и Записки военно-топографического отдела Главного штаба части VIII, X, XLVII, LXI (отделение I) [2 – 5].

В отчетах были изучены: общие сведения о градусном измерении дуги параллели 52° с. ш., описания и чертежи по обустройству пунктов первой классной триангуляции с подробным указанием (материалов и размеров), результаты измерений триангуляции Минской губернии, а также результаты работ по отысканию центров первой классных триангуляций при выполнении Полесской триангуляции в 1902 г. [2 – 5].

Для инструментального обследования с целью выявления центров были выбраны пункты восточной части триангуляции Теннера, включенные в градусное измерение дуги параллели 52° с. ш.: Миргора, Ивангора, Болотчица, Кондратовичи, Булатники, Кущица (см. рисунок).



Пункты градусного измерения дуги параллели 52° с. ш., обследованные с целью выявления центров (а — фрагмент «Карты тригонометрических сетей Виленской, Курляндской, Гродненской и Минской губерний» [3], б — фрагмент «Схемы триангуляции вдоль параллели 52° с. ш. на территории Республики Беларусь» [1])

Изучение архивных материалов позволило установить, что в ходе отыскания центров триангуляции Теннера при выполнении Полесской триангуляции 1902 г., некоторые центры были не найдены или находились в таком состоянии что не могли быть использованы как исходные пункты (Булатники, Лютовичи, Иодчицы, Болотчица, Миргора, Ивангора). Кроме того, в отчете о триангуляционных работах за 1902 г. также указано, что были перезаложены центры Теннера: Кущица в 1894 г. и Куковичи в 1902 г. [5].

Однако в отчете конкретно не указано центры каких пунктов не найдены, а какие находились в неудовлетворительном состоянии. В связи с этим было

принято решение обследовать все намеченные пункты. Принимая во внимание вероятность того, что центры данных пунктов все же утрачены, было решено дополнительно выполнить поисковые работы на пункте Теннера Звезда, входящем в триангуляцию Минской губернии, который не был включен в градусное измерение, но являлся одной из вершин треугольника Кондратовичи–Миргора–Звезда, примыкающего к ряду градусного измерения. Отыскание центра данного пункта позволило бы повысить точность расчетов поисковых координат центров других пунктов Центральноевропейской дуги параллели.

Предварительно было проведено уравнивание измерений триангуляции Минской губернии Теннера. Уравнивание выполнялось в программе КРЕДО ДАТ 5.0 в МСК, созданной в проекции Transverse Mercator с осевым меридианом $25^{\circ}30'$ и масштабным коэффициентом на осевом меридиане равным 1.0. В качестве исходных координат использовались определенные в режиме РТК координаты пункта Дрисвяты (южное окончание Дрисвятского базиса) и дирекционный угол на пункт Тильжа (Литва). Вычисленные на плоскости координаты пунктов Минской триангуляции Теннера были пересчитаны в пространственные координаты и затем между одноименными пунктами установлены параметры связи двух пространственных систем координат — МСК и ITRF на эпоху 23.04.2008. В результате установления параметров связи и исключения пунктов с наибольшими погрешностями, на участке от Видзы до Минска были найдены 9 пунктов, точность совмещения которых, в двух системах координат не превышала 0,5 м. Далее, в СК ITRF на эпоху 23.04.2008 были вычислены поисковые координаты пунктов Миргора, Мордвильовичи (Ивангора), Болотчица, Кондратовичи, Булатники, Кущица, Звезда.

В ходе изучения обустройства пунктов первоклассной триангуляции было установлено, что вначале устанавливали наружный знак — сигнал, а затем закладывали центр, совмещая его с центром вершины сигнала. Для этого делали углубление в земле на пол кубической сажени, которое заполняли диким камнем и известью, заложив в центре кирпич «стоймя», так, что пересечение диагоналей поверхности его было отвесно под вершиною сигнала. После чего замуровывали кирпич диким камнем. Сверху замуровывался кол, на котором также обозначали центр вершины сигнала малым гвоздем без шляпки. Центр заглублялся почти на 2 фута (60,96 см). Расстояние между опорами сигнала предписывалось делать в полторы сажени (3,2 м) [3]. Таким образом, в случае отыскания опор сигнала можно определить положение центра, а в случае утраты центра пункта можно от сохранившихся опор или их следов определить с приемлемой точностью местоположение утраченного центра.

Полевые работы проводились в апреле на пунктах Миргора, Мордвильовичи (Ивангора), в июле — Миргора, Болотчица, Звезда и в августе — Кондратовичи, Кущица, Булатники.

Полевое инструментальное обследование пункта Миргора с целью отыскания центра в апреле не дало результатов, т.к. поисковые координаты были рассчитаны с недостаточной точностью, поскольку в качестве исходных принимались пункты, значительно удаленные от пункта Миргора. Второе обследо-

дование пункта с уточненными поисковыми координатами, также не дало результата, но уже в следствие того, что при выноске координат на местности спутниковым приемником решение по определению местоположения центра, было «плавающим», т.к. вершина горы покрыта плотной древесно-кустарниковой растительностью.

Обследование пункта Мордвиловичи (Ивангора) выполнялось на первом этапе исследований. Ввиду непостоянной связи спутникового приемника с базой и изрытостью местности на большой территории (наличие ям и капониров) центр пункта следует считать необнаруженным. Требуется дополнительное инструментальное обследование.

В ходе обследования пункта Болотчица было установлено, что центр находится на территории кладбища и на его месте располагается захоронение. Центр следует считать утраченным.

На пункте Звезда в четырех местах были обнаружены на глубине 40–50 см забутовки из плотно уложенных камней. В центре забутовок имелись остатки сгнивших бревен либо отверстие. Расстояние между опорами составило 3,2 м (1,5 сажени), что полностью соответствовало описанию и чертежам обустройства пунктов, приведенным в части VIII Записок Военно-топографического депо. Таким образом, местоположение пункта стало вполне очевидным. Однако в ходе дальнейших поисковых работ центр обнаружен не был. Поскольку забутовка опор сигнала достаточно хорошо сохранилась, и они располагались в полном соответствии с инструкцией, то положение центра можно рассчитать. Оно определяется с приемлемой точностью, например, как центр окружности, проходящей через центры опор или как точка пересечения диагоналей квадрата. В режиме RTK от постоянно действующих пунктов Спутниковой системы точного позиционирования государственного предприятия «Белгеодезия» были определены координаты местоположения опор и центра, полученного по результатам геометрического построения.

При поисковых работах на пункте Кондратовичи были обнаружены следы двух опор, которые, как и на пункте Звезда, представляли собой забутовки из камней, в центре которых располагались отверстия, оставшиеся от сгнивших деревянных опор. Расстояние между отверстиями в забутовке составляло 3,2 м, что указывало на расположение опор сигнала в этих местах. Дальнейшие вычисления позволили достаточно быстро рассчитать и обнаружить центр пункта. Центр представлял собой забутовку из подогнанных и плотно уложенных камней в виде куба, расположенную на глубине 40 см от земной поверхности. Размеры верхней грани 70×80 см. В центре забутовки расположен вертикально установленный кирпич, который и является носителем координат. Найденный центр соответствовал описанию «фундаментов для хранения тригонометрических точек», приведенному в части VIII Записок Военно-топографического депо. Не вызывало никаких сомнений, что центр пункта К.И. Теннера Кондратовичи найден! Сохранность центра хорошая. В режиме RTK были определены координаты центра и опор сигнала, после чего центр пункта был законсервирован.

Измеренные координаты пунктов Звезда и Кондратовичи были приняты исходными для переуравнивания восточной части триангуляции и позволили уточнить поисковые координаты центров других пунктов Дуги параллели.

В ходе инструментального обследования на пункте Булатники не было обнаружено каких-либо признаков обустройства пункта триангуляции и центра. Верхний слой земли на обследуемой территории был сильно нарушен. Учитывая, что поисковые координаты имели высокую точность, обследование было прекращено. Центр пункта Булатники следует считать утраченным. Что соответствует результатам обследования 1902 г.

Согласно литературным источникам, центр пункта Кущица был перезаложен в 1894 г. [5]. В ходе обследования было установлено, что на месте пункта Теннера находится геодезический пункт, имеющий наружный знак в виде металлической пирамиды и бетонного опознавательного столба с табличкой. Центр пункта представлен бетонным пилоном с маркой ГУГК. Пункт входит в государственную геодезическую сеть Республики Беларусь под название Кухчицы. Геодезический пункт Кущица следует считать сохраненным, но центр пункта Теннера — утраченным.

Заключение. В результате полевого инструментального обследования пунктов восточной части триангуляции Теннера получены следующие результаты:

1. Сохранились пункты Кондратовичи и Звезда (частично), не обнаружены – Миргора и Мордвиловичи (Ивангора), утраченными следует считать пункты Болотчица и Булатники, центр пункта Кущица перезаложен.

2. Вновь измеренные координаты пунктов Кондратовичи и Звезда позволяют выполнить переуравнивание триангуляционного ряда Градусного измерения дуги параллели 52° с. ш. и тем самым получить «ключ» для определения с высокой степенью достоверности поисковых координат остальных пунктов Дуги, центров Рогачевского базиса и возможно каменных столбов астрономических пунктов в районах Гродно и Бобруйска с применением высокоточного спутникового оборудования.

Библиографические ссылки

1. Романкевич, А. П., Храмов В. М., Гордиюк А. И. Градусные измерения дуги параллели 52° северной широты. Земля Беларуси. №3. 2018. С. 29–32.
2. Записки Военно-топографического отдела Главного штаба. СПб, 1891. Ч. XLVII.
3. Записки Военно-топографического депо. СПб, 1843. Ч. VIII.
4. Записки Военно-топографического депо. СПб, 1847. Ч. X.
5. Записки Военно-топографического управления Главного штаба. СПб, 1905. Ч. LXI.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ И ОПЕРАТИВНОСТИ ТОПОГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ПРИВЯЗКИ

О. В. Руденков¹⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
o-rudenkov@mail.ru

Проведен анализ изменения основных критериев к топогеодезическому обеспечению войск в XX столетии. По результатам выявленных тенденций развития современных боевых действий обоснована необходимость нового подхода к топогеодезической привязке. Определено, что решение задачи повышения точности и оперативности топогеодезической привязки войск требует комплексного подхода – совершенствования военной специальной техники и внедрения новейших средств получения и обработки топографической и геодезической информации. Делается вывод о том, что на данном этапе развития в подвижном навигационно-геодезическом комплексе наиболее полно реализован комплексный подход, позволяющий повысить точность и сократить время топогеодезической привязки.

Ключевые слова: топогеодезическое обеспечение; топогеодезическая привязка; комплексный подход; подвижный навигационно-геодезический комплекс.

Введение. Развитие средств вооруженной борьбы на протяжении последних десятилетий неразрывно связано с изменением роли топогеодезического обеспечения органов управления и войск в мирное и военное время. В свою очередь, способы получения и доведения до войск информации о местности напрямую влияют на процесс планирования боевых действий, определяют характер и эффективность использования вооружения, военной и специальной техники.

Создание в XX веке новых средств ведения вооруженной борьбы вызвало изменение требований к топогеодезической информации по оперативности, точности и достоверности ее получения и доведения, а также привело к созданию новых средств анализа и отображения пространственно-распределенных объектов местности. В данном исследовании проанализированы пространственно-временные требования к топогеодезической привязке, выработаны предложения по повышению ее точности и оперативности.

Основная часть. Сформировавшиеся в отечественной военной науке взгляды на топогеодезическое обеспечение, основные принципы организации которого сформировались в начале XX столетия, в настоящее время входят в противоречие с характером современных войн и способами ведения боевых действий, состоянием экономики государства и его ресурсных возможностей, темпами научно-технического прогресса в области геоинформационных технологий [1]. В целях определения направлений и перспектив дальнейшего развития способов получения и доведения до войск топогеодезической информации следует учитывать предыдущий опыт проведения мероприятий по топогеодезическому обеспечению, выполненных в период военных конфликтов прошедшего столетия.

Опыт Русско-японской войны 1904-1905 гг. оказал незначительное влияние на процесс реформирования взглядов командования русской армии на порядок планирования и ведения боевых действий. Это привело к обособлению Корпуса военных топографов, превращению его в производственную организацию и потере связи с войсками [2].

Общее состояние русской армии к 1914 г. естественным образом отразилось на уровне подготовки России к войне в топогеодезическом отношении. В своей работе авторы отмечают [3], что накануне и в ходе Первой мировой войны (1914-1918 гг.) проведение мероприятий по топогеодезическому обеспечению русской армии осуществлялось Корпусом военных топографов. Именно в этот период формируются основные задачи топогеодезического обеспечения, ставшего одним из важнейших видов оперативного (боевого) обеспечения войск в операциях (боевых действиях):

- создание запасов топографических карт на основе заблаговременной подготовки театров военных действий в топогеодезическом отношении,
- обеспечение войск топографическими картами при подготовке и в ходе операций,
- организация топогеодезической поддержки стрельбы артиллерии,
- создание в условиях боевых действий специальных карт и фотодокументов.

Опыт Великой Отечественной войны подтвердил важность перечисленных мероприятий топогеодезического обеспечения войск для планирования и проведения операций. Однако анализ подготовки к войне вскрыл и крупные недостатки организационного характера (отсутствие начальников топографической службы в соединениях и полках), что отрицательно влияло на сроки выполнения вышеперечисленных задач.

Изменение взглядов на значение топогеодезического обеспечения во второй половине XX столетия связано с совершенствованием ракетного вооружения и артиллерии, созданием высокоточного оружия, что привело к расширению спектра средств топогеодезической информации, востребованной не только в период ведения боевых действий, но и подготовки к ним.

Другим стимулом к повышению важности топогеодезического обеспечения стало совершенствование системы управления войсками, при котором оперативное и точное определение положения подразделений противоборствующих сторон стало играть решающую роль.

Мировые тенденции развития вооружения и военной техники, повышение требований к оперативности, точности и достоверности получения и доведения до войск топогеодезической информации сопровождалось в передовых зарубежных государствах революционными переворотами в технологиях получения и анализа топогеодезической информации. Широкое применение в процессе моделирования боевых действий нашли географические информационные системы, а технологии дистанционного зондирования Земли и вовсе стали одним из основных способов получения информации о местности [4].

В современных публикациях Республики Беларусь, посвященных топогеодезическому обеспечению войск, повышение точности и оперативности топогеодезической привязки боевых порядков войск совсем не рассмотрены. Вместе с тем, отдельные работы В.К. Утекалко посвящены изучению основных задач навигационно-топографической службы Вооруженных Сил Республики Беларусь, порядка обеспечения войск топографическими, специальными картами и исходными астрономо-геодезическими данными, организации топогеодезического обеспечения боевых действий отдельной механизированной бригады, методики изучения и оценки местности при организации и ведении боя [5]. В отдельных работах Д.В. Грохольского прослеживаются попытки совершенствования системы топогеодезического обеспечения путем внедрения в технологический процесс получения астрономо-геодезических данных с помощью современной специальной военной техники [6].

Из вышеуказанного следует, что решение задачи повышения точности и оперативности топогеодезической привязки боевых порядков войск имеет смысл лишь при комплексном подходе – совершенствование военной специальной техники навигационно-топографической службы Вооруженных Сил с внедрением в них новейших средств получения и обработки топогеодезической информации.

Основные взгляды на повышение точности и оперативности топогеодезической привязки, как элемента топогеодезического и навигационного обеспечения войск, сформулированы в Концепции совершенствования системы топогеодезического обеспечения и создания системы навигационного обеспечения Вооруженных Сил, основные положения которой опираются на мировой, в том числе и боевой, опыт построения системы топогеодезического обеспечения [7].

Из всего разнообразия вооружения и военной специальной техники навигационно-топографической службы Вооруженных Сил, в подвижном навигационно-геодезическом комплексе (далее - ПНГК) наиболее полно реализован комплексный подход «совершенствование военной специальной техники – внедрение новейших средств получения и обработки топогеодезической информации», который позволяет повысить точность и сократить время топогеодезической привязки боевых порядков войск с наименьшими материальными затратами.

Оснащение ПНГК комплектом переносных средств топогеодезического обеспечения, в который входят современный электронный тахеометр с гироскопической насадкой, цифровой нивелир, лазерный дальномер, спутниковый навигационный приемник, геодезические ГЛОНАСС/GPS приемники с принадлежностями, интегрированный навигационно-информационный комплекс позволяет выполнять топогеодезическую привязку в течение нескольких минут с метровой точностью. Наличие в составе ПНГК современных геоинформационных систем обеспечивает интеграцию, унифицированное представление, обработку, отображение и документирование разнородных данных цифровой информации о местности, необходимых должностным лицам органов

военного управления для оценки обстановки и принятия решений по управлению силами (средствами).

Заключение. Таким образом, в статье приведены результаты анализа тенденций развития современного топогеодезического и навигационного обеспечения войск. Учитывая высокую маневренность сил и средств ведения современного боя, при планировании топогеодезической привязки в конкретных условиях боевой подготовки необходимо использовать способы выполнения топогеодезических работ, военную специальную технику, максимально снижающие время, затрачиваемое на получение астрономо-геодезических данных и повышающие их точность. На этой основе предложен новый подход к повышению точности и оперативности топогеодезической привязки с использованием подвижного навигационно-геодезического комплекса.

Библиографические ссылки

1. Елюшкин В. Г., Долгов Е. И. Эволюция взглядов на топогеодезическое обеспечение – прошлое, настоящее и будущее. Исторические очерки к 65-летию 29 НИИ МО РФ. М., 2001. 133 с.
2. Игнатьев А. А. Пятьдесят лет в строю. М.: Воениздат, 1988. 752 с.
3. Глушков В. В., Долгов Е. И., Шаравин А. А. Корпус военных топографов русской армии в годы Первой мировой войны. М.: Институт политического и военного анализа, 1999. 232 с.
4. Абламейко С. В., Крючков А. Н. Информационные технологии создания и обновления цифровых и электронных карт местности. Информатика. №2. 2011. С. 86–93.
5. Утекалко В. К. Топогеодезическое обеспечение войск. Минск: ВА РБ, 2006.
6. Грохольский Д. В. Разработка методики определения азимутов с использованием спутниковой геодезической аппаратуры. Минск, в/ч 29591, 2008.
7. Военно-техническая концепция совершенствования системы топогеодезического обеспечения и создания системы навигационного обеспечения Вооруженных Сил, 2005.

УДК 528.26+94(476)

ПОИСКОВЫЕ РАБОТЫ НА ПУНКТЕ ДРИСВЯТЫ – ЮЖНОМ ОКОНЧАНИИ ДРИСВЯТСКОГО ОСНОВАНИЯ (БАЗИСА)

Д. В. Чадович¹⁾, В. М. Красуцкий²⁾

¹⁾ СП «Кредо-Диалог» – ООО, г. Минск, Беларусь, Chadovich_D@credo-dialogue.com

²⁾ Государственное предприятие «Белгеодезия», г. Минск, Беларусь, kvm6848570@gmail.com

В статье приведены результаты поисковых работ первого пункта триангуляции на территории Республики Беларусь, указаны геодезические координаты пункта. Приведены последствия по результатам поисковых работ.

Ключевые слова: Дрисвятское основание (базис); пункт триангуляции.

Дрисвятское основание является одним из первых базисных измерений, выполненным военными геодезистами Российской империи. Это измерение

являлось одной из опорных сторон при создании первых триангуляционных построений в западной части Российской империи.

История создания основания. 16 декабря 1815 г. в предписании генерал-адъютанта князя П.М. Волконского было приказано «производить тригонометрическую и топографическую съемку Виленской губернии...». Работы высшего разряда начались в Виленской и Гродненской губерниях. К. Теннер предложил «произвести съемку самую подробнейшую по правилам тригонометрии, к чему потребно составить тригонометрическую сеть, основанную на астрономических наблюдениях...». Под руководством К.И. Теннера в работах участвовали офицеры Генерального штаба: капитан Мессинг, подпоручик Э.И. Дитмарс, прапорщики Э.Ф. Гецель, П.К. Занден и М.П. Бырдин, а в последний год, и колонновожатый И.И. Ходзько. Для создания тригонометрической сети необходимо было измерить базисные линии. Были выбраны места для трех базисов. Первым, после рекогносцировки Виленской губернии, было установлено, что для измерения базиса по льду может быть использовано озеро Дрисвяты.

Описание основания. Место для закладки вершин основания выбирал непосредственно К. Теннер. Конечные пункты основания были заложены на берегах озера Дрисвяты. Северный пункт находился у корчмы Тильжа на расстоянии 87 саженей от берега, южный пункт находился вблизи местечка Дрисвяты на расстоянии 511 саженей от берега. Вершины основания были закреплены осенью 1816 г. забутовкой из камней и извести в ямах размером в 1 куб. сажень. В забутовке также были замурованы стойки (цилиндры) из дуба высотой 4 фута и в поперечнике 11 дюймов, к которым были прикреплены медные пластины с нарисованными концентрическими кругами. По окончании измерений цилиндры были засыпаны грунтом толщиной в один фут. Также было обозначено, что если цилиндры сгниют, то их местоположение можно будет установить по внутренним краям, так как они были отвесно замурованы. Для связи основания с тригонометрическими точками Гуры, Видзы и Бирнишки над центрами основания были установлены пирамиды высотой в 1,47 саженей на севере и 1,51 саженей – на юге.

Измерение основания. Измерения на базисе выполнялись по отдельному предписанию начальника Главного штаба князя Волконского. Полевые работы начались с 8 февраля 1817 г. Само измерение основания выполнялось с 14 февраля по 29 марта 1817 г. Непосредственно работами руководил К. Теннер. Кроме него в измерениях принимали участие Мессинг, Дитмарс, Гецель, Занден и Бырдин, два унтер-офицера и 15 рядовых. К. Теннер снимал отсчеты по жезлу, Дитмарс и Мессинг записывали отсчеты в два журнала. Занден для контроля повторно диктовал отсчеты, а Гецель и Бырдин проверяли записанные отсчеты. Измеренная длина основания была приведена к уровню моря и к двум значениям температуры:

- 14°C Реомюра – 5407,1505 саженей¹;
- 13°C Реомюра – 5407,2305 саженей².

¹ 1 сажень = 2,1336 м.

² Из отчета Корпуса военных топографов № 59, 1902 г. – 5407,1448 саженей.

Подготовительные работы. Для вычисления поисковых координат пункта Дрисвяты авторами данной статьи были изучены VIII и X тома отчетов о деятельности Корпуса военных топографов. В этих отчетах приведены данные измерения углов по Дуге Струве (1-й ряд триангуляции) и измерения от 2-го до 14-го ряда, а также работы на базисах. Далее были уравнены измерения по Дуге Струве. Уравнивание было выполнено в программе КРЕДО ДАТ 5.0 в МСК, образованной от системы ITRF на эпоху 23.04.2008. В качестве исходных пунктов были взяты координаты шести оригинальных сохранившихся центров: Тупишки, Белин, Чекуцк, Осовница, Лопаты, Лесковичи, полученные в режиме RTK (за исключением пункта Белин, координаты которого были вычислены от выносных реперов). Уравненная сеть была дополнена измерениями по 8-му, 9-му и 10-му рядам триангуляции, затем все измерения были уравнены совместно. В результате были вычислены начальные поисковые координаты пункта Дрисвяты и определено место поисков. Полученное значение СКО положения пункта Дрисвяты превышало величину 3,0 м (вероятность 95.5%).

Полевые поисковые работы. Первый этап. Полевые работы этого этапа были выполнены в ноябре 2018 г. В.М. Красуцким и Д.В. Чадовичем.

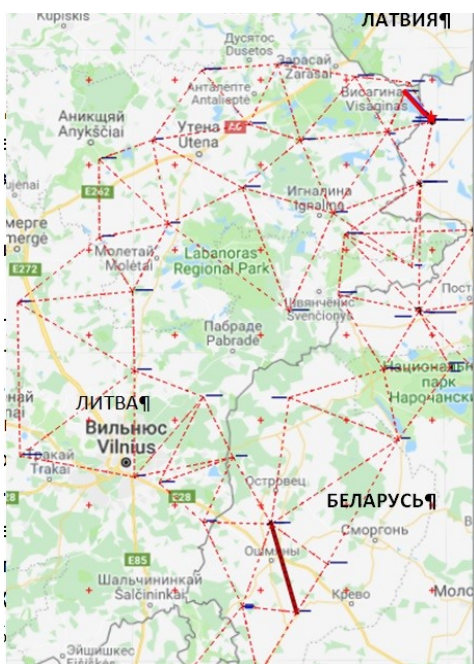


Рис.1

Для того чтобы уменьшить влияние ошибок исходных пунктов в системе КРЕДО ДАТ 5.0, перед началом полевых работ был уравнен замкнутый полигон измерений, состоящий из цепочки треугольников Виленской триангуляции К. Теннера и ряда пунктов, относящихся к Дуге Струве (рис. 1). В качестве исходной стороны взята линия 1-го ряда триангуляции Дуги Струве Тупишки – Дейбиси. На пункте Тупишки сохранился оригинальный центр. Пункт Дейбиси перезаложен польскими геодезистами на месте оригинального центра. Поисковые работы на первом этапе не привели к положительным результатам несмотря на то, что в течение дня, когда велись раскопки, были просчитаны несколько вариантов местоположения центра. Как оказалось позднее, раскопки велись на расстоянии от 5,0

до 2,5 м от фактического местоположения центра. По результатам полевых работ стало понятно, что поиски пункта с использованием только результатов уравнивания не позволяют с достаточной уверенностью получить качественные поисковые координаты по следующим причинам:

- во-первых, из-за значительной удаленности пункта Дрисвяты от Дуги Струве – 150 км к северо-востоку от оригинального центра Тупишки;

– во-вторых – пункты, расположенные рядом с Тупишками были впоследствии перезаложены польскими геодезистами и точность совмещения со старыми центрами невозможно оценить.

По итогам первого этапа было принято решение отдельно уравнивать цепочку 10-го ряда триангуляции между линией Заболотье – Озеро на юге и линией Дрисвяты – Тильжа на севере. Уравнивание опять было выполнено в ранее созданной МСК, но уже без привязки к пунктам Дуги Струве³. В качестве базисной стороны была взята сторона Дрисвяты – Тильжа, а качестве исходных координат использовались поисковые координаты пункта Дрисвяты. Вычисленные координаты были пересчитаны в пространственную СК. Для этого же ряда триангуляции в режиме РТК от пунктов спутниковой системы точного позиционирования (ССТП) РУП «Белгеодезия» были определены координаты некоторых современных центров пунктов в системе координат ITRF на эпоху 23.04.2008. Затем в программе ТРАНСКОР 3.0 были установлены параметры связи двух пространственных систем координат и далее вычислены остаточные невязки по каждому из пунктов. Последовательным исключением пунктов с «грубыми невязками» и последующим повторным установлением параметров были отобраны девять пунктов, точность совмещения которых была не более 0,5. СКО погрешности координат совмещенных пунктов составила 0,335 м.

Примечательно, что пункт Мядзиоль (современное название Юстыново) который был заложен в 1830 г., в настоящее время является пунктом Лапласа и входит в первоклассный ряд триангуляции. Рядом с пунктом сохранился столб для астрономических наблюдений. На месте оригинального центра сейчас заложен польский центр.

По установленным параметрам были вычислены поисковые координаты следующих пунктов 8-го и 10-го рядов триангуляции: Дрисвяты⁴ (1816, 1818), Видзы (1818), Козяны (1830), Дубово (1830), Лижичи (1819), Заболотье (1830), Озеро (1830), Сверщкувка (1830). Эти пункты или не имеют современных аналогов, или их центры заложены на расстоянии от нескольких метров до нескольких десятков метров от современных центров.

Второй этап. После вычисления новых поисковых координат пунктов 17 апреля 2019 г. была предпринята вторая попытка найти южный пункт Дрисвятского основания. Полевые работы так же, как и в первый раз, производились В.М. Красуцким и Д.В. Чадовичем.

Определение местоположения пункта Дрисвяты выполнялось в режиме РТК от пунктов ССТП РУП «Белгеодезии». На этот раз сразу стало ясно, что поиски пункта ведутся в районе закладки центра, так как была найдена каменная забутовка. На глубине 1,0 м от поверхности земли была обнаружена кирпичная кладка, под верхним кирпичом которой находился центр. Центр представляет собой кирпич с нанесенным перекрестием (рис. 2).

³ Необходимость в таком уравнивании была обусловлена стремлением устранить влияние ошибок исходных пунктов.

⁴ В скобках указан год закладки и/или первых геодезических измерений на пунктах.

Центр был определен в режиме РТК, после этого пункт был законсервирован. Над местом расположения пункта на земле был выложен из камней опознавательный знак для последующего его быстрого нахождения на местности.

Следует отметить, что согласно описаниям над центром должен был располагаться деревянный столбик с медной пластинкой, но, по нашему мнению, столбик уже нельзя будет найти, и его следует признать утраченным. Следует отметить, что в 1900 г. военные геодезисты Российской империи еще раз использовали вершины базиса – пункты Тильжа и Дрисвяты для дальнейшего развития триангуляции в «Западном пограничном пространстве». Вычисленные координаты пунктов были опубликованы в «Каталоге тригонометрических пунктов...», М. 1925 г. Центр пункта Дрисвяты расположен на склоне холма, на выгоне. Такое местоположение пункта объясняется тем, что базис был разбит с учетом максимального его проложения по льду озера Дрисвяты.



Рис. 2

Координаты пункта в системе координат ITRF на эпоху 23.04.2008: $B=55^{\circ}35'01,06303''$ $L=26^{\circ}41'22,21541''$

Последствия. От координат южного центра базиса были вычислены координаты северного центра – пункта Тильжа. Этот центр расположен на территории Литовской республики на северном берегу озера Дрисвяты, в населенном пункте Тильжа. Его координаты были переданы литовским геодезистам.

Повторно пункт был вскрыт 18 июля 2019 г. во время посещения объекта руководством Госкомимущества Республики Беларусь, РУП «Белгеодезии», Браславского райисполкома, Видзовского сельского исполнительного комитета, представителями Белорусского национального технического университета и СП «Кредо-Диалог».

Было рекомендовано местным властям рядом с дорогой Опса–Дрисвяты, напротив пункта установить информационный указатель (в конце августа 2019г. указатель был установлен), над самым пунктом установить валун с информационной табличкой, а в музее «Вытоки» Видзовского колледжа создать экспозицию об объекте.

Библиографические ссылки

1. Записки военно-топографического депо. Часть 8. С-П., 1843.
2. Записки военно-топографического депо. Часть 10. С-П., 1847.
3. Записки военно-топографического отдела. Часть 59. С-П., 1902.
4. Каталог тригонометрических пунктов, определенных триангуляцией Западного Пограничного Пространства в 1886–1901 гг. М., 1925.

ПОРТАЛ МЕТАДАННЫХ ГОСКАРТГЕОФОНДА

К. Ю. Юзефович¹⁾, Д. Н. Калугин²⁾

¹⁾ Топографо-геодезическое унитарное предприятие «Белгеодезия»,
г. Минск, Беларусь, kyuzefovich@belgeodesy.by

²⁾ Топографо-геодезическое унитарное предприятие «Белгеодезия», г. Минск, Беларусь;
Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк, Беларусь, georaf.soccer@mail.ru

Данная статья посвящена основным стадиям разработки целостной и структурированной базы метаданных, соответствующей современным тенденциям создания и хранения информации на цифровых носителях в рамках общемировых стандартов. Был описан опыт других стран в ведении базы геоданных и способах трансформации накопленного материала в виде базы метаданных. Была выбрана единая программная платформа, отвечающая потребностям и запросам Госкартгеофонда. Описаны преимущества программной среды Geonetwork Opensource для ведения базы метаданных.

Ключевые слова: база метаданных; метаданные; Geonetwork Opensource; ГИС; проектирование; система управления базами данных.

Введение. Одним из важнейших векторов развития Беларуси в последние годы стало формирование и развитие информационного общества [1]. Особый интерес в этом отношении представляет информация о пространственных объектах (пространственные данные), которая обладает прекрасными презентационными свойствами, что позволяет отображать процессы и явления окружающего мира на карте – в форме, доступной и понятной для самого широкого круга пользователей. Кроме того, пространственные данные могут служить основой для интеграции самых разнородных тематических данных [2]. Такая привлекательность пространственных данных приводит к стремительному росту их количества в информационном поле Беларуси. При этом отсутствие доступных широкому кругу пользователей сведений о созданных и создаваемых пространственных данных приводит к дублированию работ по их созданию и неоправданному расходованию средств, в том числе бюджетных.

Решение этой проблемы видится в создании общедоступной базы данных, содержащей сведения о созданных, создаваемых и планируемых к созданию пространственных данных – базы метаданных.

Основная часть. Одним из крупнейших в стране источников пространственных данных является государственный фонд картографо-геодезических материалов и данных Республики Беларусь (Госкартгеофонд) [3]. Первая попытка создания автоматизированной базы метаданных Госкартгеофонда была предпринята в 2010-2011 годах, которая в силу ряда объективных и субъективных причин не привела к ожидаемому результату. Современное развитие программных, технических и коммуникационных средств позволило государственному предприятию «Белгеодезия» в 2018 году возобновить уже на новом, более современном уровне эти работы, результатом которых должно стать создание Геопортала метаданных Госкартгеофонда.

Первым шагом на этом пути стал выбор стандарта описания метаданных и программной платформы, на которой будет реализован Геопортал [4]. В качестве стандарта описания метаданных было решено использовать международный стандарт ISO 19115 [5], адаптировав его к национальным условиям. В качестве программной платформы рассматривались следующие: ArcGIS Enterprise, Geoportal Server, QGIS Enterprise SDI, OpenGeo (Boundless) Suite, GeoNode, CKAN, GeoNetwork.

В результате детального анализа был сделан выбор в пользу программной платформы GeoNetwork.

GeoNetwork opensource – это стандартизированная и децентрализованная среда управления пространственной информацией, разработанная для доступа к базам геоданных, картографическим продуктам и связанным с ними метаданным из различных источников, облегчающая обмен пространственной информацией между организациями и ее совместное использование посредством интернета [6].

ПО GeoNetwork opensource соответствует всем основным требованиям по работе с данными Госкартгеофонда:

1. Возможность работы с картографическими данными.
2. Разделение информации на IntroNet и Internet, позволяющее разграничивать информацию для внутреннего пользования и открытую информацию с помощью иерархической структуры автор-рецензент.
3. Возможность использования стандартных шаблонов метаданных или создание собственных, ориентированных на специализированные материалы.
4. Распределение всех данных по категориям и подкатегориям, удобный поиск и применение внесённых изменений в дальнейшем заполнении метаданных.
5. Возможность интеграции с другими платформами.
6. Поддержка всех ключевых шаблонов метаданных, в том числе Iso 19139 и 19110, работающих с картографическими материалами, Dublin Core для ведения контактных данных, а так же создание собственных шаблонов, отвечающих стандартизации перевода близких по тематике данных.
7. Простой экспорт полученного продукта одним кликом, перевод данных в другие форматы.
8. Свободная модель лицензирования.
9. Возможность программирование в XML.

Определившись с платформой, можно перемещать данные ГИС Госкартгеофонда в GeoNetwork. Добавлению в базу метаданных подлежат все материалы, хранящиеся в Госкартгеофонде, а также внешние ссылки, подлежащие описанию, которые носят вспомогательный характер. Это – топографические, гравиметрические, обзорные и др. карты и планы, материалы аэрофото-

съёмки, ортофотопланы, технические отчёты и пояснительные записки, каталоги пунктов (триангуляции, нивелирования, гравиметрических пунктов и т.д.), слоёв ЗИС, различных документов, стандартов метаданных, книг и многое другое [7]. Для систематизации всей совокупности информации они распределяются по каталогам, темам, стандартам, созданным под эти данные [8]. Между каждой записью формируются связи двух типов: вертикальные отношения (материнский-дочерний файл) и горизонтальные в виде ссылок. Вертикальные отношения возникают из принципа от общего к частному (серия данных – набор данных), т.е. когда хранящиеся файлы связаны между собой общим ключевым атрибутом. Например, для аэрофотоснимков серия данных – это продукт съёмки с самолёта (набор снимков), в то время как каждый снимок – это отдельный набор данных (атрибутов, описывающих этот снимок) принадлежащих одной серии данных. Подразумевается, что дочерние данные будут наследовать атрибутивную характеристику от материнской. В то же время есть и горизонтальные связи с метаданными каталогов, техотчётов, стандартами метаданных, книг, а также внешними веб-ссылками.

В базу метаданных вносятся все необходимые сведения о материалах. Они представлены в двух вариантах – полном и сокращённом. Так, например, для топографической карты в сокращённом виде представлены основные сведения, такие как год создания и обновления, цветность, гриф секретности и прочее, в то время как в полном виде представлены абсолютное большинство атрибутов, мало интересующих клиентов. Преимуществом так же является система доступа. Так, чтобы получить информацию с грифом ДСП или секретно необходимо иметь соответствующий допуск, в то время как открытые данные будут представлены в свободном доступе.

Первоначально был создан опытный образец Геопортала, представленный всем многообразием хранящихся данных и внешних ссылок. При создании этого образца учитывались все имеющиеся сведения, которые были использованы при наполнении атрибутивных полей метаданных.

Благодаря вертикальной иерархии автор-рецензент планируется реализовать многопользовательскую базу метаданных, ведение которой будет осуществляться в два этапа:

1-й этап. После создания материалов, подлежащих передаче на хранение в Госкартгеофонд, организация-автор самостоятельно на основе существующих шаблонов будет вносить сведения о новых материалах. Стоит отметить, что пользователи будут делиться на группы и в горизонтальном отношении. Так пользователь одной группы будет видеть только те данные, с которыми работает его организация.

2-й этап. Когда все материалы и метаданные будут переданы, персонал Геопортала метаданных в качестве администратора будет рецензировать эти метаданные, а затем публиковать их.

Заключение. Ввод в эксплуатацию Геопортала метаданных Госкартгеофонда позволит обеспечить пользователей информацией о наличии и харак-

теристике пространственных данных, организовать систему удаленного заказа материалов и данных Госкартгеофонда, а в отношении отдельных материалов и данных – их удаленного получения.

Библиографические ссылки

1. «Государственная программа развития цифровой экономики и информационного общества на 2016 – 2020 годы». Постановление Совета Министров Республики Беларусь 23.03.2016 № 235.
2. Кошкарев А.В. Геопортал как инструмент управления пространственными данными и геосервисами. Пространственные данные, №2. М.: 2008. С. 28–30.
3. Государственный картографо-геодезический фонд Республики Беларусь. Госкартгеоцентр [Электронный ресурс]. Минск, 2019. Режим доступа: <https://geo.by/goskartgeotsentr>. Дата доступа: 19.08.2019.
4. ГОСТ Р 52571-2006. Географические информационные системы. Совместимость пространственных данных. Общие требования.
5. ISO 19115-1:2014 Geographic information. Metadata. Part 1: Fundamentals. ISO 19115-2:2019 Geographic information. Metadata. Part 2: Extensions for acquisition and processing. ISO/TS 19115-3:2016 Geographic information. Metadata. Part 3: XML schema implementation for fundamental concepts.
6. О системе GEONETWORK OPENSOURCE. GEONETWORK [Электронный ресурс]. Минск, 2019. Режим доступа: <http://afromaison.grid.unep.ch/geonetwork/srv/ru/about>. Дата доступа: 19.08.2019.
7. ТКП 375-2012 (03150) Географическая информация. Метаданные. Правила формирования.
8. Хансен Г., Хансен Дж. Базы данных: разработка и управление: Пер. с англ. М.: Издательство БИНОМ, 2000. 704 с.

СЕКЦИЯ 2 КАРТОГРАФИЯ, ТЕМАТИЧЕСКОЕ И АТЛАСНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ

УДК 528.92(06)

ОТОБРАЖЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ ПРИ СОЗДАНИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

А. Р. Герман

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, g11-14@yandex.ru

Рассмотрены проекции, используемые для создания перспективных изображений различных по охвату территорий. С помощью графических исследований эмпирическим путем выявлены основные параметры показа строений, являющихся основным элементом содержания 3D-карт городов. Определены основные условия для оптимального картографирования небольших территорий.

Ключевые слова: перспективное изображение; охват территории; угол проецирования; точка наблюдения.

Введение. Перспективное изображение – это изображение предметов в соответствии с тем кажущимся изменением их величины, очертаний, четкости, которое обусловлено степенью отдаленности их от зрителя, от точки наблюдения. Для получения перспективного изображения какого-либо предмета или территории из выбранной точки пространства проводятся лучи ко всем точкам данного предмета (территории). На пути лучей размещается поверхность, на которой необходимо получить изображение. В пересечении проведенных лучей с поверхностью получается перспективное изображение предмета. Способ построения лучей называется проецированием [1].

Для создания панорамных карт мелкого и среднего масштабов (обширных и средних территорий) применяется внешняя перспективная проекция с позитивным изображением с учетом кривизны земной поверхности, которая может быть рассчитана по известным формулам [2].

К перспективным изображениям предъявляются такие же требования, как и к обычным картам: математическая точность, наглядность и др. Графическое видимое изображение объекта на земной поверхности выполняется с учетом законов линейной перспективы.

Основная часть. Создание панорамного картографического изображения начинается с определения охвата территории, подлежащей картографированию, и как следствие – с выбора картографической проекции. Для обширных территорий (полушарий, материков, частей света, больших по площади государств) используется внешняя перспективная проекция с

позитивным изображением, учитывающая кривизну поверхности земного шара. При картографировании значительных по площади регионов и стран целесообразно использовать перцептивную проекцию, при помощи которой наглядно передается шарообразность Земли (т.е. присутствует линия горизонта). Опытным путем установлено, что в качестве математической основы для создания панорамных 3D-изображений небольших по площади территорий, таких как отдельные населенные пункты, зоны отдыха, национальные парки, применяется центральная проекция, ввиду незначительных величин искажений, связанных с кривизной земной поверхности и имеющих место на панорамных картах мелкого масштаба.

На следующем этапе определяется угол наклона луча проецирования, от которого зависит глубина получаемого картографического изображения (продольный размер l) и условия видимости объектов, расположенных на поверхности (рис.1). Для наглядной демонстрации этой зависимости на поверхности (с учетом кривизны Земли) были размещены условные объекты. Проецирование на них велось из постоянной точки наблюдения ($S=\text{const}$), а, следовательно, под различными углами зрения (рис. 1а). Таким образом, было определено, что оптимальная видимость всех граней объекта, обращенных к точке наблюдения, а также оптимальная глубина изображения картографируемой местности (продольный размер панорамы) наблюдается при угле наклона $\alpha=60^\circ$. При угле наклона $\alpha=90^\circ$ мы получаем плановое изображение (условного объекта и картографируемой местности), при угле $\alpha=0^\circ$ условный объект (его силуэт) расположен на горизонте, а картографическое изображение сливается с линией горизонта (рис. 1б).

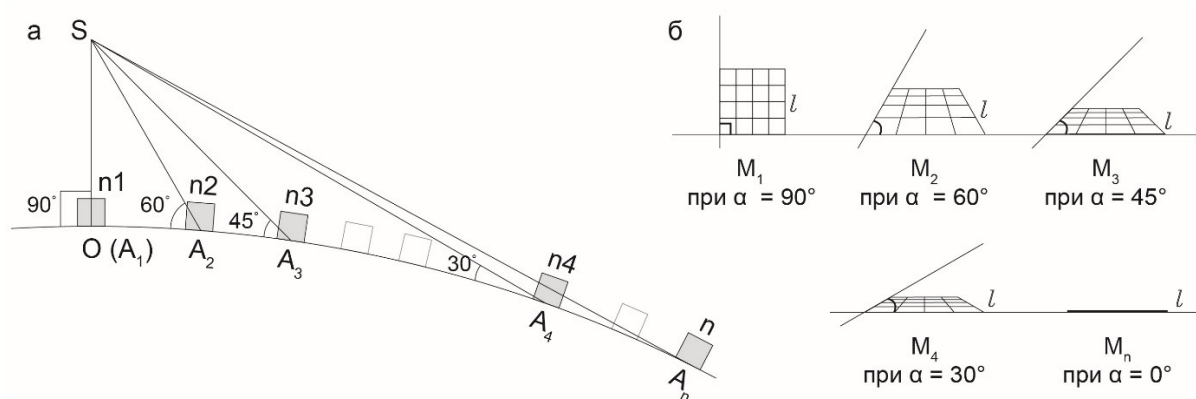


Рис. 1. Выбор угла наклона луча проецирования

а – отображение условного объекта на земной поверхности при постоянной точке наблюдения S ($S = \text{const}$), где SO – главный луч проецирования, n – бесконечный ряд условных объектов ($n=1,2,3,\dots$); $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ – локализация условных объектов на плоскости. б - зависимость глубины изображения l от угла α между картографируемой поверхностью M и лучом проецирования

Физические размеры картинной плоскости (l , m) зависят не только от угла наклона лучей проецирования, но также и от высоты точки наблюдения S . При поднятии точки наблюдения (т.е. при увеличении высоты, с которой наблюдается картографируемая местность) изменяется охват территории: чем выше располагается точка глаза, тем более обширная территория может быть отображена на карте. Увеличение высоты наблюдения будет сопровождаться уменьшением масштаба картографирования, а, следовательно, и усилением степени генерализации, и уменьшением детализации изображения. Кроме того, с поднятием точки глаза S все большее значение приобретает кривизна земной поверхности, которой при больших значениях высоты нельзя пренебрегать.

Особенности отображения отдельных элементов городской застройки при различной величине угла α (угол между картографируемой поверхностью и лучом проецирования) наглядно демонстрируются на рисунке 2. Условные объекты, отображенные на рисунке 1а, здесь заменены элементами городского ландшафта - сооружениями. Для наглядности выбрано два типа зданий: высотное здание в 9 этажей с плоской крышей и типовый дом в 5 этажей с покатой крышей. Параллельные лучи проецирования, направленные на сооружения под определенными углами (60° , 45° и 30°), создают на картинной плоскости различные пропорциональные соотношения видимых граней – фасада и крыши. Наиболее рациональным соотношением нам видится трехмерное отображение объекта при угле наклона $\alpha=60^\circ$.

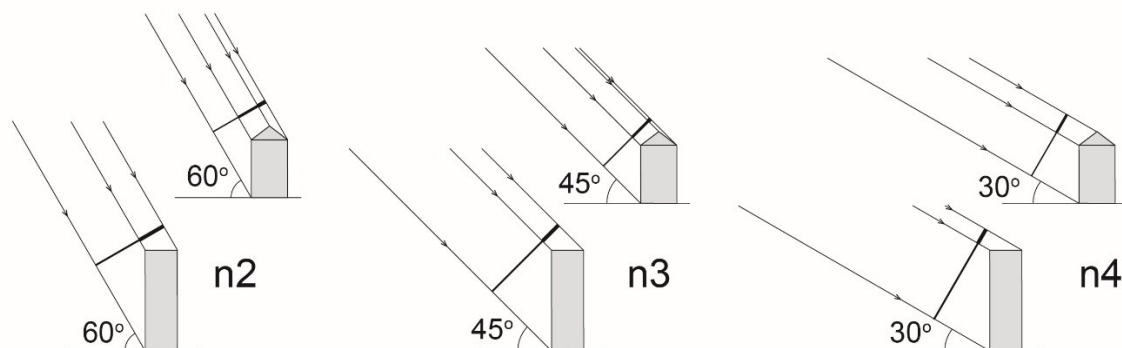


Рис. 2. Отображение элементов архитектурных форм при различной величине угла α

При отображении зданий под углом в 60° будут видны их фасады и в случае покатых крыш – оба ската (рис.3). При уменьшении угла наклона ширина ската крыши, располагающейся на противоположной стороне от точки наблюдения, будет уменьшаться и, в конце концов, перестанет отображаться вовсе (при α равном примерно 20°).

На основании этого были определены условия, наиболее оптимальные при картографировании небольших территорий:

- Высота точки наблюдения является постоянной ($S=\text{const}$);
- Проецирование ведется параллельными лучами с перемещением точки глаза параллельно картографируемой поверхности вдоль центральной оси,

т.е. угол наклона $\alpha=60^\circ$ сохраняется для всей картинной плоскости (передний и средний планы); дальний план не отражается. Постепенный переход от переднего плана к дальнему может быть применен к панорамам городов или др. территорий значительной протяженности;

– По мере удаления объектов от точки наблюдения основное значение придается линейной и воздушной перспективе в отображении сооружений.

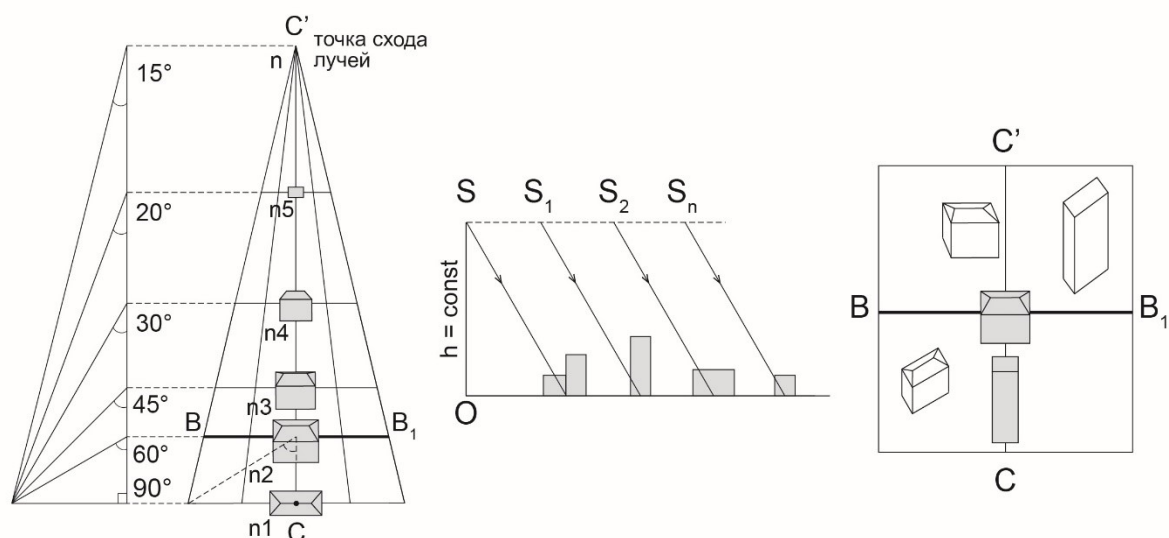


Рис. 3. Отображение архитектурных форм на центральной оси CC' при различной величине угла α . Линией BB_1 выделен наиболее оптимальный вариант

Заключение. На перспективных картах-панорамах белорусских городов и поселков – Несвижа, Мира, Новогрудка, Полоцка, Слонима, Пинска и др., выполненных в разные годы художником-картографом Р.В. Атоянном вышерассмотренные параметры перспективных карт устанавливались интуитивно, с учетом многолетнего опыта. Автором статьи предлагается новый подход: 1) в условиях картографирования небольших территорий можно пренебречь кривизной земной поверхности; 2) целесообразно использовать перспективную (центральную) проекцию для основы карты и упрощенное перспективное изображение для сооружений; 3) вертикальный масштаб изображения отдельных строений зависит от его значимости (как ориентира), т. е. создается преднамеренная иллюзия изображения.

Библиографические ссылки

1. Атоян Р. В. Трехмерные изображения. Карты-панорамы городов. Геодезия и картография, 1997, № 9. с. 43–50.
2. Вахрамеева Л. А. Математическая картография. М.: Недра, 1986. 286 с.

КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ ФОНДОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ИСТОРИЧЕСКОГО АРХИВА БЕЛАРУСИ И ПРОБЛЕМЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

П. В. Жумарь

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
pawloszhoomar@gmail.com

Представлены результаты анализа картографических документов, хранящихся в фондах Национального исторического архива Беларуси на предмет возможности их использования в современных геоинформационных системах. Дана краткая характеристика содержательной структуры фонда. Подчеркнута актуальность использования данных документов в географических исследованиях. Отмечены проблемы, ограничивающие их использование в современном ГИС-анализе.

Ключевые слова: геоинформационная система; ГИС-анализ; план; карта; картографический документ; картографический источник.

Введение. В настоящее время в географических исследованиях изучение природных и социально-экономических объектов, процессов и явлений немислимо без выяснения их пространственно-временных изменений. Для того, чтобы понять текущее состояние исследуемого объекта, а также спрогнозировать дальнейшее его поведение в будущем, необходимо знать те исходные механизмы, те действующие силы, которые его привели к оному. В ответ на этот вопрос, помимо данных мониторинговых исследований, данных дистанционного зондирования Земли и др., неоценимый вклад способны внести и картографические произведения, созданные в историческом прошлом. Именно они как исторические источники содержат информацию об особенностях пространственного размещения, о состоянии и взаимосвязях различных природных и социально-экономических явлений и их изменениях в прошлые исторические эпохи.

К сожалению, до сих пор уделяется мало внимания источникам данного класса. Несмотря на определенные достижения в их использовании, можно сказать, что работа в этом направлении только начинается. Современные исследователи уже их используют в исторической географии, в ландшафтоведении и др. Так, в Беларуси картографические материалы были активно использованы при создании ряда карт «Нацыянальнага атласа Беларусі» (2002), «Вялікага гістарычнага атласа Беларусі» (2009 – 2018) и др. Также появились мобильные ГИС-приложения на платформе Android, их использующие: VetusMaps, Old Maps и др.

Однако, остается открытым вопрос возможности их корректного использования на современном этапе. Прежде всего, это касается топографической привязки данных материалов, их оцифровки и последующей работы с ними в

геоинформационных системах и других картографических программах. С этой целью был выполнен анализ картографического фонда Национального исторического архива Беларуси (НИАБ) как наиболее доступный для белорусского исследователя.

Основная часть. В НИАБ картографические произведения хранятся в составе фондов хозяйственных учреждений и организаций. Они также присутствуют в фондах высших губернских органов власти (правлений, канцелярий и др.). Особого внимания заслуживает фонд 1477 «Коллекция топографических карт и планов деревень, сел, имений Минской губернии», который практически полностью состоит из картографических документов.

Большинство дел фонда представлены военно-топографическими картами Европейской России, картами поветов (уездов), планами имений, их частей, земельных наделов, межевания земель, планами путей сообщения и др. Остальная часть коллекции состоит из схем фортификационных сооружений, форштадтов, технических чертежей зданий, мостов, гидротехнических сооружений, профилей местности, и др.

Хронологические рамки коллекции охватывают период от 1789 до 1933 г.

По материалам фонда 1477, в подавляющем большинстве состоящем из карт мелких населенных пунктов: местечек, сел, деревень, застенков, также планов земельных наделов, лесосек, можно до мельчайших подробностей восстановить ландшафт местности на определенном этапе, установить владельцев земли и границы владений.

Наиболее часто встречаемый масштаб в «Коллекции...» «1 английский дюйм: 100 сажений», что примерно в 15 раз подробнее «Военно-топографической карты Российской империи», которая наиболее часто используется современными исследователями в исторической географии. Таким образом, материалы фонда 1477 позволяют существенно дополнить уже опубликованные карты территории Беларуси конца XVIII – начала XX в.

В справочнике представлено 3873 документа, составленных с различными целями уточнение границ земельных владений, составление инвентарей, имущественные споры и т. д. В общем массиве документов можно выделить несколько блоков, связанных с проведением реформ в системе землепользования в Российской империи в XIX – XX вв.

Около 2500 документов (примерно 65% от общего числа) представляют собой графические планы размежевания земельных наделов различных имений, фольварков, сел, деревень, застенков в ходе проведения крестьянской реформы 1861 г.

Границы, площадь каждого надела и повинности за него закреплялись в особых актах, называемых Уставными грамотами, где наряду с размером правительственной ссуды и сроком ее погашения указывались также площадь земельного надела, экспликация по составу угодий, описание границ.

Около 6,5% документов составляют планы земель церквей, костелов и монастырей. Планов так называемых «фундушевых» земель насчитывается всего семь.

Наибольшее количество представленных в справочнике карт составлено в 1860 – 1870-е гг., в период проведения вышеназванной крестьянской реформы 1861 г. Остальные составлены в 1910-е гг., что соответствует времени проведения столыпинской аграрной реформы.

По тематике данные картографические материалы подразделяются на политико-административные, планы городских и сельских частновладельческих земельных участков, а также находящихся в собственности сельских обществ, государственных и церковных учреждений.

Картографические материалы, составленные после 1917 г. отражают масштабные перемены, затронувшие белорусские земли. В первую очередь, это создание БССР с новым территориально-административным делением, а также переустройство уклада народного хозяйства, связанное с национализацией частных имуществ, организацией коммун на базе национализированных помещичьих имений и др.).

Из документов фонда 76% представляют рукописные подлинники, а 22% - копии, из которых около 2%, выполнены типографским способом. Рукописные документы вычерчивались с применением цветных чернил и туши, акварели, карандашей. Почти 95% из них выполнено в цвете.

Масштаб на большинстве карт указан в стандартных для Российской империи единицах измерения английских дюймах, саженьях и аршинах. Но при составлении некоторых карт с конца XVIII в. по 1850-е годы включительно использовались такие меры длины, как шнур и прут, применявшиеся в Великом княжестве Литовском.

Заключение. Исходя из результатов анализа материалов фонда, можно с уверенностью сказать, что они успешно могут быть использованы в современных геоинформационных системах.

Масштаб картографических материалов позволяет с высокой степенью детальности установить местоположение и планировку населенных мест, установить границы и структуру земельных угодий в пределах землевладений, а также до мельчайших подробностей восстановить ландшафт местности на определенном этапе. Используя инструменты пространственного анализа ГИС можно достоверно реконструировать динамику ландшафта в историческом прошлом, выявить скрытые прежде ландшафтообразующие процессы. Это существенно расширит наши знания о ландшафтах Беларуси.

Однако имеется ряд обстоятельств, накладывающих ограничение на использование данных материалов. Некоторые из них носят непреодолимый характер.

1. Неустойчивость административных границ, некоторые населенные пункты часто меняли административно-территориальную принадлежность,

сведения об изменениях границ поватов, волостей не сохранились в полном объеме.

2. В сохранившихся исторических источниках часто содержится противоречивая информация о статусе самих населенных пунктов.
3. Точки привязки картографических материалов зачастую являются утраченными к настоящему времени, что не позволяет их корректно привязать в ГИС.
4. Проблема масштаба и единиц измерения усугубляется по мере древности картографического источника. Так, остается невыясненной точно мера таких упомянутых выше единиц, как шнур и прут, использовавшихся в Великом княжестве Литовском.
5. Актуальной остается проблема физической сохранности материала. Ряд документов имеет ярко выраженные следы старения: выцветания графики, потертости, заломы, загибы, разрывы и др. Вследствие этого данные картографические произведения затруднительно корректно отсканировать.

УДК 528.93

ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ КАРТА МАСШТАБА 1:100 000 КАК ЧАСТЬ НАЦИОНАЛЬНОГО АТЛАСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И ОТКРЫТОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО КАРТОГРАФИЧЕСКОГО РЕСУРСА

Л. В. Компанец¹⁾, К. Ю. Юзефович²⁾

¹⁾ Топографо-геодезическое республиканское предприятие «Белгеодезия», ogr@belgeodesy.by

²⁾ Топографо-геодезическое республиканское предприятие «Белгеодезия»,
kyuzefovich@belgeodesy.by

Представлено видение планируемого к обновлению «Национального атласа Беларуси», и более подробно одной из его структурных частей. Развитие технологий диктует новые формы представления и распространения информации. Современный национальный атлас должен представлять собой многофункциональную информационную систему, являющуюся составной частью инфраструктуры пространственных данных Республики Беларусь. Для отображения территории регионального уровня предлагается использование открытой государственной топографической карты масштаба 1:100 000. Карты этого масштаба являются подробным источником информации о местности и представляют значительный ресурс для управления территориями и планирования, для комплексного решения задач различной направленности и уровня.

Ключевые слова: инфраструктура пространственных данных; государственная топографическая карта масштаба 1:100 000; мультимасштабная топографическая карта; открытый государственный картографический ресурс.

«Государственная программа развития цифровой экономики и информационного общества на 2016 – 2020 годы» определила вектор развития Бела-

руси [1]. Одним из национальных приоритетов стало формирование и развитие информационного общества. Информационные технологии в соответствии с национальными проектами внедряются во все сферы деятельности: образование, государственное управление, медицину, культуру, а также обработку пространственных (геопространственных) данных и поддержание их в актуальном состоянии. Роль и доступность картографической информации в такой среде трудно переоценить. Картографические произведения сейчас рассматривают не только как образно-знаковые модели действительности, но и средство передачи информации, «канал информации, средство коммуникации между создателем карты и ее потребителем» [2].

Национальные атласы в ряду картографических произведений являются наиболее значимыми. Они создаются, как правило, государственными организациями и носят официальный, нормативно-справочный характер. По ним можно судить обо всех аспектах и сферах существования и развития государства, а также уровне развития картографического производства.

Первое издание Национального атласа Беларуси датируется 2002 годом [3]. Атлас отражал совокупность знаний о территории, природе, населении, экономике, культуре, внешних связях и истории Республики Беларусь и подытожил развитие картографии в Беларуси в XX в. Планируемое обновление атласа, обогащение его содержания, развитие его как составной части инфраструктуры пространственных данных Республики Беларусь является задачей государственной важности. Создание национальных атласов – процесс сложный и трудозатратный. Как показывает практика, он растягивается на длительные сроки, и главной проблемой становится устаревание информации, нередко еще в процессе подготовки атласа. В настоящее время существует тенденция выпуска атласов одновременно в двух видах: печатном и электронном. Причем речь идет не о так называемом выюерном атласе (с простой функцией перелистывания страниц, мало отличающемся от бумажного аналога), а об электронном атласе – многофункциональной информационной системе (атласная информационная система с некоторыми функциями ГИС-атласа). При условии наличия дружественного интерфейса и удобной справочно-поисковой системы, такой атлас имеет ряд преимуществ: легче и быстрее производить поиск нужной информации, проводить измерения и вычисления, получать копии, подключать дополнительные сервисы, выполнять другие операции. Такой электронный комплексный атлас может и не совпадать с бумажным прототипом именно в силу непрерывного обновления карт, появления новых карт и даже изменения структуры атласа. Во многих странах уже созданы национальные электронные атласы (Финляндия, Канада, Нидерланды, США).

Карты Национального атласа Беларуси 2002 г. охватывают несколько уровней:

- глобальный – Беларусь в мире и Европе (карты масштаба 1:75 000 000, 1:10 000 000);

- страновой – основной уровень картографирования (масштабы от 1:1 250 000 до 1:12 000 000);
- региональный – карты областей (масштаб 1:750 000), областных центров (масштаб 1:50 000).

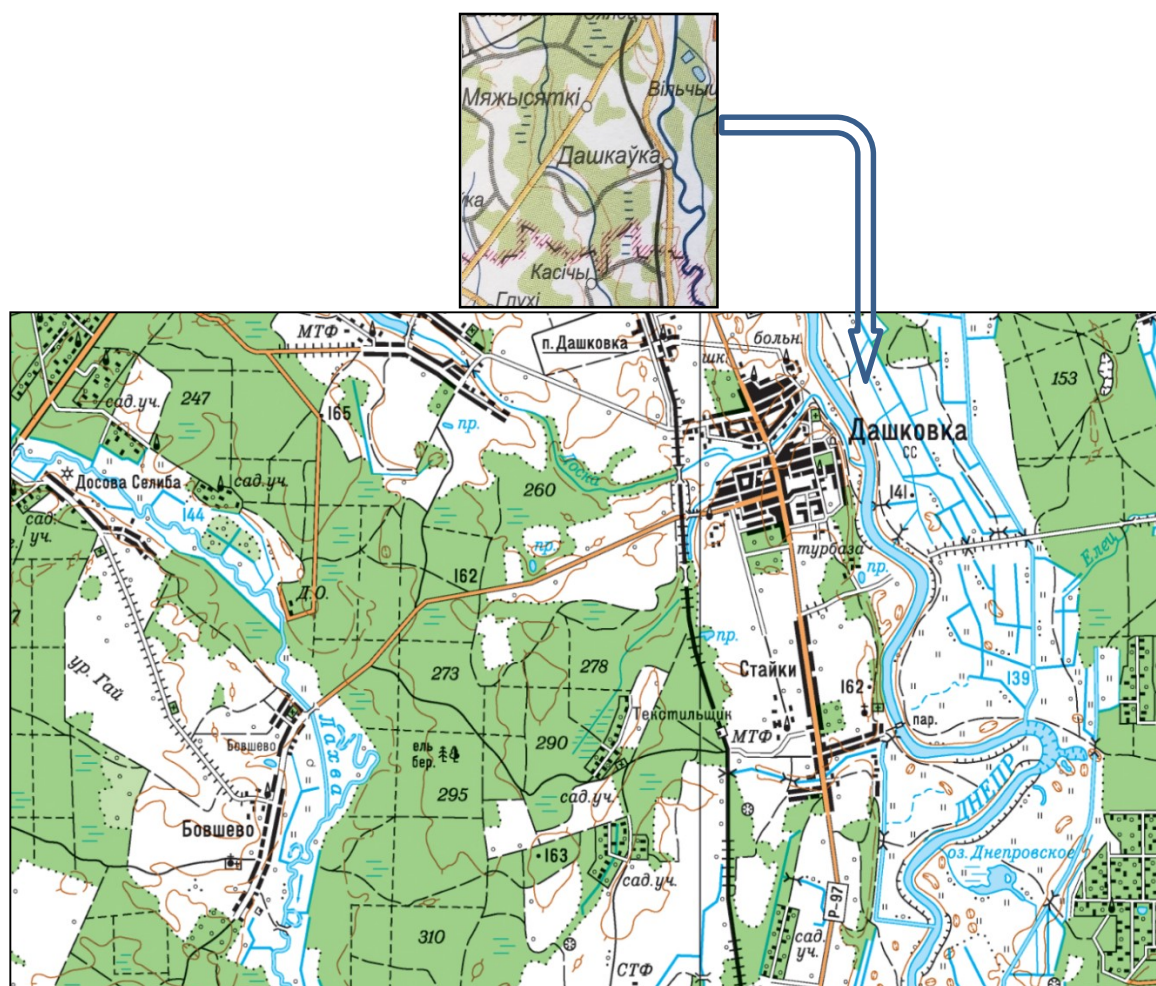
Для отображения регионального уровня была использована общегеографическая карта масштаба 1:750 000, что было обусловлено, прежде всего, форматом издания. В Национальном атласе России, к примеру, всю территорию страны покрывают общегеографические карты масштаба 1:2 500 000, а наиболее значимые в природном, экономическом, историческом и культурном отношении территории, показаны в масштабе 1:500 000. При этом площадь территории России почти в 82,5 раза больше. Масштаб 1:750 000, выбранный для карт этого уровня, обусловил сильно генерализованное содержание и ограниченность их использования. Содержание этих карт аналогично, по сути, содержанию карты масштаба 1:1 000 000. Как правило, карты этого масштаба используются для изучения физико-географических условий обширных территорий и для общих расчетов. Для постановки тактических задач, планирования, управления территориями (а национальные атласы должны содействовать информационному обеспечению государственных органов) требуются карты более крупных масштабов. Для решения этих задач, наиболее приемлемой картой, по мнению авторов, была бы государственная топографическая карта масштаба 1:100 000. Топографические карты этого масштаба составляются по государственным топографическим картам крупных масштабов и обновляются по материалам аэрофотосъемки. Особое внимание уделяется четкому, наглядному и точному изображению наиболее важных элементов местности: гидрографии и рельефу, населенным пунктам (на карте этого масштаба отображаются все населенные пункты, без отбора, с сохранением очертаний и наиболее важных объектов), дорожной сети. Размеры листа карты масштаба 1:100 000: по широте – 20' и по долготе – 30', что для наших широт соответствует 37х36 км на местности. Территория нашей страны покрывается 214-ю полными номенклатурными листами карты масштаба 1:100 000. Очевидно, что разместить такую карту в однотомном печатном издании нереально. Подготовка атласа в электронном виде решает эту задачу и обеспечивает легкий доступ к информации.

В настоящее время территория Республики Беларусь полностью покрыта цифровыми топографическими картами масштаба 1:100 000. Правда, требуется серьезная работа по их актуализации. Планируется, что до конца 2019 года 91 лист карты будет иметь состояние местности 2017–2019 гг. Оставшиеся листы требуют очень серьезной работы по обновлению (половина из них старше 2000 г.) и дополнительных затрат в связи с введением новых правил цифрования. Объем работ очень большой, но он вполне по силам специализированному предприятию.

Актуальные государственные топографические карты необходимо будет разгрузить до уровня карт открытого опубликования. Карты должны содержать следующие слои:

- границы (государственные, областные, районные);
- гидрография;
- населенные пункты (с выделением по численности и административному значению: столица государства, центры областей и районов, центры сельсоветов);
- транспортная сеть (железные дороги, автомобильные дороги с выделением по покрытию и значению);
- растительность и грунты;
- наименования (с возможностью использования географических наименований как на белорусском, так и на русском языках);
- прочие объекты.

На рисунке показан фрагмент карты из Национального атласа Беларуси в масштабе 1:750 000 и фрагмент карты на эту территорию в предлагаемом масштабе 1:100 000.



Пример изображения одной территории в разных масштабах

Для потребителей может быть интересной и полезной дополнительная информация. Возможно размещение сканированных тиражных оттисков государственных топографических карт прежних лет издания на эту же территорию с функцией «оверлей» (наложения слоев).

Такая карта может впоследствии легко обновляться и дополняться слоями и функциями в зависимости от изменяющихся реалий. Эта карта может стать частью открытой мультимасштабной топографической карты на территорию Республики Беларусь. В целом, в состав мультимасштабной карты должны войти государственные топографические карты и планы всего масштаба.

В большинстве стран создан и поддерживается открытый цифровой базовый государственный картографический ресурс, предназначенный для обеспечения географических информационных систем пространственной основой, а для государственных географических информационных систем являющийся обязательным. В нашей стране такой ресурс пока не создан, и разработчики географических информационных систем вынуждены либо использовать в своих системах доступные открытые, но не всегда достоверные пространственные данные, либо создавать свою собственную пространственную основу. А это, в свою очередь, приводит к дублированию работ и нерациональному расходованию средств, в том числе бюджетных, несовместимости создаваемых систем, невозможности обмена информацией. В связи с этим создание открытого государственного картографического ресурса является первоочередной задачей.

Использование в Национальном атласе Беларуси для отображения территорий регионального уровня топографической карты масштаба 1:100 000 обеспечило бы органы государственного управления, местного самоуправления, всех пользователей официальной достоверной пространственной информацией и стало рациональным шагом на пути создания мультимасштабной топографической карты на территорию страны.

Библиографические ссылки

1. «Государственная программа развития цифровой экономики и информационного общества на 2016 – 2020 годы». Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 23.03.2016 № 235.
2. «Научные основы информационной концепции картографического метода исследования» А.Н. Бешенцев, Вестник СГУГиТ, том 23, №1, 2018 г.
3. «Национальный атлас Беларуси», Минск, РУП «Белкартография», 2002 г.

ОСОБЕННОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЯ РЕЛЬЕФА ПРИ МУЛЬТИМАСШТАБНОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ

А. С. Толпинский

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, tolpinsky@mail.ru

Мультимасштабное картографирование рельефа подразумевает под собой проектирование и составление карт рельефа различных масштабов для последующего их совмещения в единую мультимасштабную картографическую модель. В связи с этим возникает необходимость изучения особенностей отображения различных форм и типов рельефа на картах разного масштаба. Эти особенности рассматриваются в данной статье.

Ключевые слова: рельеф; мультимасштабное картографирование; трехмерность; сечение рельефа.

Введение. Рельеф представляет собой совокупность неровностей Земной поверхности. В отличие от большинства других элементов содержания карты, для рельефа характерна трёхмерность изображения, что требует поиска зрительного эффекта его объемности. К изображению рельефа предъявляются требования точности, метричности, наглядности и морфологического правдоподобия. Составление рельефа ведется в пределах целых форм, которые имеют свой иерархический порядок; при уменьшении масштаба происходит постепенный переход к более высоким рангам.

Основная часть. Геометрическая точность изображения, возможность точного определения высот и относительной крутизны склонов, как одно из требований выдвигается только на масштабах 1:100 000 и крупнее. Это касается как высотной, так и плановой точности изображения рельефа, включая горизонталы и структурные линии. Несколько промежуточное положение занимает карта масштаба 1:200 000, в требованиях к которой обозначена необходимость обеспечения определения высот, однако о высокой точности речь уже не идет. Очевидно, степень генерализации рельефа на карте 1:500 000 уже столь велика, что значение высоты, интерполированной в отдельно взятой точке, уже может сильно отличаться от действительности. Как правило, начиная примерно с этого масштаба рисунок горизонталей не просто упрощается, а сознательно утрируется в значительных объемах, поскольку при дальнейшем упрощении и избавлении от деталей в рисунке горизонталей могут потеряться особенности морфологии рельефа. В масштабах 1:100 000 и крупнее стоит задача показа местоположения, размера и форм неровностей земной поверхности, в масштабе 1:200 000 – форм рельефа, в масштабе 1:500 000 и мельче – основных форм рельефа. [1]

Шкала сечения горизонталей на картах разных масштабов представлена в таблице. В каждом масштабе, в зависимости от характера рельефа, может быть использовано разное сечение. Необходимо акцентировать внимание на том, что эти сечения приняты для бумажных карт, в то время как вопросы их

адаптации к электронному картографированию в литературе не рассматриваются. [2]

Сечение рельефа на топографических картах[2]

Масштаб	Основное сечение	Дополнительное сечение	
		Равнины	Горы
1:10 000	2,5	1	5
1:25 000	5	2,5	10
1:50 000	10	-	20
1:100 000	20	-	40
1:200 000	20	-	40
1:500 000	50	-	100

Совместное действие эндогенных и экзогенных процессов отражается в сформировавшихся и формирующихся типах рельефа, изображение которых на топографической карте складывается из сочетания форм и деталей, имеющих в каждом типе своеобразные особенности. Многократно повторяясь на топографической карте, они создают характерный внешний облик изображаемого участка. [4]

Рассмотрим особенности изображения, по возможности акцентируя внимание на их зависимость от масштаба.

Высокогорный рельеф. При изображении высокогорного рельефа следует подчеркивать:

- наличие острых гребней хребтов с пикообразными вершинами, цирками и карами;
- резкие перегибы склонов, узкие долины, крутизну склонов с типичным вогнутым их профилем;
- характерные формы ледниковых долин (трогов), висячих долин и районы образования ледниками цирков (каров) а также ледниковых языков и фирновых полей.

Среднегорный рельеф. Особенности рельефа средневысотных гор с округлыми формами (Карпаты, Урал и др.) передаются плавным, округлым рисунком горизонталей, но без утрирования округлости изгибов, и подчеркиванием направленности хребтов и долин путем отбора характерных вершин и обобщения рисунка горизонталей. При обобщении четко выделяются выпуклая форма склонов, а также продольные долины с относительно широким дном и пологими, часто асимметричными склонами и относительно узкие поперечные долины, имеющие вид ущелий с крутым падением.

Низкогорный рельеф. При изображении низкогорного рельефа (мелкосопочника) подчеркивается:

- Интенсивность его расчленения
- Относительная густота и характер расположения отдельных сопок, их групп, гряд и понижения между ними
- Наличие многочисленных отдельных западин (с бергштрихами).

Для изображения отдельных сопок применяются дополнительные горизонталы. В масштабах 1:500 000 и мельче важно в обобщенном рисунке горизонталей сохранить заостренность поворотов горизонталей, угловатые детали, соответствующие своеобразным формам выветривания, а также большое количество мелких замкнутых горизонталей, отображающих относительную густоту расположения отдельных сопок и западин.

Рельеф равнин и возвышенностей. В рельефе равнин отдельное внимание уделяется двум типам: равнинно-эрозионному и холмисто-моренному.

Равнинно-эрозионный рельеф. Для этого типа рельефа характерна развитая система речных долин, балок и оврагов, для которых должно точно передаваться положение их бровок. Места пересечения горизонталей с линиями бровок и перегибов склонов должны быть отображены четким угловатым поворотом каждой горизонтали. Если бровки не выражаются горизонталями основной высоты сечения, используют полугоризонталы. Необходимо правильное отображение поперечного и продольного профиля балок и оврагов путем передачи изменения заложения и характера замыкания горизонталей по тальвегам. При изображении участков с сильным расчленением мелкие овраги и промоины показываются с отбором для обеспечения хорошей читаемости при наглядном показе степени расчлененности.

В масштабе 1:500 000 акценты смещаются от изображения отдельных форм к изображению типа рельефа. При этом необходимо передать: густоту и глубину расчленения местности (районы с наиболее густой сетью оврагов и балок) и характер водоразделов по степени их расчлененности (сильно расчлененные, холмистые, увалистые, плоские, бедленд и т.п.).

Обобщение изображения ведется путем исключения мелких промоин, оврагов и балок среди крупных, при равной их длине показываются более глубоко врезанные. При этом сохраняется часть мелких оврагов в виде промоин для более достоверной передачи характера рельефа. Долины показываются с сохранением подобия их конфигурации. Для отображения характеров водоразделов сохраняются долины и балки наибольшей протяженности, в необходимых случаях горизонталы затягиваются вверх по долинам, не выходя при этом за пределы верховий. Формы водоразделов передаются рисунком верхних горизонталей. На водоразделах, поверхность которых расчленена на отдельные холмы и гряды вдоль линии водораздела показываются все отдельные вершины. При изображении плоских водоразделов небольшие по площади замкнутые горизонталы, как правило, расширяются или объединяются вдоль направления водораздела с соседними горизонталями. В масштабе 1:1 000 000 передаются уже главнейшие закономерности:

- степень захвата эрозией водораздельных пространств путем сохранения наиболее длинных, глубоких лощин, оврагов и балок, выделения изрезанности водоразделов и асимметрии междуречий;
- степень пересеченности рельефа путем правильной передачи соотношения площадей, занятых водоразделами и эрозионными формами. Долины и

балки отображаются с сохранением подобия их конфигурации и характерных особенностей их верховьев;

- глубина пересеченности рельефа (профиль, замыкание и т.д.);
- особенности строения склонов долин.

Холмисто-моренный рельеф. Особенности изображения этого типа рельефа таковы

- своеобразный плавный и округлый рисунок горизонталей;
- передача обособленности отдельных холмов, их ориентировка и асимметрия склонов;
- различные сочетания холмов;
- конечно-моренные гряды;
- подчеркивается размещение холмов по направлению движения ледника. [3]

Заключение. Разнообразие форм рельефа (его морфологии) является причиной различий в требованиях к его отображению на картах разных масштабов, для соблюдения требований точности, метричности, наглядности и морфологического правдоподобия.

Библиографические ссылки

1. Берлянт А. М. Теория геоизображений. М.: ГЕОС, 2006. 262 с.
2. Подольский А. С., Самсонов Т. Е. Принципы оформления мультимасштабных общегеографических карт. Мат-лы Межцунар. конф. Смоленск, 2012. С. 26-28.
3. Самсонов Т. Е. Мультимасштабное картографирование рельефа. – 2011.
4. Сваткова Т. Г., Алексеенко Н. А. Географическое картографирование: общегеографические карты. Учебно-методическое пособие. М.: Географический факультет МГУ, 2008. 150 с.

УДК 528.94

НАВИГАЦИОННЫЕ КАРТЫ КАК ОСОБЫЙ ВИД КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

О. С. Шишканова¹⁾, Е. В. Стрельчень²⁾

¹⁾ Топографо-геодезическое республиканское предприятие «Белгеодезия», г. Минск, Беларусь, navigation@belgeodesy.by

²⁾ Топографо-геодезическое республиканское предприятие «Белгеодезия», г. Минск, Беларусь, Evg.Strelchen@tut.by

Представлены ключевые особенности навигационных карт, как особого вида картографической продукции и предъявляемые к ним требования. Изложены теоретические основы технологии создания навигационных карт с целью их использования в бортовых навигационных устройствах и выполнения картометрических и навигационных расчётных работ.

Ключевые слова: автомобильная навигация; навигационная карта; цифровая картография.

На сегодняшний день слова «навигация», «маршрутизация», «мониторинг» на слуху у многих. Особую популярность эти понятия приобрели в связи с интенсивным развитием глобальных навигационных спутниковых систем (GPS, BeiDou, Galileo, QZSS, IRNSS), появлением на рынке широкого ассортимента навигационных устройств, а также все большим внедрением навигационных служб и сервисов в производственный процесс и системы управления [1].

Навигационная система – это система, предназначенная для определения пространственных координат, составляющих вектора скорости и направления движения, поправки часов потребителя услуг в сфере навигационной деятельности в любой точке поверхности Земли, акватории Мирового океана, воздушного и околоземного космического пространства [2]. Она представляет собой симбиоз аппаратно-телекоммуникационной платформы, специального программного обеспечения и навигационной карты.

На современном этапе, большую заинтересованность в использовании систем навигации и диспетчеризации проявляют целый ряд государственных и коммерческие структур. К ним относятся: предприятия, работающие в сфере добычи природных ресурсов; занимающиеся грузоперевозками и транспортной логистикой; обслуживающие линии электропередач и иные промышленные коммуникации; предоставляющие транспортные услуги по обслуживанию населения (автопарки и таксопарки); службы оперативного реагирования (служба скорой помощи, ГАИ, МЧС и др.).

Как правило, для создания навигационных карт необходимы знания о картографируемой территории, полученные или уточнённые в ходе полевых работ. Ввиду очень высокой затратности данного процесса, лишь небольшая группа компаний выпускает навигационные карты для большого количества стран, среди них TomTom, HERE, Navitel и др. Поэтому в каждой стране, как правило, существуют свои поставщики навигационных карт или данных для них. К их числу относится и государственное предприятие «Белгеодезия», которое занимается созданием государственной навигационной карты (далее ГНК) Республики Беларусь.

Навигационной картой называется карта, содержащая цифровую картографическую основу, навигационную и дополнительную информацию.

Цифровая картографическая основа представляет собой преобразованную, структурированную (по слоям) информацию актуальных государственных цифровых топографических карт и планов населённых пунктов соответствующих масштабов. Преобразование структуры выполняется в целях разгрузки содержания и обобщения классификации объектов карты [3].

Навигационная информация является уникальной для картографических произведений. Она дополняет цифровую картографическую основу и является важнейшим компонентом любой навигационной карты. Навигационная информация содержится в объектах, которые формируют слои дорожного графа и адресной информации.

Дорожным графом называется топологически корректный слой элементов улично-дорожной сети (УДС), содержащий информацию об условиях дорожного движения. Он создаётся в виде единой связной сети и состоит из совокупности линейных объектов (рёбер) и точечных вершин (узлов), геометрические и семантические свойства которых описывают расположение проезжих частей элементов улично-дорожной сети, их характеристики, особенности организации дорожного движения. В некоторых типах навигационных систем он даже не отображается на экране, т. е. маршрутизация строится на невидимом слое карты, а проложенный маршрут отображается на фоне картографической основы.

Дополнительная информация представляет собой информационный слой об объектах инфраструктуры и сервиса, в том числе придорожного, в виде точек интереса, например, таких как: автозаправочные станции, медицинские учреждения, пункты пропуска через государственную границу, таможенные посты, гостиницы и др.

Объекты слоя дополнительной информации представляют особый интерес для потребителей, использующих навигационные системы для персональной навигации. В связи с этим наполнение данного слоя должно быть максимальным, а информация об объектах, по возможности, наиболее полной.

Слои навигационной и дополнительной информации формируются на основании сведений, полученных в ходе полевого обследования, а также данных государственных кадастров, реестров и иных информационных ресурсов, информации предоставленной пользователями навигационных систем.

Навигационные карты, как особый вид картографической продукции, имеют свои ключевые особенности, такие как:

1. Наличие мультимасштабной карты или нескольких карт традиционных масштабов для полноценного продукта на территорию в единой базе данных.
2. Присутствие уникальных специальных характеристик объектов как для типизации и символизации, так и для маршрутизации и поиска.
3. Унифицированность и компактность объектов для их оптимальной интуитивно понятной визуализации [4].

В целях для успешного выполнения возложенных на них функций, навигационные должны удовлетворять следующим требованиям:

- иметь единую систему классификации, кодирования объектов и правил цифрового описания;
- обладать простотой визуального чтения карты, её восприятия и интерпретации;
- сохранять преемственность отображаемых на цифровой картографической основе объектов с объектами государственных цифровых топографических карт и планов населённых пунктов в области классификации и метрической согласованности;
- достоверно отображать административно-территориальное деление и современное состояние местности;

– обеспечивать актуальное состояние адресной информации, наименований географических объектов, информации об организации движения по дорожной сети, дополнительной информации.

Цифровая навигационная карта, предназначенная для использования в навигационных системах, должна быть построена с учётом возможного применения операций геоинформационного моделирования (в рамках геореляционной структуры данных). Для этого, все объекты, между которыми могут возникнуть определённые связи или отношения, должны быть согласованы между собой топологически. Все объекты, представляющие собой участки территории, выраженные в принятом масштабе, занятые природными или техногенными объектами, должны представлять собой единое непрерывно-дискретное покрытие [4].

Выполнение всего перечня требований, предъявляемых к навигационным картам, обеспечивается системой контроля входной информации и готовой продукции [5].

Навигационные карты должны всё время развиваться и совершенствоваться, а также актуализироваться для их соответствия современному уровню развития устройств и используемых в них навигационных систем.

Библиографические ссылки

1. Ребрий, А.В. О создании цифровой картографической продукции для решения задач навигации и диспетчеризации. Автоматизированные технологии изысканий и проектирования, 2008, № 1 (28). С. 56-58.
2. О навигационной деятельности: Указ Президента Республики Беларусь, 21 июня 2011 г., № 260. Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2011, № 71, 1/12627.
3. Основные положения по созданию, обновлению, хранению, предоставлению в пользование государственных навигационных карт и мониторингу их состояния: ГКНП 14-014-2018. Минск: Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь, 2018. 18 с.
4. Платонов, П. Л. Картографическое обеспечение автомобильных навигационных систем: дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.33. Москва, 2012. 165 с.
5. Техническая инструкция по созданию, обновлению государственных навигационных карт и мониторингу их состояния: ГКНП 24-017-2018. Минск: Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь, 2018. 36 с.

УДК 910.1

МАТРИЧНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОТЕНЦИАЛА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ (ПО МАТЕРИАЛАМ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ)

М. В. Дробиз

Балтийское аэрогеодезическое предприятие, г. Калининград, Россия, ce@baltagp.ru

Представлена разработанная автором матрично-параметрическая методика сравнительной топографо-картографической оценки пространственных изменений потенциала

природопользования в специфичных условиях приграничного региона, включающая сопоставление условных знаков по разнотипным (природных, природно-техногенных и техногенных) и однотипным (польдер, торфяное болото, разработка янтаря) объектам и выделение из них не имеющих аналогов в каком-либо временном интервале, матричную оценку послевоенной трансформации потенциала природопользования на муниципальном уровне, картометрическое обоснование степени трансформации природно-ресурсного потенциала для различных видов и типов природопользования (аграрного, водохозяйственного, лесохозяйственного, градостроительного) и типологизацию знаковых систем распознавания различных сторон объект-процессов природопользования с характеристикой их общности и различий в сопоставляемых условиях.

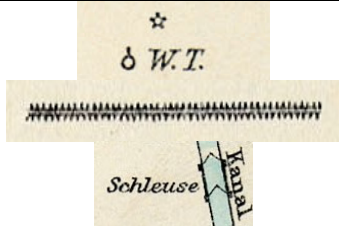
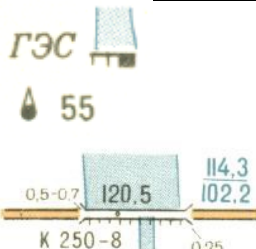
Ключевые слова: потенциал природопользования; топографические карты; Калининградская область.

Географическое местоположение региона в центре Европы и его буферный статус между РФ и странами ЕС уникальны и во многих отношениях не имеют аналогов в современном мире. Разнообразие природно-ресурсного потенциала (мягкий приморский климат, минеральные и биологические ресурсы), исторически сложившиеся направления природопользования и транспортные коммуникации (пути «Из варяг в греки», ганзейские маршруты и др.) издревле привлекали не только местное население, но и сопредельные народы.

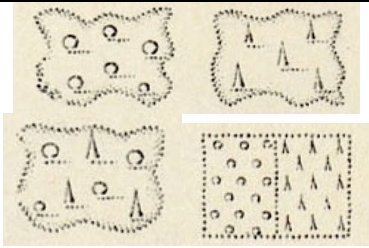
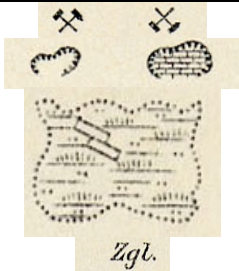
Автор разработал матрично-параметрический метод комплексной методики оценки трансформации природопользования. На первом этапе в поле пространственной координатной детерминации объектов и процессов, их масштабирования и приравнивания по довоенным и послевоенным топографическим картам, определялись наиболее значимые объекты и явления, характеризующие ресурсный потенциал и его изменения (табл. 1). На втором этапе по выбранным объектам сопоставлялись довоенные и послевоенные картографические модели, по которым улавливались локальные изменения муниципального уровня и формировался их перечень для матричной оценки процесса с учетом региональной значимости. Построение матрицы, параметрический анализ результатов, обоснование выводов и предложений по оптимизации природопользования осуществлялись на завершающем этапе исследования.

Таблица 1

Примеры приравнивания условных знаков топографических карт

№ п/п	Тип природопользования	Периоды создания карт		Обозначаемые объекты
		1909-1939	1983-2019	
1.	Водопользование			Водяные мельницы, ГЭС, водяные башни, шлюзы, плотины и дамбы на каналах

Продолжение таблицы 1

2.	Лесопользование		клен 25 0,30 6 сосна 25 0,30 6 ель бер. 25 0,30 6 бер. 2 и.а.	Лиственные, хвойные и смешанные леса, молодые посадки и питомники, редколесья
3.	Недропользование		шах.уг. шт. кам. 1,5 нефт. кирп. (поясн. подп.)	Шахты, каменоломни, торфо-, нефтедобыча, кирпичный завод
4.	Аграрное		загон МТФ, ОТФ (поясн. подп.)	Ветряные мельницы и двигатели, молочно-, овце-товарные фермы

В основу сравнительно-географического подхода автором были положены топографические карты масштаба 1:25 000 1833–1939 гг. отдела Прусского наследия Государственной библиотеки г. Берлина (Staatsbibliothek zu Berlin) и др., сопоставлявшиеся с современными российскими аналогами 2015 г. [2]. На начальном этапе анализировались условные знаки изучаемых объектов немецких карт по публикациям [1] с составлением таблицы приравнивания архивных и современных топографических обозначений объектов и процессов природопользования.

В целом, приравнивание условных знаков позволило сделать вывод о кардинальном изменении принципов природопользования в советском и постсоветском периодах, хотя традиционные для региона виды и типы землепользования, водопользования и даже недропользования сохранились и в настоящее время [3].

Картографическая обработка материалов проводилась с ортогональным трансформированием растровых карт и их цифрованием в соответствии с таблицей приравнивания. Этот метод применялся с использованием геодезических преобразований систем координат исходных растров – трансформированием с привязкой по углам рамок номенклатурных листов, точкам пересечения координатной сетки и характерным точкам (более 150 опорных точек на каждый лист 1910–1939 гг. издания и 15–20 точек на листы 1833–1834, 1859–1860 гг.). Трансформированные растры векторизованы в программном комплексе «ГИС Карта 2011» согласно требованиям к созданию номенклатурных листов топографической карты масштаба 1:25 000.

Этот этап завершился пространственно-временным анализом изменений геоэкологического состояния наиболее примечательных для региона объектов

природопользования – Янтарного комбината [4], подземного газохранилища (ПХГ), карьеров кирпичных глин, песка и гравия, объектов инфраструктуры, аграрного и лесохозяйственного природопользования в муниципальных округах Калининградской области [5]. Для матричной оценки трансформации потенциала природопользования из всех объектов были выбраны наиболее представительные.

На третьем этапе определялись матричные значения трансформационных параметров природно-ресурсного потенциала (табл.2).

Для повышения надежности пространственно-временных сравнений оценка проведена в границах современного административно-территориального деления. Для упрощения расчетов некоторые муниципалитеты объединялись друг с другом. В связи с разнородностью выбранных параметров, характеризующих системы природопользования, весовые коэффициенты не вводились. Полученные диапазоны по каждому параметру были ранжированы на 5 равных интервалов, соответствующих числу баллов от 1 до 5. В дальнейшем значения 10-ти параметров усреднялись, полученный результат дифференцировали на три категории (умеренная, повышенная и высокая степени).

Таким образом, интегрально были оценены изменения потенциала регионального и муниципального уровней природопользования, а полученные результаты могут быть верифицируемы статистическими, сравнительно-аналитическими и другими методами.

Таблица 2

Параметризация матричной оценки трансформации потенциала природопользования (по материалам топографических карт)

№ п/п	Оценочные параметры, в % от довоенного состояния
1.	Увеличение лесистости $p_1 = (S_{\text{лес}2015} - S_{\text{лес}1939}) / S_{\text{лес}1939}$
2.	Сокращение количества мест деревообработки $p_2 = (n_{\text{лесп.}1939} / S_{\text{лес}1939} - n_{\text{лесп.}2015} / S_{\text{лес}2015}) / (n_{\text{лесп.}1939} / S_{\text{лес}1939})$
3.	Расширение водно-болотных угодий $p_3 = (S_{\text{бол.}2015} - S_{\text{бол.}1939}) / S_{\text{бол.}1939}$
4.	Спрямление русел рек [% изменения коэффициента извилистости] $p_4 = (k_{\text{извилистости}1939} - k_{\text{извилистости}2015}) / k_{\text{извилистости}1939}$
5.	Сокращение использования местных минеральных строительных материалов $p_5 = (n_{\text{кирп.}1939} - n_{\text{кирп.}2015}) / n_{\text{кирп.}1939}$
6.	Снижение использования альтернативных источников энергии в сельском хозяйстве и мелиорации $p_6 = (n_{\text{дренаж.мел.}1939} - n_{\text{насос.ст.}2015}) / n_{\text{дренаж.мел.}1939}$
7.	Увеличение интенсивности животноводства [количество превышений довоенного состояния] $p_7 = n_{\text{МТФ}2015} / n_{\text{МТФ}1939}$
8.	Сокращение протяженности сети ширококолейных железных дорог $p_8 = (l_{\text{ширококолейные ж.д.}1939} - l_{\text{ширококолейные ж.д.}2015}) / l_{\text{ширококолейные ж.д.}1939}$
9.	Отношение протяженности разобранных узкоколейных железных дорог к грунтовым $p_9 = l_{\text{узкоколейные ж.д.}1939} / l_{\text{ул.грунт.дороги}2015}$
10.	Увеличение количества объектов размещения $p_{10} = (n_{\text{гост.}2015} - n_{\text{гост.}1939}) / n_{\text{гост.}1939}$

Примечание: S – площадь, n – количество, l – протяженность; лесп. – лесопильня, бол. – болото, кирп. – кирпичный завод, дренаж.мел. – дренажная мельница, насос.ст. – насосная станция, МТФ – молочно-товарная ферма, ж.д. – железные дороги, ул.грунт. – улучшенные грунтовые, гост. – гостиница.

Библиографические ссылки

1. Deng J., Harff J., Giza A., Hartleib J., Dudzin'ska-Nowak J., Bobertz B., Furman'czyk K., Zolitz R. Reconstruction of Coastline Changes by the Comparisons of Historical Maps at the Pomeranian Bay, Southern Baltic Sea. Coastline Changes of the Baltic Sea from South to East: Past and Future Projection. Springer International Publishing, 2017. P. 271-289.
2. Условные знаки для топографических карт масштабов 1: 25 000, 1: 50 000, 1: 100 000. ВТУ ГШ, 1983 г.
3. Атлас послевоенных изменений на территории современной Калининградской области (по материалам топографических карт). гл.ред. Г.М. Федоров. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2016. 36 с.
4. Дробиз М. В. Картографирование пространственно-временной динамики природно-хозяйственных систем Калининградской области. Геодезия и картография, 2019, т. 80, № 1. С. 136-145.
5. Кесорецких И. И., Зотов С. И., Дробиз М. В. Оценка пространственной и временной изменчивости показателя уязвимости ландшафтов Калининградской области как компонент экологически ориентированного территориального планирования. Балтийский регион, 2015, № 4. С. 162–181.

УДК 528.94

ТЕМАТИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПАЛИНОЛОГИИ И ПАЛЕОГЕОГРАФИИ

Я. К. Еловичева

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
yelovicheva@yandex.ru

Представлены варианты демонстрации палинологических данных в виде тематических карт состава флоры (экзоты, редковстречаемые виды) и характера растительности (сукцессии, природные зоны), климата (температура, осадки) на территории региона и смежных с ним районов, палеогеографический аспект компонентов природы, степень влияния антропогенного фактора и возможный прогноз состояния окружающей среды в будущем.

Ключевые слова: тематические карты, палинологические данные, геологические эпохи, межледниковья и оледенения плейстоцена.

Введение. Традиционное графическое представление полученного фактического палинологического материала в виде находок остатков слагающих представителей флоры (пыльцы, спор, массул) в каждом исследованном образце в специальном табличном варианте (количественное содержание и %-ное соотношение) и распределения выявленных таксонов растений по разрезу за

время накопления озерной, болотной и речной толщ, современных и ископаемых почв заключалось в построении различных по информативности диаграмм – пыльцевых (только пыльца основных лесообразующих пород), спорово-пыльцевых, палинологических (максимальный набор встреченных остатков растительных микрофоссилий).

Обобщение этого материала по нескольким исследованным разрезам практически позволяет расширить его масштабную наглядность на специальных тематических картах не только во времени (различные фазы межледниковий – начало, оптимум, финал; фазы максимумов отдельных древесных пород), но и пространстве (территориальное распределение), отражающих современное состояние компонентов природной среды на фоне их изменения в геологическом прошлом и оценить их прогноз в будущем [1 – 5].

Основная часть. Палинологические данные, выраженные в традиционном табличном виде (количественный состав и процентное содержание) и на диаграммах (%-содержание) составляют основу различных тематических карт, число которых в зависимости от развития возможностей компьютерных технологий по обработке таких данных постоянно увеличивается, обеспечивая практическое внедрение результатов спорово-пыльцевого анализа в понимание эволюции органического мира на Земле. К таковым относятся:

Карты ареалов видов растений, позволяющие иметь представление о большей или меньшей площади распространения тех или иных таксонов растений в прошлом;

Карты районов современной максимальной концентрации видов ископаемой флоры, которые путем наложения ареалов отдельных видов растений показывают сгущение изолиний и место (может быть и два таких центра) их наибольшего числа одновременно произраставших для какого-то временного интервала (разновозрастные межледниковья; оптимумы, ранние и поздние фазы межледниковий и оледенений и пр. с конкретными показателями климата); нанесение на карту таких центров для разновозрастных межледниковий плейстоцена Западно-Европейской и Восточно-Европейской равнин показало их динамику по Европе от территории Франции (древнейшая эпоха) через Германию (гольштейн/александрия) и Польшу (эм/мурава) до Рыбинского водохранилища (голоцен) с отдельным центром на Дунае (дренте-варта/шкловское межледниковье);

Карты местообитаний экзотических видов растений (от экваториально-тропических до аркто-бореальных), ныне не произрастающих на Беларуси и характеризующих богатство и разнообразие палинофлоры в геологическом прошлом; восстановление климатических показателей условий их обитания (температура, осадки) позволяет и ныне при глобальном потеплении климата прогнозировать внедрение представителей экзотов в природную среду региона; динамика хвойных экзотов эемского/муравинского межледниковья по территории Европы свидетельствует о смене океанического климата на континен-

тальный в пределах территории Германии, а крайние западные разрезы отличаются от восточных содержанием экзотов, свойственных более древнему александрийскому межледниковью;

Карты обитания редковстречаемых видов растений (теплых и холодных, сухих и влажных) по временным срезам – голоцену и гляциоплейстоцену, эрам и периодам фанерозоя Земли), занесенных совместно с исчезающими таксонами и в Красную Книгу;

Карты динамики на территорию Беларуси представителей древней флоры (древесные, наземные и водные травянистые и споровые растения из числа редковстречаемых и экзотических видов);

Карты палеоландшафтов – по соотношению роли древесных пород (АР – лесные формации с развитым напочвенным ярусом преобладают в межледниковьях наряду с теплолюбивыми травянистыми в водоемах) с травянистыми растениями предледниковий (NAP – доминируют как разреженные лесные или же открытые лугово-степные и степные ксерофитные ассоциации с набором холодолюбивых болотных видов) и споровыми (Spores) за полный цикл развития растительности (завершение предыдущих оледенений → межледниковые эпохи → начало последующих оледенений);

Карты структуры лесных ассоциаций за определенный временной интервал (круговые и столбчатые диаграммы распределения %-содержания пыльцы древесных пород) во времени и пространстве;

Карты районирования территории Беларуси по составу пыльцевых спектров – Поозерский на севере, Центрально-Белорусский в центре и Полесский на юге районы с западными (Бугско-Припятский, Вилейско-Дисненский, Неманский), центральным (Свислочский) и восточными (Припятско-Днепровский, Западно-Двинский, Днепровско-Сожский) подрайонами, обосновывающими специфику локальных и региональных пыльцевых спектров для межледниковых эпох с учетом выделения четырех типов пыльцевых диаграмм (голоценового, муравинского, шкловского, александрийского) на Беларуси в плейстоцене;

Карты мониторинга палеоводоемов (расположение палинологически изученных разрезов в регионе, отражающих степень обеспеченности исследуемой территории палинологически изученными геологическими разрезами: по голоцену, межледниковым эпохам, геологическим периодам развития Земли при создании Палинологической базы данных = ПБД); с учетом густоты расположения разрезов планируются районы ведения крупномасштабной геологической съемки: по возрасту озерно-болотных толщ, по бассейнам рек, по отдельным опорным и стратотипическим разрезам и пр.) с указанием их широтной и долготной привязки; практическая эффективность таких карт выражена в серийном монографическом издании разрезов ПБД Беларуси;

Карты поверхностных проб по современным природным зонам (для установления зональности восстанавливаемых ископаемых спектров прошлых геологических эпох);

Карты динамики природных зон, которые характеризуют положение территории Беларуси на пути миграции (с северо-запада на юго-восток) неоднократных скандинавских ледниковых покровов, последовательную смену зональности от перигляциальной растительности времени окончания предшествующих оледенений до широколиственных лесов климатических оптимумов межледниковий (аркто-бореальная—>тундровая—>лесотундровая—>таежная—>смешанная—>широколист-венная) и возвратная миграция (с юго-востока на северо-запад) от широколиственных лесов до предледниковой растительности начала формирования последующих оледенений (широколиственная—>смешанная—>таежная—>лесотундровая—>тундровая—>аркто-бореальная), а также прогноз возможного расширения на север региона нынешней зоны широколиственных лесов при сохранении тенденции глобального потепления климата, не исключая и варианта внедрения в регион с севера и северо-запада средне- и северо-таежных фитоценозов при очередном природном цикле глобального похолодания в ранге оледенения (и возможной смене магнитных полюсов); при этом имеется возможность прогнозирования и границ агроклиматических зон, имеющих значимость в сельском хозяйстве страны; такие карты показали, что миграция природных зон в геологическом прошлом проходила в соответствии с действием закона периодической географической зональности при зональном распределении температуры и осадков от полюсов к экватору;

Карты размещения представителей синантропической флоры и поселений человека – демонстрируют пути его миграции по территории региона с начала голоцена и поныне (в меридиональном и широтном направлениях по водным артериям и водоразделам, что предполагает разнообразие археологических культур, а также степень антропогенного влияния на природную среду в голоцене (по насыщенности находок пыльцы и спор синантропов);

Карты изменения уровня палеоводоемов (динамика морских трансгрессий и регрессий) по наличию соотношения водной и наземной флоры и растительности, формирующей сукцессии палеофитоценозов при озерно-болотном осадконакоплении, их динамику от прибрежной зоны водоема до его наибольшей глубины (прибрежно-водная осоковая полоса—>полупогруженные растения из тростниковой и камышовой полос—>растения с плавающими листьями из водяных лилий—>погруженные растения из рдестов—>придонные мхи), отражая процесс зарастания водоема классическим переходом «озеро (олиготрофное—>мезотрофное—>эвтрофное—>дистрофное)→болото (низинное—>переходное—>верховое» с понижением его уровня; обратная направленность сукцессии обосновывает возобновление озерного режима и повышение уровня водоема, что послужило основой для работ по восстановлению болотного режима современных осушенных торфяников;

Карты распространения низинных и верховых болот в плейстоцене и голоцене (на основе характеристики растительности плейстоценовых болотных экосистем);

Карты распределения климатических показателей по составу спектров, характеру растительности природных зон и наличию экзотов;

Карты генетических типов осадков (по этапам/фазам развития растительности в плейстоцене);

Карты скоротечных и нередко опасных природных явлений, которые фиксируются наличием в препаратах угольных частиц (пожары), разрушенных и плоских зерен пыльцы и спор, крупных минеральных частиц, мозолистых тел (динамичные эрозионные процессы, переотложение, перемыв), пелитовых частиц (спокойный режим осадконакопления); оконтуривание близлежащих разрезов с разновозрастными толщами пород выявляют на картах площади таких стихийных и прочих событий и явлений в прошлом.

Исходя из многообразия тематики нынешних картографических построений по палинологическим данным создаются предпосылки планирования издания их в едином тематическом Атласе в целях практического использования материалов для развития палинологии как научного направления, а также в палеогеографии, палеонтологии и геологии.

Заключение. В результате вынесения палинологического материала на картографическую основу представилось возможным существенно расширить варианты составления прежних тематических карт (реконструкция существования единых континентов Земли с обширными природными зонами, последующие разъединения тектонических плит и преобразования континентов с новым расположением природных зон) и рассмотреть в динамике развитие флоры, состава растительного покрова, их богатство и разнообразие на протяжении различных эр, периодов и эпох фанерозоя Земли, а также плейстоцена и голоцена (последний миллион лет), вести корреляцию природных событий Земли в региональном, межрегиональном и планетарном масштабах.

Библиографические ссылки

1. Махнач Н. А. Этапы развития растительности Белоруссии в антропогене. Минск: Наука и техника, 1971. 212 с.
2. Еловичева Я. К. Палинология Беларуси. Часть 1. Минск: БГУ, 2019. – 831 с. Монография депонирована в БГУ 08.01.2019 г. Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/212051>.
3. Писарчук Н.М., Еловичева Я.К. Широтная изменчивость растительности муравинского (микулинского) межледниковья в пределах запада Восточно-Европейской равнины. Актуальные проблемы современной палинологии. Материалы XIV Всероссийской палинологической конференции 5–8 июня 2017 г., Москва. М.: МГУ, 2017. С. 253–256.
4. Еловичева Я.К., Дрозд Е.Н. Геологические разрезы гляциоплейстоцена и голоцена Беларуси (Бассейны Западного Буга и Нарева). Т. 1. Минск: БГУ, 2018. 109 с. Монография депонирована в БГУ 23.10.2018 г., № 008223102018. Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/207594>.
5. Пехота А.Ю., Еловичева Я.К. Освоение поселенцами территории Беларуси в голоцене (по данным палинологических исследований). Демографические риски XXI века: Материалы V Межвузовской студенческой конференции с международным участием, 18 мая 2018 г. Минск: БГУ, 2018. С. 121–124.

КОСМОЛАНДШАФТНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ АДМИНИСТРАТИВНЫХ РАЙОНОВ БЕЛАРУСИ

Ю. М. Обуховский

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
Obukhovskij@bsu.by

Введение. Прошло более 60 лет с момента запуска первого искусственного спутника Земли. За это время космические методы получили широкое развитие при изучении природной среды и вошли в исследовательский арсенал современного ландшафтоведения. В то время, когда ландшафтоведение рассматривалось как наука о региональных ландшафтах и их соподчиненных морфологических единицах, вполне достаточно было аэрофотосъемки. Переход к картографированию крупных регионов и более масштабных исследований потребовал использование адекватных по масштабу дистанционных моделей. Таковыми, начиная с 70-х годов, стали космические снимки (КС). Появление новых моделей повлекло разработку новых методик и научных направлений – космическое землеведение и ландшафтоведение, картографирование, экология, геоиконика и др.

Опыт исследователей-естествоиспытателей показал, что оптимальным результатом интерпретации КС в научно-практических целях являются тематические и комплексные карты. По словам Е.А. Востоковой, именно через карты лежит магистральный путь внедрения аэрокосмических внедрений в практику.

Основные принципы ландшафтного дешифрирования впервые изложены в работах А.В. Гавемана и В.А. Фааса. Свое дальнейшее развитие по отношению к КС, они получили в публикациях [1 – 6]. Ландшафтное дешифрирование, в отличие от геологического, почвенного, геоботанического, базируется на выделении по характеру аэро- или космоизображения природно-территориальных комплексов (ПТК) разного таксономического ранга.

Самостоятельный вид интерпретации КС – ландшафтное дешифрирование, направленное на изучение и картографирование пространственно-временных закономерностей ландшафтов. Основу ландшафтного дешифрирования составляет то обстоятельство, что КС отражают структуру ПТК через закономерные сочетания «физиономических» компонентов природы. Вместе с тем, КС в некоторой степени условно воспроизводят последние с помощью определенного набора геометрических и фотометрических характеристик, т.е. являются космоландшафтом. Этот термин идентичен понятию «космоизображение ландшафтов».

Каждый ПТК обладает специфической ландшафтной структурой, которая отражает взаимосвязи внутри ПТК в строго определенном порядке, придавая комплексу индивидуальность. ПТК отображаются на КС через физиономические компоненты: рельеф, гидросеть, растительность и антропогенные

элементы. Они создают внешний облик ПТК. Климат и гидрогеологические особенности являются «деципиентными» (трудно наблюдаемыми) компонентами. Ландшафтный рисунок космоизображения складывается из оптических, геометрических и текстурных характеристик. Если оптические характеристики изменчивы, то геометрические особенности рисунка более устойчивы и служат надежным дешифровочным признаком.

Основная часть. 1. Исследованиями, проводимыми кафедрами геодезии и картографии географического факультета БГУ, разработана методика среднемасштабного космоландшафтного картографирования. При ландшафтной интерпретации КС используется аналитический подход. Специфика дистанционных исследований обуславливает следующее:

- таксоны всех рангов определяются только по физиономичным признакам;
- местности выделяются как по расчлененности рельефа, так и по генезису, а в некоторых случаях – по возрасту;
- ведущим признаком при определении сложных урочищ является рельеф;
- в понятие «простое урочище» вкладывается конкретное, оптимальное для индикации, геоботаническое содержание.

Последовательность и содержание космоландшафтного картографирования предусматривает: а) составление предварительной карты (генетическая канва, анализ рельефа, видов земель, растительности, контура урочищ); б) получение синтезированных космических изображений с улучшенными геометрическими характеристиками и оптимальным подбором спектральных каналов; в) сопоставление составленной карты с космофотоосновой соответствующего масштаба (соответствие границ, уточнение их конфигурации, анализ фоторисунков, установление дешифровочных признаков, подбор дешифровочных эталонов).

2. Использование многозональной космической съемки и оптимальный подбор спектральных каналов позволили подготовить дешифровочную схему доминантных ПТК районов и дать её индикаторную интерпретацию на основе разработанных для всех физико-географических провинций Беларуси индикаторных схем почв, покровных отложений и грунтовых вод.

3. Разработана методика ландшафтно-экологической дифференциации территории. Для этого используется ландшафтно-каскадная модель, совмещающая ландшафтный, геохимический и административно-хозяйственный слои. Первый отражает структуру ПТК, второй – миграцию химических элементов и веществ и способность комплексов к самоочищению, третий – границы районов и видов земель [7 – 9].

4. Разработана методика балльной оценки территории по физиономичным составляющим, находящим отражение на КС (лесистости, заболоченности, распаханности дорожной сети) и с использованием ЗИС районов. Установлены территории с минимальными, низкими, средними, высокими и максимальными значениями этих показателей. Интегральная оценка выполнена

суммированием частных показателей и баллами ландшафтно-экологического ранжирования.

5. Для четырех административных районов составлены сопряженные серии карт, включающие:

- космоландшафтные масштаба 1:100 000 для Гродненского района, с детализацией на уровне урочищ, и 1:200 000 для Брестского, Гомельского и Пинского районов с детализацией на уровне групп урочищ;
- ландшафтно-экологические, с показом ПТК, ранжированных по особенностям миграции химических элементов и способностей к самоочищению (элювиальные, супер- и субаквальные, аквальные, трансформированные);
- компонентные оценочные по фотофизиономичным составляющим (лесистость, заболоченность, распаханность, дорожная сеть);
- интегральные оценочные, суммирующие ландшафтно-экологическое ранжирование и компонентные балльные оценки.

Карты подобной детальности для административных районов разработаны впервые.

Заключение. Научно-методическое значение выполненных исследований заключается в совершенствовании и разработки новых аспектов методики космоландшафтных исследований, дистанционного картографирования, ландшафтно-экологической оценки ПТК, космического мониторинга экосистем.

Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности использования разработанных методик при комплексных исследованиях с применением космической информации ПТК других районов. Составлены серии карт могут быть использованы при ревизионном тематическом картографировании, изучении современных экзогенных процессов, инженерных изысканиях, природоохранной деятельности, в образовании и просветительской работе.

Получен ряд актов о внедрении результатов исследований в областях геологии, землеустройства, образовании и краеведении. По результатам работ защищена кандидатская диссертация, три дипломных и несколько курсовых работ. Материалы исследований опубликованы в 29 работах, в т.ч. 10 – в рецензируемых изданиях.

Библиографические ссылки

1. Альтер С. П. Ландшафтный метод дешифрирования аэроснимков. М.-Л.: Наука, 1966. 88 с.
2. Григорьев А. А. Космическая индикация ландшафтов Земли. Л.: ЛГУ, 1975. 165 с.
3. Книжников Ю. Ф., Кравцова В. И., Тутубалина О. В. Аэрокосмические методы географических исследований. М., 2004. 383 с.
4. Кравцова В. И. Космические методы картографирования. М., 1995. 195 с.
5. Садов А. В. Изучение экзогенных процессов аэроландшафтными методами. М.: Недра, 1978. 151 с.
6. Смирнов Л. Е. Геоэкологическое картографирование. Изв. Рус. геогр. о-ва. 1993, 125, № 2. С. 19–26.

7. Обуховский Ю. М., Лис Л. С., Боженова Н. М. О критериях и методике дифференциации территории при оценке их экологического состояния. Природопользование. Вып. 7, 2001. С. 48–53.
8. Обуховский Ю. М., Самсоненко И. П., Жидкова Т. А. Космоландшафтное картографирование и оценка экологического состояния природных комплексов Брестского района. Земля Беларуси, 2013, № 4. С. 35–41.
9. Обуховский Ю. М., Жидкова Т. А., Головач Л. В. Космоландшафтные карты урбанизированных районов как информационная база оптимизации природопользования. Природные ресурсы, 2012. Вып. 20. С. 45–49.

УДК 528.91

СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА НАЦИОНАЛЬНЫЙ АТЛАС РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В.Н. Пейхвассер¹⁾, В. М. Храмов²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, mck57@mail.ru

²⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, khramov.v.m@gmail.com

Предложена концепция создания Национального атласа Республики Беларусь в форме Национальной атласной информационной системы Беларуси, как составной части инфраструктуры пространственных данных государства, с целью научного, методического и информационного обеспечения в планировании и прогнозировании, научной деятельности, образовании, и культуре. Национальная атласная информационная система рассматривается как многоуровневая, мультимасштабная, самосовершенствующаяся система, обеспечивающая доступ к актуальной картографической информации и картографическим базам данных в реальном времени с требуемым уровнем детализации.

Ключевые слова: Национальный атлас; атласные информационные системы; национальные атласные информационные системы; инфраструктура пространственных данных; интерактивность; интернет-реклама.

Введение. Настоящее время характеризуется богатством и многообразием средств и возможностей современных информационных и рекламных технологий, Мы становимся свидетелями внедрения передовых технологий и цифровой трансформации общества. Открываются новые возможности для создания и использования атласов в традиционной и электронной формах [1]. Возрастает роль облачной технологии и высокоскоростного интернета. В тоже время развиваются нано-, био-, когнитивные технологии [2, 3], которые отличаются от познавательных тем, что познание происходит в новой информационной среде. Это не только люди, природа, техника, карты, атласы, но и компьютеры и сети (социальные и компьютерные). Интерфейсы компьютерных систем ближайшего будущего смогут воспринимать не только словесные, но и мысленные команды. При проектировании концепции будущей национальной атласной информационной системы необходимо учесть все эти аспекты.

Созданием в 2002 г. белорусскими учёными совместно с картографами первого, на просторах бывшего СССР фундаментального научно-справочного «Национального атласа Беларуси» [4], как и первого национального атласа

республики СССР — Атласа БССР (1958) [5] был подтверждён высокий уровень развития картографии в Беларуси. С выходом в свет атласа решена важная общенациональная задача, определённая Указом Президента Республики Беларусь, и выполнена научная многоцелевая программа по глубокому изучению природы, населения, экономики и культуры страны [6], что позволило «Национальному атласу Беларуси» стать предметом национальной гордости белорусов. Атлас сегодня выполняет «роль культурного посланца за рубежом» и работает на престиж независимого белорусского государства наряду с Конституцией, государственным флагом, гербом, гимном, выступая важным репрезентативным элементом в системе межгосударственных отношений и культурных связей [7].

Статичность картографического изображения и устаревание содержания национальных атласов, созданных в традиционной форме, несмотря на наличие у многих из них CD-версии, предопределяет разработку новой концепции таких атласов.

Основная часть. Развитие компьютерных технологий в картографии и полиграфии в конце XX века позволило создать «Национальный атлас Беларуси» по CtF-технологиям [8], что подтвердило путь его совершенствования и выпуск электронной версии одновременно с полиграфической. CD-версия «Национального атласа Беларуси» хотя и была создана вовремя, но так и не вышла в свет, оставаясь лежать в сейфе предприятия. Такое решение значительно снизило возможности использования Национального атласа не только в учебном процессе, с чем мы постоянно сталкиваемся, но и при использовании его в информационном пространственном поле на законном уровне. Ошибка такого подхода учтена специалистами при издании другого атласа — Вялікі гістарычны атлас Беларусі: у 4 т. [9].

Национальный атлас как прообраз геосистемы, где информация дается в систематизированном, формализованном и единообразном виде [10] наиболее подходит для создания Атласной информационной системы (АИС), которая позволит использовать в полном объеме возможности картографического метода моделирования действительности во время эксплуатации системы. АИС относительно новая тема в атласном картографировании и представляют собой синтез достижений в области геоинформационных технологий, картографии и мультимедиа. АИС в общем виде это электронная версия бумажного атласа с расширенными функциональными возможностями (масштабирования, навигацией, адресным поиском, картометрическими и аналитическими функциями присущими ГИС) [11]. Работы в АИС возможно выполнять как широким кругом пользователей, так и индивидуально, причём как в группе, так и порознь. При этом должно быть учтено, что пользователь подбирает свой уровень детализации, оставаясь составной частью информационной системы государства, характеризующейся самодостаточностью, целостностью и способностью к саморазвитию.

АИС по функциональным возможностям относится к высшему классу электронных атласов и может применяться в виде систем поддержки для принятия решений и разработки различных сценариев развития крупных регионов и их подразделений [12]. Эти системы должны отличаться от их статичного прообраза полиграфической или CD-версии своей картографической интерактивностью. Картографическая интерактивность при этом строится из нескольких этапов, начиная от подачи задачи; выполнения действий с операторами системы; оценкой системой переданных команд и формированием ответа системой в преобразованный результат с последующей оценкой полученного изображения.

Национальный атлас может создаваться в виде Национальной атласной информационной системы (НАИС), как постоянно действующая самосовершенствующаяся система с возможностью актуализации и обновления. Атласные информационные системы отличаются от традиционных атласов, которые содержат данные на определённую дату или период и при этом быстро устаревают. НАИС должна стать неотъемлемой частью государственной инфраструктуры пространственных данных (ИПД).

Начиная с середины 90-х годов прошлого века и до настоящего времени, национальные ИПД разработаны более чем в 120 странах. В США, Австралии и большинстве государств Европы прошли все этапы от разработки концепций до их реализации и завершили свои программы построения таких инфраструктур [13]. При таком развитии информационного пространства появляется реальная возможность обеспечения широкого и быстрого доступа всех категорий потребителей к результатам работы геодезистов и картографов с применением облачных технологий геопорталов для совместного использования пространственных данных, полученных из разных информационных источников.

НАИС должна содержать информационную составляющую, позволяющую иметь несколько уровней детализации и восприятия картографической информации: а) научно-популярный, б) научно-справочный, в) управленческий или практико-ориентированный для принятия взвешенных управленческих решений.

Можно предложить следующую структуру тематического содержания НАИС:

1. Геополитическое положение.
2. Формирования территории Беларуси и государственности.
3. Картографическая изученность территории Беларуси.
4. Природа.
5. Экология.
6. Население.
7. Экономика.
8. История и культурное наследие.

Создавать НАИС следует не всю сразу, а в несколько этапов по разделам или даже частям разделов, что позволит размещать информацию в сети (пуб-

ликовать) поэтапно, в отличие от традиционных национальных атласов, которые публиковались только после подготовки всех разделов. Это позволит обеспечить оперативный доступ к уже готовой картографической информации. Совершенствоваться же НАИС будет на протяжении всего времени функционирования.

Информация в НАИС должна быть представлена на разных масштабных (мультимасштабных) уровнях, соответствующих территориальному охвату:

- 1) локальном — в масштабах 1:10 000, 1:25 000;
- 2) региональном — 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000;
- 3) республиканском — 1:500 000 — 1:3 000 000;
- 4) европейском и евразийском — в масштабах 1:5 000 000 — 1:15 000 000;
- 5) международном — 1:15 000 000 — 1:100 000 000.

Наполнение разных масштабных уровней одной и той же тематики также можно осуществлять по этапам, что позволит обеспечить доступ к картографической информации на определённом масштабном уровне, а не ждать пока будут, составлены все карты для всех уровней.

При этом НАИС может обеспечивать как платный, так и бесплатный режимы работы, что возможно решить за счёт государственного финансирования при коммерческом участии. Получение финансового возврата, вкладываемых средств обеспечивается за счёт размещение контекстной, таргетированной (банерной), медийной, «вирусной» (цепляющей изображение, запоминающийся ролик, направленный на повышение узнаваемости НАИС), поисковой оптимизации и т.п. Для решения этой задачи необходимо спланировать привлечение специалистов по интернет-рекламе.

Заключение. В соответствии с современным уровнем развития науки и технологий, повсеместной информатизацией общества предлагается концепция создания национального атласа в форме Национальной атласной информационной системы Беларуси, как многоуровневой, мультимасштабной, самосовершенствующейся системы, обеспечивающей доступ к актуальной картографической информации и картографическим базам данных в реальном времени с требуемым уровнем детализации. Современный уровень развития белорусской картографии соответствует поставленным задачам и позволяет выполнить эту непростую задачу.

Библиографические ссылки

1. Крылов С.А., Загребин Г.И., Дворников А.В., Логинов Д.С., Фокин И.Е. Теоретические основы автоматизации процессов атласного картографирования // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъёмка». 2018. Т. 62. № 3. С. 283–293.
2. Указ Президента РФ от 7 июля 2011 г. N 899 "Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации" <http://pravo.gov.ru/>
3. Указ Президента Республики Беларусь от 22 апреля 2015 г. №166 «Приоритетные направления научно-технической деятельности Республики Беларусь на 2016-2020 гг.».

4. Нацыянальны атлас Беларусі. — Мн.: Белкартографія, 2002. — 292 с.: іл, карт.
5. Атлас БССР [Карты]: Минск – Москва: Академия наук БССР, ГУГК МВД СССР, 1958. – 142 с.: ил, карт.
6. Национальные атласы. История, анализ, пути совершенствования и унификации / Под ред. К.А. Салищева. М., 1960.
7. Козулин А.В. Научные и образовательные функции Национального атласа Беларуси// Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2000. - № 3. – С. 65-68
8. Развитие тематического картографирования в Беларуси// Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2002. – № 1. – С. 67-74.
9. Вялікі гістарычны атлас Беларусі: у 4 т. / Дзяржаўны камітэт па маёмасці Рэспублікі Беларусь, Рэспубліканскае ўнітарнае прадпрыемства «Белкартаграфія»; рэдкалегія: В. Л. Насевіч (галоўны рэдактар) і інш. — Мінск : Белкартаграфія, 2009 — 2018
10. Берлянт А.М. Картоведение. — М.: Аспект-Пресс, 2003. – 478 с.
11. Яблоков В.М., Тикунов В.С. Атласные информационные системы для устойчивого развития территорий //ИнтерКарто/ИнтерГИС. 2016. Т. 22. № 1. С. 13–33.
12. Атласное картографирование: традиции и инновации / Материалы X научной конференции по тематической картографии (Иркутск, 22-24 октября 2015 г.). Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. – 228 с.
13. Глезер В.Л. Новая инфраструктура - инфраструктура пространственных данных «Управление развитием территории», № 4/2013 г.

УДК 528.946

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ НАСЕЛЕНИЯ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ

О. А. Розжаловец

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
oljadamovna@gmail.com

Представлены результаты картографирования населения по данным Белстат на примере Минской области, изучены особенности тематического картографирования. Рассмотрены преимущества использования компьютерных технологий в составлении карт населения. Выявлено, что новые технологии обеспечивают высокое качество картографического изображения, оперативность его создания и обновления, долговременность хранения, многократность использования, а также и современный дизайн.

Ключевые слова: проектирование и составление карт; редакционно-подготовительные работы; картографическое изображение; технология составления карт; интерактивный режим.

Карты населения занимают особое и очень важное место среди социально-экономических карт. Население является основной производительной силой общества, с ним непосредственно связаны важнейшие элементы хозяйственного процесса — производство и потребление материальных и духовных ценностей. Население взаимодействует с природными условиями как условиями обитания людей, оно тесно связано с экономикой и социальной средой.

Карты населения необходимы для определения трудовых ресурсов, планирования народного хозяйства, организации сферы обслуживания населения и др. Они представляют большой познавательный интерес. Карты размещения населения свидетельствуют о степени развития народного хозяйства в разных частях страны или районах.

Ввиду важности значения населения для развития и размещения экономики и в целом для жизнедеятельности населения его картографированию уделяется большое внимание.

Перспективы картографирования населения связаны с дальнейшим расширением тематики карт, с совершенствованием методов картографирования, с географической конкретизацией и детализацией статистического учета населения, в том числе и путем создания географически ориентированных автоматизированных банков данных.

Цель работы заключалась в изучении методических и технологических вопросов составления карт населения.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- на основе анализа литературных источников изучить характеристику населения Минской области;
- дать характеристику основных этапов при составлении карт населения;
- проанализировать основные способы картографического изображения;
- изучить методические и технологические вопросы составления карт населения, с использованием компьютерных технологий;
- оценить преимущества использования компьютерных технологий в составлении карт над традиционными методами.

Население Минской области на 1 января 2018 г. составило 1 426 525 человек [4]. Городское население является доминирующим, но и увеличивается численность и доля сельского населения (главная причина — активная застройка пригородных территорий Минского района, формально относящихся к сельской местности). В половозрастной структуре преобладает женское население. В настоящее время соотношение полов выравнивается. По национальности преобладают белорусы (88,5 %).

Коэффициент рождаемости и смертности на 2018 год составил 11,5 и 14,0 на 1000 человек, что выше средних значений по Республике Беларусь — 10,8 и 12,6 соответственно [2], [4]. Наблюдается естественная убыль населения (-2,5). В Минскую область прибывает больше людей, чем убывает. Сальдо внутренней миграции с 2013 года является положительным.

Процесс составления карт населения Минской области включал два основных этапа: редакционно-подготовительные работы, составление и оформление карты [3]. Редакционно-подготовительный этап включал в себя выбор и оценку источников для составления карт, подготовку географической основы. Главным источником для картографирования населения Минской области являлись статистические материалы за период 2011-2018 гг.

Карты населения классифицируются пятью группами: размещения численности населения, демографические, этнографические, социально-экономических характеристик, экологических характеристик жизни населения [3]. Для картографирования населения Минской области использовались карты размещения численности населения (плотность сельского населения, людность городского населения) и демографические (рождаемость, смертность, естественный прирост).

Также в работе были изучены различные способы картографического изображения, используемые при составлении карт населения. Для передачи содержания использовались следующие способы картографического изображения: значковый (локализованных значков) способ, картодиаграммы и картограммы.

После выполнения редакционно-подготовительного этапа следовал этап ввода картографического изображения в компьютер. Было произведено ручное цифрование путём обвода изображения на исходном картографическом материале. Далее производилась обработка изображения в интерактивном режиме. В результате была создана карта-основа, которая далее использовать для создания серии карт населения:

- Картодиаграмма соотношения городского и сельского населения Минской области;
- Картограмма рождаемости населения Минской области;
- Картограмма смертности населения Минской области;
- Картограмма естественного движения Минской области;
- Карта плотности сельского населения Минской области;
- Карта людности городского населения Минской области;
- Карта образования городских поселений Минской области.

Использование компьютерных технологий в картографическом производстве на всех этапах создания карт значительно сократило производственный цикл, повысило эффективность производства и качество создаваемой картографической продукции, а также изменилась и технологическая последовательность этапов создания карт.

Полностью изменились некоторые виды работ: произошло объединение составительских и оформительских работ. Исключены многие виды работ: ручной фотонабор, ввод сеток и заливок, фотографические процессы, копирование на пластиках, трудоемкая расчленительная ретушь и др. Взамен им появились новые виды работ: сканирование исходных материалов, регистрация растровых изображений, электронное цветоделение и др [1].

Библиографические ссылки

1. Атоян Л. В. Компьютерная картография. Курс лекций. Мн.: 2004 г.
2. Демографический ежегодник Республики Беларусь. Мн.: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2018. С. 431.
3. Жмойдяк Р. А. Социально-экономическая картография [Электронный ресурс]: курс лекций. Минск: БГУ, 2011. Режим доступа: <http://www.elib.bsu.by>, ограниченный.

4. Статистический ежегодник Минской области. Мн.: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2018. С. 88.

УДК 528.91+94(476)

ВКЛАД МИНСКОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ФАБРИКИ В НАЦИОНАЛЬНОЕ АТЛАСНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ

В. Н. Пейхвассер

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, mck57@mail.ru

Представлены результаты анализа и обобщения данных по этапам истории создания национальных атласов в мире и предпринята попытка определить вклад Минской картографической фабрики в национальное картографирование на основе результатов деятельности предприятия по разработке и тиражированию Национальных атласов. Эти работы включают как работы картографического цеха по проектированию и составлению атласов, так и типографии (издательский, офсетный и переплётно-брошюровочный цеха) по тиражированию атласов.

Ключевые слова: Национальный атлас; атласное картографирование; атласная информационная система; Минская картографическая фабрика; картографический цех и типография.

Введение. В истории развития национальных атласов государств были пройдены два основных этапа развития, причём в конце второго этапа своей истории параллельно издавались полиграфические и CD-версии национальных атласов. Национальное атласное картографирование начало развиваться на Минской картографической фабрике ещё в предвоенный период, а достигает расцвета в период с 1958 до 1991 гг., который был прерван реорганизацией фабрики в РУП «Минская печатная фабрика» Гознака, где картографическая деятельность практически прекратилась. Третий этап, в который мы вступаем ныне, пока нечётко, но его можно попробовать определить, как период интерактивных национальных атласов — атласных информационных систем (АИС).

Основная часть. Национальное атласное картографирование, начинается с создания первого такого атласа в 1899 г. — атласа Финляндии [1], в то время автономного Великого княжества Российской империи, ставшего позднее важной составляющей в общей инфраструктуре пространственных данных государства. Начало второго этапа отсчитывают от создания в 1956 г. Комиссии национальных атласов Международного географического союза, которая дала единую программу и рекомендации по созданию национальных атласов [2]. Одним из первых атласов в этот период стал разработанный в 1958 году на Минской картографической фабрикой совместно с белорусскими учёными республиканский комплексный атлас — Атлас БССР [3]. Он стал первым национальным атласом республики, входившей в состав СССР на правах союзной суверенной державы, представленной в ООН. Работы над первым комплексным атласом Беларуси были начаты ещё в 1936 г. на образованной в

мае 1934 года из аэрогеодезического треста в посёлке Новобелица вблизи Гомеля — Белорусской картографической фабрике. Позднее фабрика по решению СНК БССР перебазирована в Минск и переименована в 1939 г. в Минскую картографическую фабрику, а в последующие годы — Фабрику №3 и далее — Фабрику №2. Уже к 1939 г. работы по проектированию и составлению были завершены и карты атласа практически составлены. Подготавливаемый комплексный атлас БССР должен был стать первым атласом советской союзной республики и третьим региональным комплексным атласом в СССР (Атлас Московской области 1933 г., Атлас Ленинградской области и Карельской АССР 1934 г.) [4]. Воссоединение западных областей Беларуси и изменения в административно-территориальном делении потребовало перекомпоновки и значительной доработки атласа, был найден оригинальный выход из ситуации и работы были продолжены. К началу войны 45 печатных листов Атласа из 50 были отпечатаны [архив фабрики]. Из-за нападения фашистской Германии работы над атласом были прекращены, тираж был уничтожен, а атлас не вышел в свет. После войны работы не возобновлялись, составление карт по старым материалам было лишено смысла, а новых материалов было недостаточно.

Атлас БССР 1958 г. определил дальнейшее тематическое атласное картографирование союзных республик. Позднее в формате Атласа БССР были разработаны и составлены картографическим цехом и отпечатаны типографией Минской картографической фабрики Атласы Украинской ССР и Молдавской ССР (1962 г. кооперация Киевской фабрикой), Армянской ССР (1961, 1976), Азербайджанской ССР (МКФ 1963) [архив фабрики]. Это был весомый вклад в национальное картографирование союзных республик.

Крупным вкладом в изучение северной и южной полярных областей Земли стали, впервые в мире спроектированные, составленные и тиражированные на Минской картографической фабрике фундаментальные комплексные атласы: Атлас Антарктики (1966, в 2 томах, 36×59 см, 225 с., 500 карт, графиков и рисунков Государственная премия СССР 1971 г.) [5] и Атлас Арктики (1985, 36×58 см, 204 с.) [6]. Недавно в России вышел атлас, охватывающий только часть первого издания — Национальный атлас Арктики (2017, 30×42 см, 496 с.) [7]. Его изданием закреплён национальный характер таких атласных произведений.

Позднее республиканские национальные комплексные атласы стали проектироваться и составляться картографическим цехом фабрики в большем формате А3+. Первыми такими Атласами большого формата стали: Атлас Молдавской ССР (составлен и отпечатан Минской картфабрикой в 1980), Атлас Литовской ССР (составлен ПКО «Картография» и отпечатан Минской картфабрикой в 1981), Атлас Узбекской ССР (составлен и отпечатан Минской картфабрикой в 2 томах 1982—1984 гг., 2-й том составлялся по кооперации с Научно-редакционным картосоставительским предприятием — НРКП г. Киев). В системе главного управления геодезии и картографии СССР было разработано одиннадцать национальных атласов союзных республик [8].

Также на Минской картфабрике тиражировались, разработанные советскими учёными и специалистами ПКО «Картография» национальные атласы Кубы (1970 рус. яз., 1978 исп. яз., Гос. премия СССР 1973, Золотая медаль АН Кубы, 1970 Медаль ВГО СССР) и Монголии (1990) [9].

Дальнейшее развитие компьютерных технологий в картографии и полиграфии к концу XX века позволило приступить к компьютерному составлению и подготовке к изданию национальных атласов. Это определило путь их совершенствования и выпуск одновременно как в полиграфической, так и в электронных (CD) версиях, что завершило второй этап национального атласного картографирования. Этот период совпал с обретением независимости союзных республик.

В 2002 г. первым на постсоветском пространстве создан Национальный Атлас Беларуси [10], уже новым предприятием РУП «Белкартография», полиграфическая версия тиражировалась на РУП «Минская печатная фабрика» Гознака. Этим изданием завершилась славная картографическая история Минской картографической фабрики и открылась новая страница другого предприятия. CD-версия Национального атласа Беларуси была создана в «Белкартографии», но в свет так не вышла.

Настоящее время характеризуется богатством и многообразием средств и возможностей современных информационных технологий. Статичность картографического изображения и старение содержания атласа, несмотря на наличие CD-версии, предопределяет новую форму таких атласов и открывает следующий этап в национальном атласном картографировании — создание Национальных атласов в форме АИС «Национальный атлас» как составной части инфраструктуры пространственных данных государства.

Заключение. Деятельность специалистов Минской картографической фабрики по национальному атласному картографированию позволили сформировать в Минске самостоятельную школу по атласному картографированию. В этот период были разработаны специалистами фабрики и изданы кроме национальных атласов также несколько десятков региональных (областных, краевых и АССР) комплексных учебных атласов и различные тематические атласы. Полиграфические мощности картографического производства, в связи со специализацией картографического цеха на атласной продукции, были сориентированы на возможности фабрики по тиражированию атласной продукции в жёстком переплёте и большом формате изданий. В конечном итоге фабрика стала лучшим производством в СССР по тиражированию атласных картографических произведений. Практически все фундаментальные атласные издания выходили в свет только в Минске вплоть до её преобразования.

Библиографические ссылки

1. Чуркин В. Г. Атласная картография. М., Лд.: Изд-во Академии наук СССР, 1961. 118 с.
2. Комплексные региональные атласы. Под ред. К. А. Салищева. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1976. 638 с.

3. Атлас БССР. [Карты]. Минск – Москва: Академия наук БССР, ГУГК МВД СССР, 1958. 142 с.
4. Сваткова Т. Г. Атласная картография. М.: Аспект Пресс, 2002. 203 с.
5. Атлас Антарктики. [Карты]. Москва: ГУГК СССР, 1966. 225 с.: ил, карт.
6. Атлас Арктики. [Карты]. Москва: ГУГК СССР, 1985. 204 с.: ил, карт.
7. Национальный атлас Арктики. М.: АО «Роскартография», 2017. 496 с., ил.
8. Национальный Атлас России. История Национального атласа. Режим: <https://xn--80aaaa1bhnc1cc1cl5c4ep.xn--p1ai/>. Дата доступа: 18.09.2019.
9. Плешков В. Г., Ребрий А. В., Степанова Я. В. Национальные атласы зарубежных стран. Геодезия и картография, 2004.
10. Нацыянальны атлас Беларусі. [Карты]. Мн.: Белкартографія, 2002. 292 с.: іл карт.
11. Берлянт А. М., Востокова А. В., Кравцова В. И. и др. Картоведение. М.: Аспект-Пресс, 2003. 478 с.
12. Чуркин В. Г. Атласная картография. М.–Лд.: Изд-во Академии наук СССР, 1961. 118 с.
13. Атласное картографирование: традиции и инновации. Материалы X научной конференции по тематической картографии (Иркутск, 22-24 октября 2015 г.). Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. 228 с.
14. Комедчиков Н. Н., Котляков В. М., Краюхин А. Н., Тикунов В. С. Итоги и перспективы атласной картографии в России в начале нового тысячелетия. М., Институт географии РАН, ПКО «Картография», МГУ имени М. В. Ломоносова, 2011.
15. Тикунов, В. С. Атласная информационная система. Устойчивое развитие России. Вестн. Моск. ун-та, Сер. геогр. 2002, № 5. С. 21–32.

УДК 528.91+94(476)

РАЗВИТИЕ КАРТОГРАФИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В. Н. Пейхвассер¹⁾, Г. Г. Садовская²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, mck57@mail.ru

²⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, grazhina16@mail.ru

В работе предпринята попытка анализа и обобщения данных по картографической деятельности в Республике Беларусь, рассмотрены основные картографические произведения в этот период, а также участие сотрудников кафедры геодезии и космоаэрокартографии БГУ в развитие картографической научной мысли, производства и совершенствовании системы подготовки специалистов картографов.

Ключевые слова: карта; картография; атлас; картографирование; развитие; кафедра.

Введение. Издание карт и атласов в Беларуси на белорусском языке в советский период осуществлялось только в рамках общесоюзной школьной программы и при размещении в энциклопедических белорусскоязычных изданиях. С 1990 г на Минской картографической фабрике возобновлено издание административных карт на белорусском языке [1,2,3,4]. Ранее административные карты на белорусском языке издавались в 1925, 1935, 1940, 1949 гг. [5,6,7,8].

Образование новых независимых государств привело к реформе школьного географического и исторического образования, что выразилось в увеличении учебных часов на изучение географии и истории Беларуси

при их преподавании на белорусском языке. И как следствие в необходимости создания новых картографических пособий. В тоже время стала проводиться самостоятельная политика в формировании тематики картографических произведений и языка их издания.

Основная часть. Период независимого развития страны характеризуется появлением на картографическом рынке частных картографических издательств. Государственная картографическая деятельность была представлена предприятиями: «Минская картографическая фабрика» (с 1995 г. РУП «Минская печатная фабрика» Гознака, картографическая деятельность продолжалась до 2003 г.), РУП «Белкартография» (образовано в ноябре 1999 г.), БКГО «Белгеодезия», Издательский центр БГУ (картографическая деятельность по 2008 г.). Негосударственные издательства: «Артифлекс» (первое частное картпредприятие), «Тривиум», «Евроферлаг» (белорусско-чешское рекламно-картографическое предприятие), «Квадрограф», «Янсеян». Создано значительное число картографических изданий: справочные карты и атласы, атласы автомобильных дорог, туристско-экскурсионные, познавательные карты областей и районов, карты и планы городов Беларуси и другая картографическая продукция. Ныне, в силу действующего закона о геодезической и картографической деятельности (от 14 июля 2008 г. № 396-З), реальную картографическую деятельность в Беларуси осуществляет одно государственное картографическое предприятие РУП «Белкартография» и одно негосударственное — ООО «Квадрограф».

В начальный период развития независимого государства Республики Беларусь издаются: первая общегеографическая карта на белорусском языке для средней школы «Рэспубліка Беларусь. Агульнагеаграфічная карта», масштаб 1:500 000, разработанная преподавателями кафедры: В.Н. Пейхвассер, Т.М. Прокопович, П.П. Явид, Л.Д. Мельникова, под научным руководством Р.А. Жмойдяк и О.Ф. Якушко в 1994 г. [9] и первая историческая Беларуси для средней школы в масштабе 1:500 000 «Беларускія землі ў складзе Вялікага княства Літоўскага ў XVI стагоддзі» в 1993 г. разработанная Л.Р. Казловым, Л.Ю. Михайловской, В.Н. Пейхвассером и Н.Ф. Виняцким [10].

Начинают издаваться Контурные карты в виде прообраза будущих рабочих тетрадей по истории и географии, атласы по географии для 4-ых, 7-ых, 8-ых и 9-х классов. Создаются первые тематические атласные картографические издания. При участии сотрудников кафедры издаются на белорусском языке: в 1996 г. первый на этнографо-географический справочный атлас «Беларусы. Этнагеаграфія, дэмаграфія, дыяспара, канфесіі» под редакцией С.А. Польского, члены редколлегии В.Н. Пейхвассер, А.В. Савченя, К.В. Свирская [11]; а в 1998 г. школьный комплексный «Атлас Рэспублікі Беларусь» под ред. Р. А. Жмойдяка [12]. Позднее издаются карты и атласы всего спектра образования по истории и географии, сначала с 1999 г. на Минской печатной фабрике [13,14] и в Издательском Центре БГУ

[15,16,17,18], где также создаётся весь спектр учебников по всемирной и белорусской истории с картами-вкладками.

Настенные учебные карты и атласы для общеобразовательных учреждений, карты и атласы для широкого круга выходят и в РУП «Белкартография», куда переходят многие специалисты издательства «Тривиум», «Артифлекс» и Минской печатной фабрики.

Традиционно белорусскими картографами использовались современные технологии. Первым переход с аналогового на компьютерное картосоставление и подготовку к изданию по CtF и CtP технологии — издательство «Тривиум» (с 1996 года в программах Adobe Illustrator—QuarkXPress—Adobe Acrobat, преподаватели В.Н. Пейхвассер и В.М. Храмов) и «Квадрограф» (с 1998 года в программе CorelDRAW). РУП «Белкартография» работает по компьютерной технологии с момента образования. [19]. В 2002 году в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь РУП «Белкартография» был создан первый «Национальный Атлас Беларуси» [20]. Одновременно создаётся CD-версия «Национального атласа Беларуси», но она не выходит в свет. Сотрудники кафедры принимали активное участие в разработке «Национального атласа Республики Беларусь», являлись авторами и рецензентами части карт и атласов без отрыва от учебного процесса.

В 2007 г. в БГУ при участии сотрудников кафедры создан атлас «Конфессии и культовые сооружения Беларуси» (под ред. И.И. Пирожника) [21].

С 2015 года начинается выпуск настенные карт для высших учебных заведений при участии сотрудников кафедры. Особенно следует отметить участие в создании «Географического атласа учителя» (2016 г.) [22] и «Вялікага гістарычнага атласа Беларусі» (2009–2018 гг.) [23] для которого разрабатывается электронная версия на USB-флеш-накопителе.

Заключение. На протяжении всего пятидесятилетнего периода деятельности кафедры сотрудники принимают непосредственное активное участие в создании картографических произведений и осуществляют полное экспертное рецензирование картографических работ, выпускаемых в Беларуси, чем подтверждают весомый вклад как в развитие картографической научной мысли и производства, так и в совершенствовании системы подготовки специалистов картографов.

Библиографические ссылки

1. Гомельская вобласць. Адміністрацыйная карта. Мінск: Мінская картаграфічная фабрыка, 1990.
2. Мінская вобласць Адміністрацыйная карта. Мінск: Мінская картаграфічная фабрыка, 1990.
3. Республика Беларусь. Административная карта. Минск: Белгеодезия, 1993.
4. Рэспубліка Беларусь. Адміністрацыйная карта. Мінск: Белгеадэзія, 1994.

5. Карта Беларускай Савецкай Сацыялістычнай Рэспублікі. Менск: 2-ая Дзярж. друк.-літ. БДВ, [1925].
6. Адміністрацыйная карта Беларускай ССР. Менск: Беларуская картаграфічная фабрыка, 1935.
7. Беларуская ССР. Палеская вобласць. Адміністрацыйная карта. Менск, 3-я картаграфічная фабрыка ГУГК, 1940.
8. Беларуская ССР. Палітыка-адміністрацыйная карта: вучэбная карта для сярэдняй школы. Масква : Галоўнае ўпраўленне геадэзіі і картаграфіі, 1949.
9. Рэспубліка Беларусь. Агульнагеаграфічная карта. Мінск: Белгеадэзія, 1995.
10. Беларускія землі ў складзе Вялікага княства Літоўскага ў XVI стагоддзі: карта. Мінск: Белгеадэзія, 1997.
11. Беларусь: Этнагеаграфія, дэмаграфія, дыяспара, канфесіі: атлас. Фонд фундам. даслед. Рэсп. Беларусь, Беларус. фонд Сораса, Прагр. «Абнаўленнегуманіт. Адукацыі». Мінск: Кам. дзярж. Знакаў пры М-ве фінансаў Рэсп. Беларусь, 1996. — 32 с.
12. Атлас Рэспублікі Беларусь: 9-ы кл. Мінск: Дзярж. кам. па зямел. рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі Рэсп. Беларусь: ДП «Мін. друк. ф-ка», 1998. 48с.
13. Географія материков и стран: 7-й кл. Адк. рэд. М. У. Леановіч. Мінск: Дзярж. кам. па зямел. рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі Рэсп. Беларусь, ДП «Мін. друк. ф-ка», 2002. 48с.
14. Географія материков и стран: 8-й кл. / Адк. рэд. М. У. Леановіч. Мн.:Дзярж. кам. па зямел. рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі Рэсп. Беларусь: ДП «Мін. друк. ф-ка», 2002. — 48с.
15. Атлас па гісторыі Беларусі. Старажытныя часы і сярэднія вякі: з контурнымі картамі. Мінск: БДУ, 2001. 28 с.
16. Атлас по всемирной истории. Древний мир. Минск: БГУ, 2002. 40 с.
17. Атлас па геаграфіі Беларусі: прырода, насельніцтва, гаспадарка. Мінск: Выдавецкі цэнтр Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта, 2005. 40 с.
18. Гісторыя Беларусі, XVI–XVIII стст.: атлас. Мінск: Выдавецкі цэнтр Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта, 2005. 28 с.
19. Беларуская энцыклапедыя: у 18 т. Мінск: БелЭн, 1996–2004.
20. Нацыянальны атлас Беларусі. Мн.: Белкартаграфія, 2002. 292 с.
21. Конфессии и культовые сооружения Беларуси: атлас. Минск: БГУ, 2007. 56 с.
22. Вялікі гістарычны атлас Беларусі: у 4 т. Мінск : Белкартаграфія, 2009 — 2018.
23. Географический атлас учителя: пособие для учителей учреждений общего среднего образования: для студентов географических специальностей. Минск: Белкартография, 2016. 391 с.

СЕКЦИЯ 3

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ И ФОТОГРАММЕТРИЯ

УДК 528.8; 629.78

АВИАКОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ В ДИСТАНЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ ЗЕМЛИ

Б. И. Беляев, В. В. Сосенко, А. Д. Хомицевич

Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета,
г. Минск, Беларусь, remsens@mail.ru

Описываются многолетние исследования природных образований Земли в оптическом диапазоне длин волн. Рассматриваются результаты разработки и создания приборов и видеоспектральных систем наземного, авиационного и космического базирования для изучения земной поверхности спектральными методами, лабораторные и полетные калибровки аппаратуры.

Ключевые слова: дистанционное зондирование; авиакосмические системы; калибровки приборов и систем; спектрометры; спектрорадиометры.

Введение. Измерение, преобразование и анализ физических параметров световых полей объектов составляет основу дистанционных оптических методов изучения природных образований. Измеряемыми параметрами в этих исследованиях являются: пространственные, временные и угловые зависимости энергетических, спектральных и поляризационных характеристик поля излучения Земли и объектов на ее поверхности и в атмосфере.

В данной работе описывается системный подход развития основных элементов аэрокосмического мониторинга природных образований (методы, аппаратура, метрология, результаты обработки и представления данных), необходимых для эффективного решения как фундаментальных, так и прикладных задач.

Спектрометры и спектрорадиометры для дистанционной диагностики состояния сред и объектов. В настоящее время в отделе аэрокосмических исследований НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ разработаны, созданы и широко используются в натурных экспериментах микропроцессорные спектрометрические модули МС для диагностики состояния различных объектов. Были разработаны и изготовлена линейка многофункциональных приборов от МС-02 до МС-14 с комплектом специальных насадок и специальным программным обеспечением. По программе Союзного государства «Мониторинг-СГ» созданы двухканальный модульный спектрорадиометр ДМС, солнечный спектрополяриметр ССП-600Н и серия фотоспектрорадиометров ФСП-01÷04. Приборы (в комплекте с ПК и со смартфоном) можно использовать для проведения измерений в лабораторных, наземных, полевых условиях, а также с борта летательных аппаратов [1].

Основные характеристики спектрорадиометров сведены в таблице.

Основные характеристики спектрорадиометров

Характеристики \ Тип	Фотоспектрорадиометр ФСР 01÷03	Двухканальный модульный спектрорадио- метр ДМС	Солнечный спектрополяриметр ССП-600Н
Спектральный диапазон, нм	350-1050	350-1050	350-950
Спектральное разрешение, нм	2-3	1-2	1,2-2,0
Вес, кг	ФСР-01 – 1,9; ФСР-02 – 1,7; ФСР-03 – 1,3	2,2	1,2
Снабжение цифровой видеосистемой	да	да	—

С помощью созданных приборов проведен большой объем исследований по выявлению связей между оптическими характеристиками и физическими параметрами изучаемых объектов [1].

Спектрально-энергетические наземные и полетные калибровки приборов и систем. Повышение требований к точности измерения радиометрических характеристик приемных датчиков оптоэлектронных приборов обусловлена усложнением и расширением круга задач, решаемых методами дистанционного оптического зондирования, и необходимостью корректного сопоставления данных, получаемых различными приборами.

В отделе создан метрологический комплекс «Камея» в соответствии с поверочной схемой средств измерения спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ). Он предназначен для высокоточной калибровки различной спектрометрической и видеоспектральной аппаратуры, а также для аттестации различных источников и приемников излучения в рабочем спектральном диапазоне от 0,35 до 2,5 мкм.

Основными операциями при калибровке аппаратуры на комплексе «Камея» являются: определение рабочего спектрального диапазона; определение пороговых значений СПЭЯ и динамического диапазона; определение спектральной чувствительности по абсолютным значениям СПЭЯ.

В отделе регулярно ведутся калибровки космической аппаратуры [2], так в августе-сентябре 2018 года были проведены натурные наземные и авиационные измерения с целью исследования спектральных отражательных характеристик природных поверхностей, которые потенциально могут использоваться в качестве подспутниковых полигонов (тестовых объектов) в ходе экспериментов с осуществлением квазисинхронной съемки аппаратурой ФСС, ВСС с борта МКС. Как известно, наклонение орбиты МКС составляет 51,63°, и при надирной съемке бортовой НА в поле зрения ФСС, ВСС попадает только южная часть территории Беларуси. Поэтому, наземные и авиационные

измерения проводились в Гомельской области в районе аэродрома «Зябровка».

Самолетные измерения проводились с борта летательного аппарата Авиатика МАИ-890У прибором ФСР в спектральном диапазоне 400-900 нм. Наземные измерения КСЯ различных типов подстилающей поверхности проводились при помощи модернизированного малогабаритного солнечного спектрополяриметра ССП-600Н в спектральном диапазоне 400-900 нм.

Исследование характеристик природных образований с авиационных носителей и из космоса. В отделе созданы и внедрены: в Минлесхозе РБ видеоспектральный – комплекс ВСК-2 (ГНТП «Леса Беларуси»); в МЧС РБ – авиационная система контроля за чрезвычайными ситуациями АСК-ЧС (заказ МЧС РБ).

Еще одна авиационная спектрально-пространственная система АВИС высокого пространственного и спектрального разрешения предназначена для регистрации спектрально-пространственных, монохромных и тепловых изображений земной поверхности при авиационном мониторинге. АВИС предназначена для осуществления съемок объектов и территорий с авиационных носителей типа Ан-2, оборудованных специальным люком и гиро-платформой с высот от 100 до 2000 м.

Тематические карты, на которых на исходное спектрально-пространственное изображение наложены отдельные классы, окрашенные в условные контрастные цвета, являются конечным продуктом оперативного дистанционного мониторинга лесных участков [3]. В ходе проведения съемок системами ВСК-2, АСК-ЧС и АВИС получены тематические картосхемы с выделением основных классов лесных территорий для целого ряда лесничеств РБ. Результаты компьютерной классификации сравнивались с таксационными описаниями в базе данных «Лесные ресурсы». Корреляция результатов классификации и описаний ГИС «Лесные ресурсы» во всех случаях достаточно высокая и составляет 75–95 %.

Космические исследования подстилающих поверхностей проводились нашими приборами с борта ОНС «Салют-4» -6» -7». С 1988 г. на борту орбитальной станции «Мир» функционировала микропроцессорная система регистрации, накопления и обработки видеоспектральной информации «Гемма-2 видео» разработанная и созданная в НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ. С системой «Гемма 2-видео» была проведена обширная серия космических экспериментов по геоэкологическим исследованиям спектральных отражательных характеристик различных типов подстилающих поверхностей и атмосферы Земли [1].

В НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ по заказу РКК «Энергия» разработана и изготовлена фотоспектральная система ФСС [4], предназначенная для регистрации спектров отраженного излучения подстилающих поверхностей в диапазоне длин волн 350–1050 нм, однозначно «привязанных» к цветным изображениям высокого пространственного разрешения с борта российского сегмента МКС в космическом эксперименте «Ураган». С августа 2010 г. до

2019 г. всеми экспедициями на МКС проводились регулярные съемки аппаратурой ФСС спектров и изображений различных участков земной поверхности при различных условиях освещения и наблюдения. Получен большой объем информации по многим регионам земного шара. Ведется обработка данных.

Логическим развитием системы ФСС явилась разработанная и созданная видеоспектральная система ВСС [5], также предназначенная для проведения измерений характеристик отраженного излучения подстилающих поверхностей в диапазоне длин волн 400-950 нм при выполнении мониторинга земной поверхности в ходе проведения научно-прикладных исследований в космическом эксперименте «Ураган». Система ВСС работает на служебном модуле Российского сегмента МКС с 2014 г.

Заключение. Представленные в статье комплексные исследования оптико-спектральных характеристик природных образований и их связи с параметрами изучаемых объектов с помощью созданных приборов и систем дистанционного зондирования использовались для диагностики состояния различных сред и объектов. Все описанные приборы и комплексы прошли всесторонние испытания на различных носителях и используются в различных организациях и ведомствах РБ и РФ.

Библиографические ссылки

1. Беляев Б. И., Катковский Л. В. Оптическое дистанционное зондирование. Минск: Изд-во БГУ, 2006. 455 с.
2. Беляев Б. И. Наземные и полетные калибровки авиакосмической аппаратуры дистанционного зондирования Земли / Б.И. Беляев, Л.В. Катковский, В.А. Сосенко, Ю.В. Беляев // Наука и инновации, 2016, № 4. С. 21–26.
3. Беляев Б. И. Исследование сезонной динамики спектрально-отражательных свойств агрокультур Беларуси на основе полевого спектрометрирования и материалов дистанционного зондирования Земли / Б. И. Беляев, Е. В. Казяк, Е. О. Хрущёва // Земля Беларуси, 2016, № 2. С. 42–46.
4. Беляев М. Ю. Использование научной аппаратуры «Фотоспектральная система» в экспериментах по программе «Ураган» на борту Международной космической станции / М. Ю. Беляев, Б. И. Беляев, В. А. Сосенко и др. // Сборник научных трудов РКК «Энергия» им. С. П. Королева, 2011, Серия XII, Выпуск 1–2. С. 233–244.
5. Беляев Б. И. Устройство и летные испытания научной аппаратуры «Видеоспектральная система» на борту российского сегмента МКС / Б.И. Беляев, М.Ю. Беляев, Э.Э. Сармин и др. // Космическая техника и технологии, 2016, № 2 (13). С. 70–79.

МЕТОДЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ

В. Н. Губин

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, vngubin@mail.ru

Рассмотрены результаты использования методов дистанционного зондирования Земли из космоса при картировании в Припятском нефтегазоносном бассейне активных на неотектоническом этапе разломов и кольцевых структур, обнаруживающих связь с зонами нефтегазонакопления и залежами нефти. Проведена комплексная интерпретация космоструктурных и геолого-геофизических данных, позволившая установить нефтеперспективные структуры, что существенно повышает эффективность геологоразведочных работ при поисках месторождений нефти.

Ключевые слова: методы дистанционного зондирования; космические снимки; космоструктурное картирование; нефтеперспективные структуры; месторождения нефти.

Введение. Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) из космоса является современной технологией в комплексе геологоразведочных работ при поисках месторождений нефти в осадочных бассейнах древних платформ. В результате структурно-тектонической интерпретации космических снимков (КС) в совокупности с геолого-геофизическими данными осуществляется космоструктурное картирование с целью прогнозирования нефтеперспективных структур и залежей нефти [1–3, 7].

Методы ДЗЗ приобретают особую актуальность при поисках нефти в Припятском нефтегазоносном бассейне (НГБ), расположенном в одноименном прогибе на западе Восточно-Европейской платформы. К настоящему времени здесь открыто 86 месторождений нефти, в том числе 2 нефтегазоконденсатных. Годовая добыча углеводородов (УВ) составляет порядка 1,7 млн. т. Космоструктурное картирование в пределах Припятского НГБ позволяет выявить нефтеперспективные участки для проведения дальнейших нефтепоисковых работ и тем самым способствует открытию новых промышленных месторождений нефти.

Основная часть. Инновации в космоструктурном картировании Припятского НГБ тесно связаны с ДЗЗ Белорусским космическим аппаратом, оптико-электронная съемочная аппаратура которого в панхроматическом режиме позволяет получать КС с разрешением объектов на земной поверхности 2,1 м, а в мультиспектральном – 10,5 м. На основе структурно-тектонического анализа данных ДЗЗ из космоса и геолого-геофизической информации достигается возможность выявления активных на неотектоническом этапе (от позднего олигоцена, около 30 млн. лет назад, до настоящего времени) разломов и кольцевых структур земной коры с целью прогноза зональных и локальных объектов нефтегазонакопления в верхнедевонской толще осадочного чехла. Создание космоструктурных моделей 2D отдельных площадей НГБ позволяет

выявить перспективные объекты для целенаправленной постановки сейсморазведочных и буровых работ на нефть.

В результате космоструктурного картирования Припятского НГБ установлены системы линеаментов регионального и суперрегионального рангов, являющиеся индикаторами проявлений на земной поверхности разломов мантийного заложения, которые контролируют распределение как известных зон нефтегазонакопления, так и перспективных на залежи УВ участки. В Северном структурном ареале Припятского НГБ на КС уверенно дешифрируется региональный линеамент субширотного простирания, отражающий новейшую активизацию Речицко-Вишанского глубинного разлома, с которым сопряжена одноименная зона нефтегазонакопления. Рассматриваемая зона включает Вишанское, Осташковичское, Речицкое и другие промышленные месторождения нефти [4–6]. К Северо-Припятскому мантийному разлому, выраженному на КС в виде суперрегионального линеамента, приурочена Судовицко-Березинская зона нефтегазонакопления, включающая Судовицкое, Прохоровское, Березинское, Восточно-Березинское, Отрубовское и Геологическое месторождения. Линеаменты регионального и суперрегионального рангов обнаруживают также связь с зонами потенциального нефтегазонакопления, в пределах которых в перспективе необходимо провести геологоразведочные работы на нефть

В Припятском НГБ к неотектонически активным разломам и зонам нефтегазонакопления тяготеют локальные кольцевые структуры тектоногенной природы диаметром от 2–3 до 15 км. Дешифрируемые на КС кольцевые объекты обнаруживают связь с блоковыми, блоково-пликативными и пликативными структурными формами нефтеносных комплексов, определяющими тектонически и литологически экранированные залежи УВ. Рассматриваемые структуры осадочного чехла, активно развивавшиеся в позднем девоне – карбоне, проявились также на новейшем этапе эволюции Припятского НГБ и тем самым контролировали процессы формирования земной поверхности, оказав влияние на размещение, прежде всего, гидрографической сети.

Кольцевые структуры нередко осложнены системами локальных линеаментов с высокой плотностью их распределения по площади, что свидетельствует о повышенной трещиноватости отдельных участков нефтеносных структурных форм, особенно прилегающих к мантийным суперрегиональным и региональным разломам. Оперяющие глубинные разломы системы трещин способствовали формированию тектонически экранированных пластовых залежей нефти в осадочном чехле и создают благоприятные условия для вертикальной миграции УВ-флюидов из верхней мантии [6]

В Северном структурном ареале Припятского НГБ при космоструктурном картировании Судовицко-Березинской зоны нефтегазонакопления, прилегающей к Северо-Припятскому и Глусско-Березинскому разломам мантийного заложения, выявлены локальные кольцевые структуры, контролирующие тектонически и литологически экранированные залежи УВ. На площади Геологического месторождения нефти оконтурена кольцевая структура,

выраженная на земной поверхности в виде изометрично ориентированных мезо- и микроформ рельефа долины реки Березины, образующих на КС системы дугообразных линеаментов (см. рисунок).



Кольцевая структура, расположенная на площади Геологического месторождения нефти (1 – дугообразные линеаменты кольцевой структуры, 2 – линеаменты отражающие, разрывные дислокации и зоны трещиноватости осадочного чехла)

По данным сейсмического зондирования и бурения скважин плановое расположение локальной кольцевой структуры согласуется с Центральным блоком Геологического месторождения нефти, динамически выраженным в сейсмогоризонтах по кровле и подошве межсолевого комплекса (2D и 2Dп) верхнедевонских отложений. Кольцевая структура отчетливо прослеживается по поверхности верхнесоленосной глинисто-галитовой толщ верхнего девона (сейсмогоризонт I), имеющей пликативный характер. В пределах Центрального блока промышленная нефтеносность межсолевого комплекса доказана по материалам разведочного бурения. Тектонически экранированная нефтяная залежь выявлена в петриковском горизонте межсолевого комплекса верхнедевонских отложений

Заключение. Данные ДЗЗ совместно с геолого-геофизической информацией повышают эффективность нефтепоисковых работ в Припятском НГБ, где большое внимание уделяется прогнозированию зональных и локальных

объектов нефтегазонакопления и выявлению новых промышленных месторождений нефти. Ведущими космоструктурными критериями выделения нефтеперспективных структур и залежей УВ являются дешифрируемые на КС линеаменты и кольцевые структуры. Они обнаруживают связь с зонами нефтегазонакопления, структурными формами нефтеносных комплексов осадочного чехла и потенциальными нефтегазоносными объектами. В современной технологии поисков нефти на основе ДЗЗ необходимо уделить внимание созданию электронной базы геоданных, включающей комплекс космоструктурных критериев нефтегазоносности и методику прогноза нефтеперспективных участков с использованием программной обработки КС и геолого-геофизических материалов.

Библиографические ссылки

1. Бондура В. Г. Аэрокосмический мониторинг объектов нефтегазового комплекса. М.: Научный мир, 2012. 558 с.
2. Гридин В. И., Дмитриевский А. Н. Системно-аэрокосмическое изучение нефтегазоносных территорий. М.: Наука, 1994. 288 с.
3. Губин В. Н. Оценка перспектив нефтегазоносности Припятского палеорифта на основе структурно-тектонического анализа космической информации. Геоматика, 2018. Режим доступа: <http://geomatika.ru/clauses/kosmo-monitoring>
4. Конищев В. С. Критерии и перспективы нефтегазоносности осадочных бассейнов Беларуси. Минск: Экономпресс, 2012. 163 с.
5. Айзберг Р. Е., Губин В. Н., Климович Н. В., Старчик Т. А. Палеогеодинамические реконструкции платформенных бассейнов: методические аспекты. Минск: БелНИГРИ, 1991. 182 с.
6. Разломы земной коры Беларуси / Под ред. Р.Е. Айзберга. Минск: Красико-Принт, 2007. 372 с.
7. Трофимов Д. М. Дистанционные методы в нефтегазовой геологии. М.: Инфра-Инженерия, 2018. 388 с.

УДК 528.74

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ЦЕЛЯХ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В СФЕРЕ ВІМ- И СІМ-ТЕХНОЛОГІЙ

М. А. Гуцаки

Республиканское дочернее аэрофотогеодезическое унитарное предприятие
«БелПСХАГИ», max_gutsaki@mail.ru

Представлены результаты обработки материалов ДЗЗ, получаемых с беспилотных летательных аппаратов. На основе полученных материалов съемки БПЛА рассмотрены возможные варианты продукции, изготавливаемой в результате фотограмметрической обработки снимков, и варианты ее применения в различных отраслях промышленности. Изучены перспективы использования 3D-моделирования объектов реальности в градостроительной сфере на примере Индустриального парка «Великий камень».

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты; фотограмметрическая обработка снимков; ортофотоплан; цифровая модель местности; 3D-моделирование в BIM.

Беспилотные летательные аппараты постепенно находят применение во всех сферах жизнедеятельности человека. Землеустройство, геодезия и картография не являются исключением: разнообразие видов авиамodelей и БПЛА, а также полезных нагрузок, устанавливаемых на них, позволяет упростить многие виды полевых работ и заменить их исследованиями, проводимыми по материалам аэрофотосъемки. В то же время беспилотная аэрофотосъемка имеет неоспоримые преимущества над авиасъемкой с борта пилотируемых судов: дешевизна использования и возможность ее регулярного применения позволяет успешно применять беспилотную авиацию для целей мониторинга за различными объектами местности, а развитие фото- и GPS-аппаратуры, используемой на бортах БПЛА, - получать материалы со сверхвысоким пространственным разрешением и высокой геодезической точностью. При этом, согласно статистике, за день одна аэрофотосъемочная бригада может снять до 40 кв.км для создания карт масштаба 1:500 при работе с наземными методами, в то время как геодезисты смогут отснять примерно 0,1 кв.км, что также доказывает существенную разницу в скорости выполнения полевых работ [1].

В декабре 2017 года Государственным предприятием «БелПСХАГИ» был приобретен беспилотный авиационный комплекс Геоскан 201 Агрогеодезия, основным назначением которого является проведение аэрофотосъемочных работ для целей геодезии и кадастра, а также сельского и лесного хозяйства. Данный БПЛА способен проводить в воздухе до 150 минут за один сеанс полета, а фотоаппаратура, установленная на нем, позволяет получать аэрофотоснимки с пространственным разрешением до 1,7 см. Также в данной модификации предусмотрено наличие двухчастотного GNSS-приемника, позволяющего высчитывать координаты центров фотографирования с точностью до 5 см [2].

Обработка материалов БПЛА осуществляется в программном продукте Agisoft Metashape. В основе его работы заложены автоматизированные алгоритмы, позволяющие проводить качественную фотограмметрическую обработку материалов ДЗЗ. Данный программный продукт позволяет получать ортофотопланы, цифровые модели местности (ЦММ) и рельефа (ЦМР), плотные облака точек, а также текстурированные 3D-модели местности. Алгоритмы постобработки материалов, заложенные в ПО Agisoft Metashape, также дают возможность высчитывать вегетационные индексы растительности, проводить классификацию плотного облака точек и исключать артефакты и тени из получаемых полигональных 3D-моделей [3].

Основным продуктом, получаемым по материалам аэрофотосъемки с БПЛА, являются ортофотопланы местности. Общая технологическая схема составления ортофотопланов по материалам аэрофотосъемки включает в себя несколько этапов (рисунок 1).



Рис. 1. Общая технологическая схема производства ортофотопланов по материалам аэрофотосъемки БПЛА

Исходными данными для изготовления как ортофотопланов местности, так и других продуктов, являются фотографии, получаемые фотокамерой Sony RX-1, а также данные с автопилота борта и двухчастотного GNSS-приемника Торсон, работающего в режиме кинематики с постобработкой. Это значительно упрощает процесс геодезической привязки аэрофотоснимков и позволяет минимизировать полевые работы. В большинстве случаев набор опознаков на местности с определением их координат является дополнительной мерой для контроля точности привязки конечного продукта.

Ортотрансформирование снимков производится на основании автоматически извлекаемой ЦММ, которая с помощью алгоритма фильтрации плотного облака точек может быть превращена в ЦМР. Для получения более качественных ортофотопланов на практике чаще применяется именно использование ЦМР для ортотрансформирования, что позволяет избегать изображительных дефектов в местах с резким перепадом высот (например, на краях крыш зданий). Получаемые ортофотопланы обладают достаточно высокой точностью как в плане, так и по высоте (рисунок 2). В настоящее время они уже нашли применение в качестве подосновы для создания различных систем цифровых данных, таких как Геопортал ЗИС Республики Беларусь.

Иными продуктами обработки материалов аэрофотосъемки БПЛА являются ЦММ и ЦМР, а также облака точек, которые могут быть экспортированы ПО Agisoft Metashape в различные форматы, что позволяет затем импортировать их в другие программные продукты для постобработки. В качестве одного из них можно выделить ПО ГИС Спутник, предназначенное для проведения расчетов для целей проектирования и строительства по составленным ЦММ. Программа позволяет вычислять уклоны и превышения рельефа, измерять площади и объемы на поверхности ЦММ, а также проводить мониторинг ее изменений со временем [4].

Одним из перспективных направлений развития является получение 3D-моделей реальности с использованием беспилотных летательных аппаратов. Сегодня все больше говорят о внедрении BIM-технологии, которая подразумевает под собой все имеющееся числовое описание и информацию об объектах, которые могут быть использованы на стадиях проектирования и строительства зданий, а также в период их эксплуатации и даже сноса [5].

На основании аэрофотосъемки БПЛА Геоскан 201, а также фотосъемки фасадов зданий с квадрокоптера DJI Phantom 4 Pro v2.0, выполненных в сентябре 2018 года, была составлена 3D-модель индустриального парка «Великий камень». Общая площадь территории съемки составила 10,5 кв.км. В ходе фотограмметрической обработки, проводимой в ПО Bentley ContextCapture Center, было обработано свыше 26000 фотографий с пространственным разрешением не более 2,5 см. Аэрофотосъемочные работы заняли всего 2 дня, а на обработку материалов было затрачено около 14 дней.



Рис. 2. Ортофотоплан г. Дзержинск, изготовленный по материалам аэрофотосъемки БПЛА (пространственное разрешение – 5 см; среднеквадратичные ошибки: в плане – 2,18 см, по высоте – 3,03 см)

Цифровая модель виртуальной реальности парка стала основой построения 3D ГИС территориального планирования. В ней на 3D-модель местности были наложены 2D-данные участков, полученных от землеустроителей. Участки были разделены по их принадлежности резидентам парка, либо по статусу перспективного владения – зарезервированные за потенциальными резидентами, либо свободные для использования. В результате резидент, прежде чем принять решение об инвестировании, может реально оценить нынешнее положение на предоставляемом ему участке, понять объем работ и капиталовложений, которые потребуются для освоения участка. Кроме гео-

метрии участка в ГИС также хранится сопутствующая информация о характеристиках участка – кадастровый номер, принадлежность, площадь и другие данные, необходимые для использования территории. В результате вся эта информация, предоставляемая потенциальному резиденту парка в наглядном виде и сопровождающаяся сопутствующими данными, позволяет принять правильное решение о выборе участка для строительства предприятия. На выбранный участок могут быть добавлены запланированные постройки, парковые зоны и иные объекты инфраструктуры, что позволит оценить дальнейшее развитие городского ландшафта (рисунок 3). Полученный продукт может быть заложен в основу создания BIM- и CIM-модели.



Рис. 3. Проектируемый участок местности территории индустриального парка «Великий камень», визуализированный на основании изготовленной 3D-модели реальности по материалам аэрофотосъемки БПЛА

Таким образом, аэрофотосъемка с использованием БПЛА позволяет значительно сократить проводимые объемы полевых работ, при этом высокое пространственное разрешение снимков дает возможность наглядной визуализации ситуации местности. Получаемые продукты обработки в совокупности с уже имеющимися данными полевых измерений могут быть заложены в основу создания различных 3D ГИС объектов инфраструктуры.

Библиографические ссылки

1. Съемка с воздуха [электронный ресурс] / Геодезия и кадастр [сайт]. URL: <https://rusdrone.ru/otrasli/geodeziya-i-kadastr>
2. Геоскан [электронный ресурс] / Геоскан 201 Агрогеодезия [сайт]. URL: <https://www.geoscan.aero/ru/products/geoscan201/agrogeo>
3. Agisoft [электронный ресурс] / Agisoft Metashape: Intelligent photogrammetry [презентация]. URL: https://www.agisoft.com/pdf/metashape_presentation.pdf
4. Геоскан [электронный ресурс] / ГИС Спутник [сайт]. URL: <https://www.geoscan.aero/ru/software/sputnik/gis>
5. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. М.: ДМК Пресс, 2011. 392 с.

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ПЛАНЕТ И ОБЪЕКТОВ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Н. Ю. Евпак

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, natalyevpak@gmail.com

Рассмотрены общие методы исследования и способы получения научных данных о планетах и объектах Солнечной системы. В процессе устанавливается связь между выбором целевой аппаратуры и научными исследованиями. Сама же связь определяется физическими принципами, лежащих в основе использования соответствующих датчиков и приемников излучения. Подчеркивается актуальность и современность вопроса отправки будущих космических миссий, автоматических межпланетных станций, зондов к телам Солнечной системы. Проведена обработка снимков в видимом диапазоне, полученных с реального космического аппарата Cassini.

Ключевые слова: Солнечная система; планеты; дистанционное зондирование; космический аппарат; исследование космоса.

Понимание истории возникновения и процессов развития нашей Солнечной системы базируется на научных исследованиях планет, далеких кометов, астероидов, спутников и других космических тел. Такие исследования помогают установить пути будущей эволюции нашей собственной планеты, найти решения, как сохранить ее ресурсы для наших будущих потомков. Кроме того, есть определенная уверенность, что в текущем веке человечеством будет реализован проект пилотируемых полетов к планетам и спутникам. Поэтому для таких миссий необходима подробнейшая информация о физических и химических условиях на этих телах. Не исключено, что в перспективе возможно терраформирование этих тел и основание на них колоний.

Исследования планет с помощью радиофизической аппаратуры, устанавливаемой на автоматических межпланетных станциях позволяют получить информацию о высотной зависимости температуры и давления в атмосфере, концентрации электронов в ионосфере планеты, данные о рельефе поверхности, диэлектрической проницаемости, плотности и тепловом режиме грунта. Такие исследования объектов космоса могут быть пассивными и активными. Пассивные (или радиоастрономические) методы связаны с изучением характеристик собственного излучения объекта, которое может быть по своему происхождению тепловым, и тогда его интенсивность будет определенным образом зависеть от температуры источника. В остальных случаях излучение является нетепловым, и его интенсивность определяется либо величиной магнитного поля и интенсивностью потоков заряженных частиц, либо другими физическими величинами, характерными для данного механизма излучения. Активные методы исследования связаны с изучением характеристик поглощения, отражения, рассеяния и преломления радиоволн физической средой:

межпланетной средой, атмосферой, поверхностным слоем планеты. Метод радиолокации часто используется при определении местоположения какого-нибудь объекта. При этом передающее устройство посылает радиолокационный сигнал в направлении данного объекта, и после отражения определенная часть энергии сигнала возвращается обратно на приемное устройство. Анализируя характер отражения и рассеяния сигнала некоторой поверхностью, можно получить соответствующую информацию о ее физических характеристиках [1].

Лидар – технология получения и обработки информации об удалённых объектах с помощью активных оптических систем. Лазерные локаторы широко используют в космонавтике и авиации, где они могут выполнять роль точных измерителей высоты. Как и в радиолокации, в оптической локации для обнаружения объекта и получения информации о нем используются импульсы излучения, отраженные объектом. При этом оптическая локация является более точной и детальной. Это связано с острой направленностью лазерных пучков, высокой частотой оптического излучения, исключительно малой длительностью световых импульсов.

Гиперспектральное дистанционное зондирование стало новой областью космической отражательной спектроскопии, и в последние годы многие приборы для получения изображений с помощью спектроскопии выполняли полеты на разных планетах, например картографирование Moon Mineralogy Mapper на борту Chandrayaan-1, миссия VIMS на Cassini, миссия CRISM на Марс-разведчике и другие. Значение отражательной способности, нанесенное на график в зависимости от длины волны, дает кривую спектрального отражения, которая демонстрирует характерные особенности, используемые для определения конкретных присутствующих минералов, что позволяет идентифицировать типы пород. Состав минералов и их атомная структура отражают физико-химические условия, в которых сформировались породы. А это дает прямые подсказки о ключевых параметрах, то есть температуре, давлении, скоростях охлаждения и т. п.

Запуск фотокамер на борту космических аппаратов (КА) и межпланетных станций является важным решением для преодоления помех, связанных с огромными расстояниями до объектов, земной атмосферой и др. Обычно в космос запускают двойную фотокамеру. Одна из них является широкоугольной, другая длиннофокусной. Первая позволяет охватить значительные пространства, но все объекты в ее съемке будут мелкими, в то время как длиннофокусная камера позволяет рассматривать мелкие подробности со значительного расстояния. Часто вместо длиннофокусного объектива ставят полноценный зеркальный телескоп. На КА ставят и навигационные камеры. Их можно рассматривать как универсальные угломерные инструменты, способные определять направления на широкий круг ориентиров, окружающих КА.

По умолчанию, научные камеры снимают в панхроматическом (черно-белом) режиме, в котором фотоматрица принимает весь видимый свет и немного инфракрасного. Сами камеры оснащены сменными цветными фильтрами, которые позволяют анализировать некоторые спектральные характеристики поверхности исследуемых объектов. Обычно фильтры располагаются в специальном колесе, которое позволяет менять их на оптической оси камеры. Цветные изображения можно получить многократной съемкой с чередованием таких фильтров, а затем их объединением.

Снимки аппарата Cassini (занимающийся изучением планеты Сатурн и ее системы колец) после отправки на Землю почти сразу появляются в галерее (<https://solarsystem.nasa.gov>) на сайте миссии и доступны всем желающим. Цветное изображение из набора черно-белых снимков получается смешением базового набора цветов. Для работы были выбраны последовательности кадров (рис. 1), сделанных через RED (красный), GRN (зеленый) и BL1 (синий) фильтры. Часто перед компоновкой кадров их необходимо выровнять друг относительно друга, так как камеры на подобных КА – это сложные научные платформы, которые перемещаются в пространстве с огромными скоростями относительно объекта съемки.

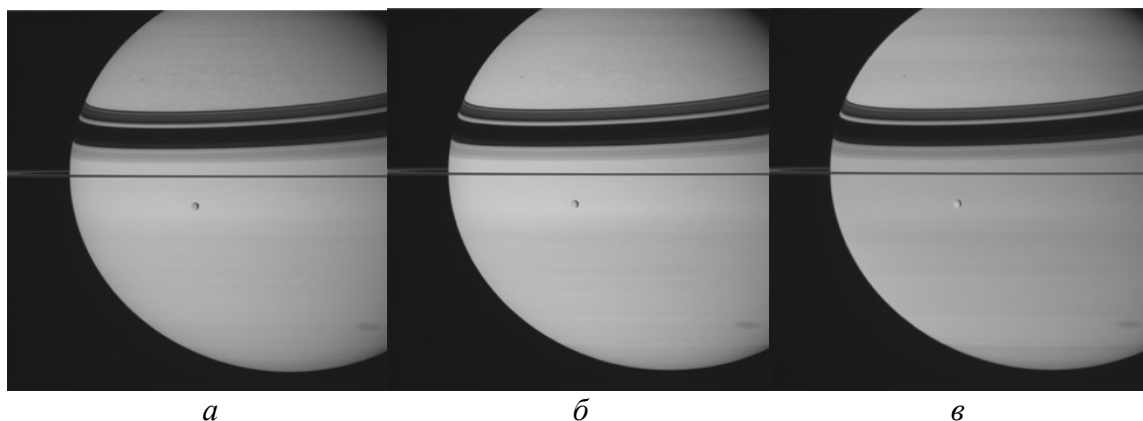


Рис. 1. Оригинальные кадры.
а – фильтр RED, б – фильтр GRN, в – фильтр BL1.

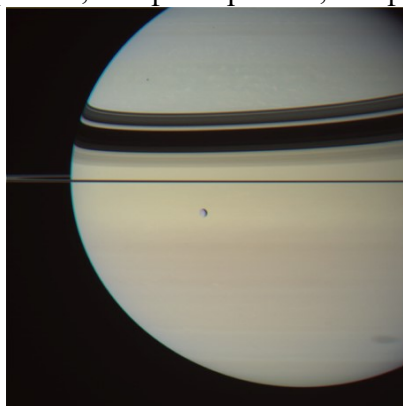


Рис. 2. Итоговый снимок

Поочередно слоями были загружены изображения в редактор GIMP. Через вкладку «Каналы» и выбора функции «склейки» изображений была выбрана соответствующая цветовая комбинация (RGB). В итоге, смешение каналов в верной последовательности и дает цветное изображение. После, с помощью набора других функций редактора (фильтра, цветокоррекции и т.д.), можно далее улучшить его вид. На итоговой фотографии отчетливо виден спутник Рея в момент прохождения по диску Сатурна.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что при проектировании космических аппаратов и автоматических межпланетных станций, существенно важным является рациональный выбор набора решаемых задач, качественной и высокоточной целевой аппаратуры, а также подробнейшее планирование самих запусков. Такие миссии являются высоко финансово затратными и проектируются от нескольких до десятков лет. Поэтому часто в космос запускают аппаратуру, которая на земле уже не сравнится с современными технологиями, однако является проверенной и надежной. Трудно представить дальнейшее развитие фундаментальной науки без подобных средств познания Вселенной. Такие наблюдения вносят огромный вклад в понимание геологических, физических и химических процессов, которые объясняют расхождение эволюционных путей, проходящих по различным планетарным объектам, лунам, небольшим телам Солнечной системы (астероиды и кометы) и нашей планеты, в частности.

Библиографические ссылки

1. Яковлев О. И. Космическая радиофизика, Москва. 1998. 432 с.
2. Planetary Remote Sensing. An introduction and research guide to Planetary Remote Sensing. URL: <http://dgl.salemstate.edu>.

*УДК 630*58/64*

ДИСТАНЦИОННАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СИБИРСКОГО ШЕЛКОПРЯДА

С. В. Князева, Н. В. Королева, С. П. Эйдлинка, Е. Н. Сочилова

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН г. Москва, Россия,
knsvetl@gmail.com

Представлены результаты дистанционной оценки динамики растительности на территории очага повреждения темнохвойной тайги сибирским шелкопрядом (1994-1995 г.) в районе Нижнего Приангарья. Оценка проведена на основе классификации снимков Landsat с использованием при выборе эталонов для обучения детальных снимков с пространственным разрешением 1 м Ресурс-П. По результатам классификации рассчитаны площади листовых и хвойных древостоев, подроста (возобновления), травяно-кустарниковой растительности, открытой почвы. В 2017 – 2018 г. возобновление наблюдается на участках, не

затронутых крупными пожарами – преимущественно хвойный подрост отмечен на 17% площади очага повреждения, лиственным подростом зарастает около 10%.

Ключевые слова: сибирский шелкопряд; темнохвойные леса; погибшие древостои; спутниковые данные; достоверность классификации; лесовозобновление.

Введение. На территории Красноярского края периодически происходят вспышки массового размножения сибирского шелкопряда, последствия которых наиболее разрушительны для темнохвойной тайги и могут привести к гибели древостоев на обширной территории и последующей смене лесной формации. В период 1878-1998 гг. на территории края зафиксированы девять крупных вспышек размножения сибирского шелкопряда [1]. Для дистанционной оценки состояния лесов используют различные спутниковые данные. Снимки низкого пространственного разрешения (NOAA, MODIS), позволяют за счет высокой периодичности съемки оперативно выявлять крупные очаги размножения вредителей. Для регионального и локального уровня мониторинга используют мультиспектральные данные относительно высокого (Landsat, Sentinel-2) и сверхвысокого пространственного разрешения (PlanetScope, WorldView-1, 2, 3). В большинстве исследований для оценки повреждений лесов насекомыми-вредителями и пожарами используются методы преобразования мультиспектральных данных (главных компонент, Tasseled Cup), расчета различных индексов (NDVI, NDMI (или коротковолновой SWVI), SWIR/NIR, RGI и др.), классификаторы и регрессионные модели [2,3,4,5,6]. Целью нашего исследования являлся дистанционный анализ состояния растительности на участке темнохвойных лесов Нижнего Приангарья (Красноярский край), где в 1994-1995 гг. образовался крупный очаг массовой вспышки размножения сибирского шелкопряда.

Основная часть. До вспышки сибирского шелкопряда на территории исследования, площадью около 100 тыс. га в районе Нижнего Приангарья, по данным лесоустройства 1992 г. произрастали темнохвойные леса с преобладанием пихты и смешанные с преобладанием берёзы и осины. Средний возраст хвойных насаждений составлял 80-130 лет.

Для оценки динамики лесовозобновления в очаге бывшего шелкопрядника проведена классификация снимков Landsat с использованием отечественных данных сверхвысокого пространственного разрешения Ресурс-П1. В качестве классификатора выбран алгоритм RandomForest, хорошо зарекомендовавший себя для решения задач автоматизированного дешифрирования характеристик лесов [6]. При создании обучающей выборки для снимка Landsat (22.06.2000) использованы данные таксации 1992 г. и лесопатологических обследований 1995 – 1996 гг. Для дистанционной оценки современного состояния растительности по снимкам Landsat (21.06.2014, 20.06.2017, 23.06.2018) выбор эталонных участков проводился на основе разносезонных снимков, полученных с российского спутника Ресурс-П1 аппаратурой Гео-

тон-П1 с пространственным разрешением 1 м (22.07.2015 и 12.03.2018). Поскольку наземные данные полевых обследований растительности отсутствуют, выбор эталонов базировался на экспертной оценке результатов визуального дешифрирования снимков Ресурс-П1. Обучающие выборки оценивались по степени однородности эталонов методами сегментации изображений. Достоверность результатов классификации оценивалась по контрольной выборке эталонов на основе матрицы перепутывания и показателя каппы. Классификация проведена программными средствами свободно распространяемого пакета Rstudio.

При классификации снимка Landsat 7 (22.06.2000), полученного через 6 лет после начала массовой вспышки размножения шелкопряда, выделено 5 классов: сильно поврежденные и погибшие древостои, темнохвойный лес, лиственный лес, травяно-кустарниковая растительность, открытая почва. Очаг повреждения представлен крупными участками обесхвоенного леса (более 1000 га), небольшими куртинами сохранившегося здорового древостоя и участками леса в стадии сильно поврежденных и ослабленных. Через 4-5 лет после образования очага шелкопряда начинается вывал усохших деревьев и по мере накопления горючего материала возникают периодические пожары разной интенсивности. На территории очага зафиксировано два крупных пожара площадью более 20 тыс. га (2004 г., 2011 г.), и два меньших по площади пожаров (менее 10 тыс. га) в 2014 г. и 2016 г. Частые пожары мешают лесовозобновлению, т.к. наряду с сухостойными деревьями сгорает и подрост.

Классификация снимка Landsat 8 (21.06.2014) позволила с общей достоверностью 0,74 выделить 5 классов: темнохвойный лес, лиственный лес, подрост (смешанное возобновление), травяно-кустарниковая растительность, открытая почва. Выделить участки возобновления с преобладанием хвойных или лиственных пород не удалось ввиду небольшой площади. Лесовозобновление наблюдается на участках, не затронутых пожарами, с присутствием куртин древостоя и валежом. По данным Landsat 8 2017 и 2018 г. выделено 6 классов: 1 - темнохвойный лес, 2 - лиственный лес, 3 - преимущественно хвойный подрост, 4 - лиственный подрост и кустарники, 5 - травяно-кустарниковая растительность, 6 - открытая почва (рис.1). Эталоны для классов возобновления выбирались по летнему (22.07.2015) и весеннему (12.03.2018) снимкам Ресурс – П1 на основе визуального дешифрирования снимков (рис.2).

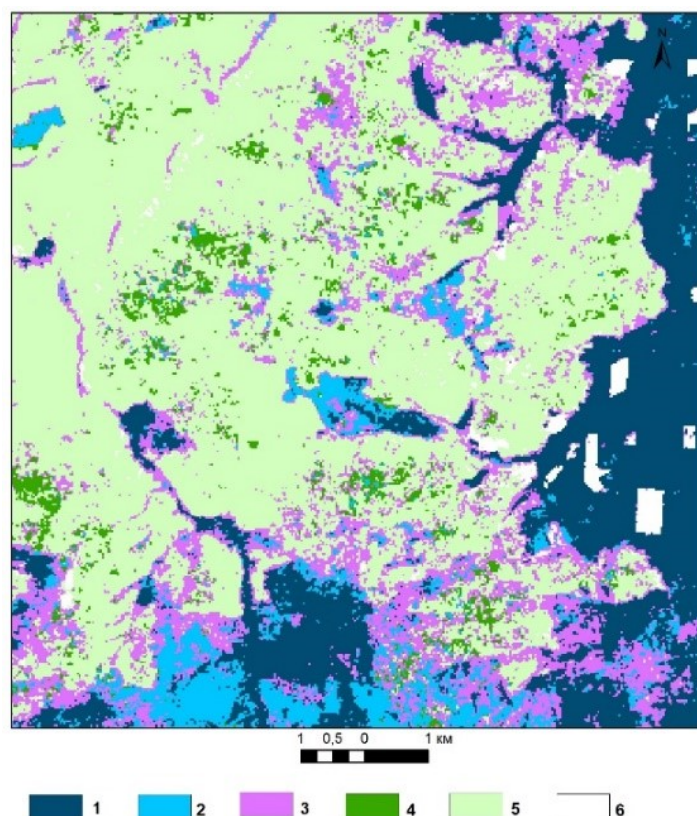


Рис.1 Фрагмент классификации снимка Landsat 8

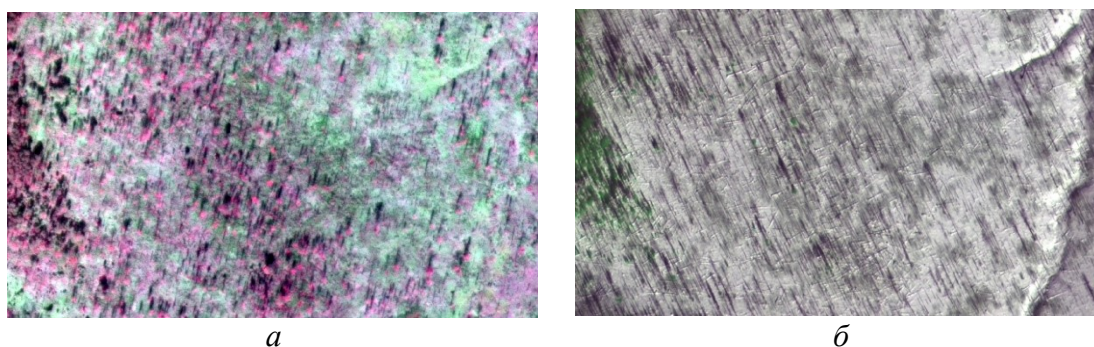


Рис.2 Примеры изображения эталонов класса «хвойный подрост» на Ресурс – П1
а – 22.07.2015, *б* – 12.03.2018

Общая достоверность классификаций алгоритмом Random Forest достаточно высокая – индекс каппа равен 0,9 и 0,93. Классы преимущественно хвойного или лиственного возобновления распознаются с вероятностью около 80% (перепутывание происходит в основном с классами «травяно-кустарниковая растительность» и «лиственный лес», особенно это характерно для лиственного возобновления).

В границах очага бывшего шелкопрядника рассчитаны доли площади типов растительности по результатам классификаций 2014 – 2018 гг. В 2014 г. лесовозобновление наблюдается примерно на 6 % площади шелкопрядника. Значения площадей для 2017 и 2018 г. были усреднены, поскольку практически никаких изменений на территории шелкопрядника за год не зафиксиро-

вано (пожары отсутствовали). Через 23 года после воздействия вредителя активный процесс естественного возобновления преимущественно хвойным подростом происходит на 17 % площади очага, лиственным подростом зарастает около 10 %. Травяно-кустарниковой растительностью без видимых признаков лесовозобновления покрыто около 62% площади бывшего шелкопряда.

Заключение. На основе результатов классификации снимков Landsat 2014 – 2018 г. проведена оценка площадных характеристик основных типов растительности в границах бывшего очага сибирского шелкопряда. Использование для автоматизированного дешифрирования и верификации космических снимков сверхвысокого разрешения позволило достоверно распознать классы преимущественно хвойного или лиственного возобновления. Дистанционная оценка состояния растительности по космическим снимкам Landsat дает представление о динамике процесса естественного лесовозобновления на территории бывшего очага шелкопряда и обеспечивает пространственную основу для оптимизации планирования наземных обследований.

Исследование выполнено в рамках темы Госзадания ЦЭПЛ РАН на 2019 г. (АААА-А18-118052400130-7).

Библиографические ссылки

1. Кондаков Ю.П. Массовые размножения сибирского шелкопряда в лесах Красноярского края. Энтомологические исследования в Сибири. Выпуск 2. Красноярск. 2002. С. 25–74.
2. Харук В. И., Рэнсон К. Дж., Кузьмичев В. В., Буренина Т. А., Тихомиров А. Ю., Им С. Т. Съемка «Landsat» в анализе шелкопряда Южной Сибири. Исследование Земли из космоса. 2002. № 4. С. 79–90
3. Wulder M. A., White J. C., Bentz B., Alvarez M. F., Coops N. C. Estimating the probability of mountain pine beetle red-attack damage. Remote Sensing of Environment. 2006. N 101. P. 150–166.
4. Vogelmann J. E., Tolk B., Zhu Z. Monitoring forest changes in the southwestern United States using multitemporal Landsat data. Remote Sensing of Environment. 2009. N 113. P. 1739–1748.
5. Жирин В. М., Князева С. В., Эйшлина С. П. Многолетняя динамика вегетационных индексов темнохвойных лесов после повреждения сибирским шелкопрядом. Лесоведение. 2016. № 1. С. 3–14
6. Senf C., Seidl R., Hostert P. Remote sensing of forest insect disturbances: Current state and future directions. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2017. V. 60. P. 49–60.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОЧВЕННОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

М. Ф. Курьянович¹⁾, Ф. Е. Шалькевич²⁾

¹⁾ Филиал «Институт геологии» Государственного предприятия «НПЦ по геологии», г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: mariakuryanovich@gmail.com

²⁾ Белорусский государственный университет; г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация: в статье изложены результаты исследования по использованию космических снимков, полученных с белорусского космического аппарата, для почвенного районирования. В зависимости от рисунка изображения и состава почвенных комбинаций выделено семь типов земель. Для каждого типа земель характерны свои дешифровочные признаки, коэффициенты структуры почвенного покрова и возможности наиболее рационального использования в сельскохозяйственном производстве.

Ключевые слова: космические снимки; структура почвенного покрова; почвенные комбинации; типы земель; рисунок изображения; дешифрирование.

Перспективное развитие аграрного земледелия базируется на основе различных тематических карт отображающих неоднородность и географию почвенного покрова. Почвенные карты составленные по материалам дистанционных съемок, особенно для территорий с высокой неоднородностью почвенного покрова, обладают высокой детализацией, что вызывает определенные трудности в их практическом использовании. Следовательно, на их основе составляются различные производные карты позволяющие разрабатывать мероприятия по рациональному использованию земель. В последнее время наиболее широкое применение для развития сельскохозяйственного производства получили различные виды районирования: природно-сельскохозяйственное, почвенно-экологическое [1, 2], а также типология земель [3].

Наиболее перспективным направлением является типология земель, разработанная на основе структуры почвенного покрова, основоположником которого является В.М. Фридланд [4]. Для условий Беларуси оно было модифицировано Т.А. Романовой [5] и развито в работах других исследователей. Выделяемые типы земель объединяют сходные по составу и строению почвенные комбинации, содержащие разнообразную информацию, характеризующую на качественном и количественном уровне природные особенности, определяющие потенциал рационального природопользования, с оценкой устойчивости и необходимости природоохранных мероприятий.

Объектом исследования послужила структура почвенного покрова исследуемой территории.

Для типологического районирования использовались панхроматические и мультиспектральные космические снимки на трассу полета БКА, которая с юго-востока на северо-запад пересекает Мозырско-Хойницкую грядку и в направлении с юго-востока частично охватывает территорию Брагинского и

Хойнинского районов Гомельской области. Протяженность трассы составляет около 40 км ширина охвата съемкой от 6 до 10 км.

Верификация типов земель проводилась с использованием аэрокосмоэталонов типов земель, а также почвенных карт масштаба 1: 50 000. Выделение типов земель проводилось в соответствии с классификацией разработанной Т.А. Романовой.

Типологическое районирование исследуемых территорий выполнено на основе анализа изображения космических снимков и почвенно- картографических материалов по методу разработанному при изучении структуры почвенного покрова, суть которого состоит в выделении на космических снимках закономерно организованных почвенных комбинаций (ПК), обладающих выразительными внешними признаками в виде хорошо распознаваемого повторяющегося в пространстве рисунка изображения, образованного в результате сочетания прямых дешифровочных признаков и определенным перечнем входящих в ПК почвенных разновидностей с процентной долей их участия в общей площади комбинации.

Анализ космических снимков в масштабе 1: 50 000 на трассу полета БКА показал, что исследуемая территория, в зависимости от рисунка изображения, дифференцируется на отдельные типы земель.

В южной части исследуемой территории расположена пойма реки Припяти, которая на космическом снимке дешифрируется по хорошо выраженному дугообразному рисунку изображения. Такой рисунок изображения характерен для гривистой поймы, которую формируют аллювиальные дерновые оглеенные внизу и временно избыточно увлажненные чередующиеся с сильно переувлажненными иловато-глеевыми почвами. Данный тип поймы характеризуется высокой неоднородностью почвенного покрова, коэффициент неоднородности колеблется от 10 до 18. Вдоль русла реки по веретенообразному рисунку изображения дешифрируется прирусловая пойма высокого уровня, которую образуют слабонеоднородные комбинации из пойменных дерновых и тех же огленных внизу почв.

В северной части поймы сменяется глубокой депрессией, территория которой мелиорирована и распахана. На космическом снимке она изображается ярко выраженным пятнистым рисунком изображения, где темный тон изображения торфяно-болотных почв (60%) испещрен минеральными островами различного оттенка серого тона изображения на которых развиты дерновые заболоченные (15%), реже дерново-подзолистые заболоченные почвы (10%) и деградированные торфяно-минеральные слабо минерализованные почвы (15%). В зависимости от степени участия в формировании ПК почв островов они были дифференцированы на пять видов по степени неоднородности почвенного покрова: однородные ($k_n-0,02$), слабонеоднородные ($k_n-0,3$), средне-неоднородные ($k_n-0,8$), сильнонеоднородные ($k_n-2,1$) и очень сильнонеоднородные ($k_n-5,2$). Земли глубокой депрессии на космическом снимке контрастно выделяются от земель водоразделов и поймы.

Высокие выпуклые водоразделы заняты преимущественно под пашней и занимают повышенные элементы рельефа, и в основном, представлены пологими склонами, слаборасчлененных ложбинами стока. В почвенном покрове повышений, сложенных связнопесчаными лессовидными породами, преобладают автоморфные дерново-подзолистые почвы, в среднем занимающие 40%, около 45% приходится на дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные, глееватые и глеевые и 15% на дерново-заболоченные в наиболее глубоких частях ложбин. Неоднородность почвенного покрова хорошо характеризуют коэффициенты структуры почвенного покрова ($k_p = 0,3$; $k_k = 10,9$, $k_n = 3,3$). На космических снимках данный тип земель дешифрируется по лопастному рисунку изображения.

Плоские низкие водоразделы сформированные на связных лессовидных породах – это чрезвычайно пестрое сочетание почв, среди которых преобладают дерново-подзолистые разной степени увлажнения почвы, среди которых преобладают дерново-подзолистые глееватые и глеевые (52%) и временно избыточно увлажненные почвы (40%), автоморфные дерново-подзолистые занимают около 8% площади почвенной комбинации. Средний коэффициент расчленения почвенной комбинации – 1,3, контрастности – 4,9, неоднородности – 6,4. На космическом снимке данный тип земель дешифрируется по хорошо выраженному пятнистому рисунку изображения, который формируют на общем серовато-темном фоне дерново-подзолистых глееватых почв контуры темно-серого тона дерново-подзолисто-глеевых почв, занимающие блюдцеобразные понижения и контуры округлой формы серого тона автоморфных почв, развивающихся на холмообразных повышениях.

Плоские высокие водоразделы на рыхлых породах сложены в основном рыхлыми супесями или песками залегающими маломощным слоем на рыхлых песках. Они занимают выровненные участки среди выпуклых высоких водоразделов или наиболее повышенные части плоских низких водоразделов. Почвенную комбинацию формируют преимущественно дерново-подзолистые автоморфные почвы, занимающие 60-70%, среди них в неглубоких западинах находятся слабogleеватые почвы (20%), а в наиболее пониженных участках данных западин степень увлажнения увеличивается до категории глееватых или глеевых (10-15%). На материалах дистанционных съемок данный тип земель изображается слабовыраженным лопастным рисунком изображения. На общем однородном сером фоне выделяются вытянутые контуры ложбинообразных понижений темно-серого тона, реже замкнутых западин с дерново-подзолистыми почвами различающиеся по степени увлажнения.

Плоские низкие водоразделы на рыхлых (супесчано-песчаных) породах занимают небольшие участки среди плоских высоких водоразделов. В почвенных комбинациях доминируют сочетания дерново-подзолистых заболоченных почв разной степени увлажнения: 30% приходится на слабogleеватые, 40% на глееватые и глеевые и 25% составляют дерновые заболоченные. На повышенных участках под лесной растительностью преобладают сосновые леса с наземным покровом из буловоносца седого. Дешифровочные признаки

данного типа земель аналогичны признакам плоских низких водоразделов, сформированных на связных породах.

В северной части исследуемой территории земли водоразделов сменяются почвенными комбинациями неглубоких депрессий. В почвенном покрове преобладают дерново-глееватые и глеевые почвы (64%), на «островах» формируются дерново-подзолистые оглеенные внизу (5%), слабоглееватые (10%), глееватые (12,3%) и торфянисто и торфяно-глеевые – 8,7%. Почвенный покров довольно контрастный, что подтверждает коэффициент контрастности – 6,4. Коэффициент неоднородности – 3,2. Данный тип земель преимущественно занят под естественной растительностью. Фоновые почвы (дерново-глееватые и глеевые) покрыты сосновыми ассоциациями болотной растительности. По краям контуров «островов» произрастает кустарниковая растительность из ивы. На космических снимках данный тип земель дешифрируется по хорошо выраженному пятнистому рисунку изображения. На общем серовато-темном фоне в виде пятен от светлого до серого тона изображаются дерново-подзолистые почвы различной степени увлажнения.

Структурная организация и повторяемость ПК позволила выполнить их типизацию с выделением семи типов земель, объединяющих сходные по составу и строению почвенные комбинации, и содержащих различную информацию, характеризующую на качественном и количественном уровне природные особенности, определяющие потенциал рационального природопользования.

Выделенные типы земель различаются рисунком изображения, составом и структурой почвенного, соотношением основных компонентов, размерами, структурой земель, степенью сельскохозяйственной освоенности и распаханности, долей осушенных земель.

Библиографический список

1. Качков, Ю. П. Почвенный покров как территориальная основа организации аграрного землепользования / Ю. П. Качков, О. М. Башкинцева, А. Ф. Черныш, В. М. Яцухно // Земля Беларуси. 2006. №4. С. 23-24
2. Качков, Ю. П. Почвенно-экологическое микрорайонирование и типизация земель как средства и методы обоснования рационального использования и охраны земельных ресурсов / Ю.П. Качков [и др.] // Земля Беларуси. 2008. №4. С. 51–56.
3. Курьянович М. Ф. Структура почвенного покрова Белорусского Полесья и ее агропроизводственная интерпретация на основе материалов дистанционных съемок: автореф. канд. дис. ... с.-х. наук: 06.01.03; Институт почвоведения и агрохимии. Минск, 2016. 24 с.
4. Фридланд, В. М. Структура почвенного покрова; Почв. ин-т им. В. В. Докучаева. М.: Мысль, 1972. 423 с.
5. Романова, Т. А. Почвы и почвенный покров как природная основа осушительных мелиораций (на примере западной части Белорусского Полесья): автореф. дисс ... доктора биол. наук. Новосибирск, 1978. С. 43.

ИЗМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОЙ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВ

Ю. С. Давидович ¹⁾, Г. С. Литвинович ²⁾, Ф. Е. Шалькевич ³⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, seg98001@gmail.com

²⁾ НИУ «Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко БГУ», отдел аэрокосмических исследований, г. Минск, Беларусь, litvinovichgs@yandex.by

³⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

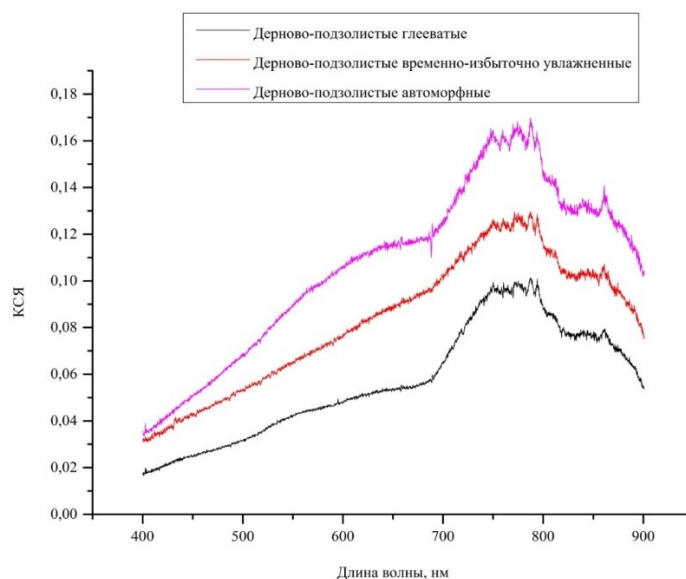
В статье изложены результаты исследований по изучению спектральной отражательной способности сельскохозяйственных культур со степенью увлажненности почв и изображением их на материалах дистанционных съемок. Выполнен сравнительный анализ коэффициентов спектральной яркости ячменя и нормализованного разностного вегетационного индекса NDVI в зависимости от фенологической фазы развития и степени увлажненности почв.

Ключевые слова: материалы дистанционных съемок; спектральная отражательная способность; коэффициенты спектральной яркости; сельскохозяйственные культуры; увлажненность почв; нормализованный вегетационный индекс.

Введение. Методы дистанционного зондирования основаны на получении информации о земной поверхности путем регистрации приходящего от нее электромагнитного излучения, отраженного или собственного, в различных частях спектрального диапазона. Возможность распознавания различных объектов и определения их характеристик дистанционными методами обусловлена тем, что поглощение, рассеяние, отражение и излучение электромагнитной энергии в различных зонах спектра специфичны для каждого участка земной поверхности. Анализ спектральных характеристик объектов, структурных и текстурных особенностей изображений позволяет получать информацию для их последующего дешифрирования и интерпретации [1]. Одним из сложнейших природных объектов для дешифрирования является почва, особенно если она скрыта культурной растительностью. В данном случае почва будет дешифрироваться через спектральную отражательную способность растительности, на которую кроме технических факторов также влияет содержание пигментов (хлорофилл и др.) [2], фенологическая фаза развития растений [3, 4, 5], подверженность болезням [6], и др. Однако для изучения почв и определения оптимальных сроков дистанционных съемок наибольший интерес представляет взаимосвязь спектральной отражательной способности зерновых культур со свойствами почв и в частности со степенью увлажненности. Объектом исследования послужил посев ячменя различных стадий вегетации. Предметом – спектрометрический метод исследования. Цель исследования заключалась в выявлении изменения спектральной отражательной способности ячменя в зависимости от произрастания на почвах различной степени увлажнения.

Основная часть. Исследования проводились на ключевом участке «Що-мыслица» площадью 43 га, с однородными по гранулометрическому составу почвами (лессовидными суглинками). Полевые и лабораторные спектрометрические исследования проводились на технической базе отдела аэрокосмических исследований НИУ «Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко БГУ». Спектрометрирование ячменя проводилось в фенофазу колошения и созревания с использованием спектрометра ССП-600Н. Исследования проводились на ключевом участке с однородными по гранулометрическому составу почвообразующими и подстилаемыми породами (лессовидные суглинки). Соответственно почвы различались только по степени увлажнения. Как уже было отмечено, цель исследования заключалась в выявлении изменения спектральной отражательной способности ячменя в зависимости от произрастания на почвах различной степени увлажнения. Для этого было выполнено полевое спектрометрирование посева ячменя на автоморфных, слабоглееватых и глееватых почвах в фенологическую фазу колошения (7 июля) и созревания (26 июля). На глеевых почвах спектрометрирование не проводилось, так как из-за вымочки растительность на них отсутствовала. С использованием многозональных снимков Sentinel 2 на территорию ключевого участка были построены карты вегетационных индексов для различных стадий вегетации. Анализ изображения космического снимка, почвенной карты и карты NDVI показал, что растительность визуально на космическом снимке в период колошения дифференцируется недостаточно. Однако контуры вегетационных индексов со значениями от 0,2 до 0,6 согласуются с отдельными контурами ячменя на почвах с различной степенью увлажнения. Для автоморфных соответствует вегетационный индекс 0,2, слабоглееватых – 0,4 и глееватых – 0,6. Более контрастные значения коэффициентов спектральной яркости и вегетационных индексов для ячменя на различных почвах в период созревания наглядно иллюстрируют данные таблицы и кривые спектральной яркости ячменя на различных по степени увлажнения почвах (рис.).

На карте вегетационных индексов довольно контрастно выделяются контуры посевов ячменя на слабоглееватых почвах с индексом 0,15 и глееватых – 0,4. На космическом снимке ложбинообразные понижения с слабоглееватыми почвами изображаются серым тоном изображения, а глееватые приуроченные к замкнутым понижениям – темно-серым. Это объясняется тем, что на повышенных элементах рельефа созревание зерновых культур происходит раньше, чем на пониженных с переувлажненными почвами. Соответственно изменяется и окраска растений, что в свою очередь влияет на их спектральную отражательную способность.



Кривые коэффициента спектральной яркости ячменя в фенологическую фазу созревания на почвах различной степени увлажнения

Коэффициенты спектральной яркости ячменя и NDVI в фенологическую фазу созревания на почвах различной степени увлажненности

Почва	Область спектра, мкм								Вегетационный индекс NDVI
	0,40 – 0,45	0,45 – 0,48	0,48 – 0,50	0,50 – 0,56	0,56 – 0,59	0,59 – 0,62	0,62 – 0,75	0,75 – 0,90	
Автоморфная	4,2%	5,6%	6,5%	8,1%	9,9%	10,7%	12,7%	13,8%	– 0,1
Средне-глееватая	3,7%	4,6%	5,1%	6,0%	7,1%	7,8%	6,6%	10,7%	0,15
Глееватая	2,1%	2,7%	3,0%	3,8%	4,5%	4,9%	6,6%	8,1%	0,4

Заключение. Результаты исследований позволяют сделать вывод, что коэффициенты спектральной яркости и вегетационные индексы позволяют судить не только о состоянии зерновых культур в различные стадии вегетации, но и о почвах на которых они произрастают.

Период фенологической фазы созревания зерновых культур является наиболее оптимальным для дистанционного зондирования почв в летний период.

Библиографические ссылки

1. Козодеров В. В., Дмитриев Е. В. Аэрокосмическое зондирование почвенно-растительного покрова: модели, алгоритмическое и программное обеспечение, наземная валидация. Исследование Земли из космоса. Москва: Президиум РАН, 2010, №1. С. 69–86.

2. Blackburn G. A. Hyperspectral remote sensing of plant pigments // J. Exp. Botany, 2007, v. 58, №4. – P. 855–867.
3. Выгодская И. Н., Горшкова И. И. Теория и эксперимент в дистанционных исследованиях растительности. Москва: Гидрометиздат, 1987. – 246 с.
4. Сидько А. Ф. Угловое распределение отражательных характеристик агроценозов по наземным дистанционным измерениям / А. Ф. Сидько, И. Ю. Ботрвич, Т. И. Письман, А. П. Шевырнов // Журнал Сибирского федерального университета. Инженерия и технологии. 2014. №7. С. 665–673.
5. Franke J. Spatiometral dynamiks of stress factors in wheat analysed by multisensoral remote sensing and geostatistics: Ph. D. Diss: Universitaets and Landesbibliatnek Bonn. Nothematisch, Naturwissenschaftliche Facultaet. Bonn, Germany, 2007. 150 p.
6. Steddom K., Jones D., Rush C. A picture is worth a thousand words // Am. Phytopathol. Soc. Saint Pol. USA, 2005. 7 p.

УДК 528.88:630*5

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПОРОГОВОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАНЫМ СВЕРХВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ

А. Д. Никитина, С. В. Князева, Н. В. Королева, Е. А. Гаврилюк, С. П. Эйдлинка

ФГБУН Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН,
г. Москва, Россия, nikitina.al.dm@gmail.com

В исследовании представлены результаты применения метода пороговой сегментации изображений сверхвысокого пространственного разрешения спутника Ресурс-П1 (Геотон-Л1) и дана оценка тесноты связей между биометрическими и морфоструктурными параметрами лесных фитоценозов сосны обыкновенной и ольхи черной национального парка «Куршская коса» и дешифровочными признаками на космических снимках на основе регрессионных моделей.

Ключевые слова: биометрические параметры лесной растительности; морфоструктура древесного полога; спутниковые данные сверхвысокого пространственного разрешения; пороговая сегментация изображений; Куршская коса.

Введение. В настоящее время существует множество алгоритмов обработки спутниковых данных дистанционного зондирования (ДЗЗ) сверхвысокого пространственного разрешения [1]. Одним из них является метод пороговой сегментации, который, несмотря на простоту реализации, позволяет с достаточно высокой точностью выявлять взаимосвязи яркостных параметров изображений с характеристиками лесных фитоценозов [2, 3].

Основная часть. В данном исследовании метод пороговой сегментации применен для выявления и оценки тесноты связей между биометрическими и морфоструктурными параметрами лесных фитоценозов сосны обыкновенной и ольхи черной национального парка «Куршская коса» и дешифровочными

признаками на космических снимках. Основными лесообразующими породами на территории парка являются сосна, ель, береза, ольха черная. Более половины лесопокрытой площади занимают сосняки, представленные, в основном, сосной обыкновенной [4]. В качестве ДДЗ использованы разносезонные космические снимки с пространственным разрешением около 1 м, полученные отечественным спутником Ресурс-П1 (Геотон-Л1) на территорию парка в панхроматическом диапазоне 0,58 – 0,8 мкм (31.03.2017, 09.06.2018).

Биометрические параметры лесной растительности включают средний возраст, высоту, диаметр ствола. Наземные данные представлены таксационными описаниями, полученными из базы лесоустройства территории парка в 2016 г. Дополнительно к таксационным данным в качестве морфоструктурного параметра для каждого выдела был рассчитан интегральный показатель сложности морфоструктуры древесного полога (I_m) по формуле:

$$I_m = \left[\left(\frac{h_1}{h_{\max}} \times K_1 \right) + \dots + \left(\frac{h_n}{h_{\max}} \times K_n \right) \right] \times P, \quad (1)$$

где ($K_1, \dots, K_n$) - коэффициенты состава пород деревьев,

($h_1, \dots, h_n$) - средние высоты деревьев,

(P) - относительная полнота насаждения выдела.

I_m принимает значения от 1 до 10 и позволяет формализовать в одном параметре высоту деревьев разных пород, их участие в составе насаждения и степень сомкнутости древесного полога [5].

Для статистического анализа из БД лесоустройства отобраны таксационные выделы с участием в составе древостоя преобладающей породы более 6 единиц. Всего было выбрано 823 выдела с преобладанием сосны обыкновенной и 350 выделов с преобладанием черной ольхи. Площадь насаждения таксационного выдела на снимке равна площади древесного полога и межкрупного пространства, т.е. общее число пикселей выдела вычисляется по следующей формуле:

$$N = N_C + N_L + N_D, \quad (2)$$

где N_C - число пикселей изображения древесного полога,

N_L - число пикселей освещенных участков межкрупных промежутков,

N_D - число пикселей затененных участков.

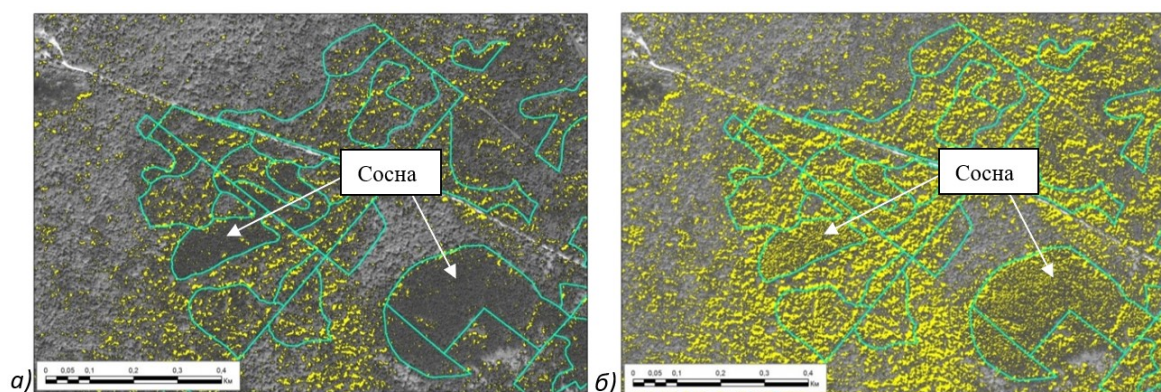
В процессе пороговой сегментации изображений выделены затененные участки выделов, различающихся друг от друга как средней яркостью, так и численностью пикселей, для которых соблюдается определенный заданный критерий однородности. Сначала выделяют локальные минимумы изображения межкрупного пространства. На каждом последующем этапе происходит увеличение размера выделяемых сегментов ($D_0 \dots D_n$) в результате объединения соседних пикселей при заданном пороге яркости. Начальный яркостной порог D_0 для выделения теневого участка на летнем изображении выбран равным 80, на весеннем - 40. В качестве максимального яркостного порога выбрано значение яркости, равное 210, которое заведомо избыточно и по результатам визуальной идентификации соответствует затененным участкам крон дере-

вьев. Для летнего изображения затененных межкроновых промежутков выбрано 13 пороговых яркостных значений, для весеннего изображения - 14. На основе пороговых значений яркости проведено сегментирование изображений и созданы маски для каждого диапазона яркости теневых межкроновых промежутков древесного полога сосновых и черноольховых лесов (см. рисунок). На следующем этапе на основе масок рассчитаны площади теневых участков (сегментов) в границах выделов ($N_{D0}...N_{Dn}$), а также средние значения яркости этих сегментов стандартные отклонения и медианные значения.

Статистические характеристики яркостных диапазонов, включающие средние яркости ($D_0...D_n$) и соотношения числа пикселей теневых межкроновых промежутков к общему числу пикселей выдела ($Cd_0...Cd_n$), использованы в качестве переменных для регрессионного анализа оценки тесноты связи между биометрическими и морфоструктурными характеристиками сосновых и черноольховых лесов и особенностями изображения древесного полога на космических снимках. Использование избыточного набора переменных величин позволяет избежать субъективного выбора показателей сегментации. Значимые величины переменных определяются на основе матриц парной корреляции каждого из пороговых значений с биометрическими характеристиками лесов.

Регрессионный анализ проведен в программном обеспечении STATISTICA с построением линейной и кусочно-линейной функций моделирования биометрических характеристик (табл.).

Линейная зависимость между возрастом, высотой, диаметром стволов и параметрами сегментации летнего и весеннего изображений не выражена (коэффициент детерминации R^2 менее 0.42).



Фрагмент изображения Ресурс-П1 с наложенным векторным слоем сосновых лесов и маской теневых межкроновых промежутков, выделенных желтым цветом:

а – диапазон D7 – 80-150; б – диапазон D11 – 80-190

Кусочно-линейная регрессионная модель значительно лучше описывает зависимости рассматриваемых параметров. В качестве метода оптимизации параметров выбран квазиньютоновский метод (Quasi-Newton), точка перегиба определялась автоматически.

Результаты кусочно-линейной регрессионной модели

Дата съемки	Переменные	Количество переменных	Параметры			
			Диаметр (R ²) / RMSE см	Высота (R ²) / RMSE м	Возраст (R ²) / RMSE лет	Морфо- структура (R ²) / RMSE баллы
Сосна обыкновенная						
31.03.2017	Cd-spr-1 (1), D-spr-1 (2), Cd-spr-9(3), D-spr-9 (4), Cd-spr-13 (5)	5	0,79 / 3,84	0,80 / 2,63	0,75 / 14,25	0,77 / 0,92
09.06.2018	D-sum-2 (1), Cd-sum-3 (2), D-sum-4 (3), D-sum-12 (4), Cd-sum-13 (5)	5	0,79 / 3,86	0,80 / 2,65	0,77 / 13,83	0,76 / 0,98
Ольха черная						
31.03.2017	Cd-spr-1 (1), D-spr-1 (2), D-spr-9 (3), C-spr-d13 (4)	4	0,48 / 4,10	0,60 / 2,27	0,54 / 12,33	0,70 / 0,53
09.06.2018	D-sum-0 (1), D-sum-1 (2), D-sum-2 (3), D-sum-3 (4), D-sum-12 (5), Cd-sum-13 (6)	6	0,53 / 3,91	0,63 / 2,17	0,63 / 11,06	0,69 / 0,54

Значимые переменные кусочно-линейной регрессии в большинстве своем относятся к нижним и верхним пороговым значениям (40/80-90, 40/80-110, 40/80-200, 40/80-210), но есть и пороги, приближенные к срединным значениям (40/80-120, 40/80-170). Коэффициент детерминации для моделей возраста, высоты и диаметров стволов сосновых древостоев по снимкам марта и июня варьирует в пределах от 0,75 до 0,8, что характеризуют достаточно высокую тесноту связи пороговых значений сегментации и биометрических характеристик. Для черноольховых лесов величины коэффициентов детерминации ниже как для июньского ($R^2=0,53-0,69$), так и для мартовского изображений ($R^2=0,48-0,70$). Среднеквадратичные ошибки (RMSE) моделей при определении высоты деревьев находятся в диапазоне от 2.2 до 2.6 м, а при определении диаметра стволов – в диапазоне от 3.8 до 4.1 см. Наиболее высокие значения RMSE отмечены при моделировании возраста древостоя: около 14 лет для сосняков, и около 12 лет для черноольшаников. В целом, наиболее высокие значения коэффициентов детерминации соответствуют морфоструктурным параметрам древостоев ($R^2=0,76-0,77$ для сосняка, $R^2=0,69-0,70$ для черноольшаника), при минимальных

значениях среднеквадратической ошибки ($RMSE = 0,98-0,92$ балла для сосняка, $RMSE = 0,53-0,54$ балла для черноольшаника).

Заключение. Таким образом, наибольшие значения коэффициента детерминации соответствуют параметрам сосновых лесов. Для черноольховых лесов относительно высокий коэффициент детерминации характерен для показателя сложности морфоструктуры полога. Наиболее информативными переменными для регрессионных моделей являются минимальные и максимальные пороговые значения. В целом, более высокая теснота связи между биометрическими характеристиками древостоев (особенно лиственных) и параметрами сегментации отмечена для летнего изображения.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 17-05-01129 «Оценка биометрических и морфоструктурных параметров лесных фитоценозов на основе детальной аэрокосмической съемки»

Библиографические ссылки

1. Ehlers M., Gähler M., Janowsky R. Automated analysis of ultra high-resolution remote sensing data for biotope type mapping: new possibilities and challenges. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2003. Т. 57. №. 5–6. С. 315–326.
2. Mora B., Wulder M., White J. Identifying leading species using tree crown metrics derived from very high spatial resolution imagery in a boreal forest environment. Can. J. Remote Sensing, 2010. Vol. 36. No. 4. P. 332–344
3. Жирин В.М., Князева С.В., Эйдлина С.П. Оценка биометрических параметров насаждений по изображениям межкрупного пространства на космических снимках сверхвысокого разрешения. Лесоведение. 2018. № 3. С. 163–177
4. Чебакова И. В. Национальные парки России. М.: Изд-во Центра охраны дикой природы. 1996. 198 с.
5. Жирин В. М., Князева С. В., Эйдлина С. П. Оценка влияния морфологии древесного полога и рельефа на спектральные характеристики лесов по данным Landsat. Исследование Земли из космоса. 2016. №. 5. С. 10–20.

УДК 528.88

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВЕГЕТАЦИОННЫХ СЕЗОНОВ ПО ДАННЫМ РЯДОВ СПУТНИКОВЫХ СЪЕМОК С ВЫСОКИМ ВРЕМЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ – ПРИМЕНЕНИЕ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

И. С. Рыкин¹⁾, Е. А. Паниди²⁾

¹⁾ Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия, ivan.rykin94@gmail.com, st059068@student.spbu.ru

²⁾ Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия, panidi@ya.ru, e.panidi@spbu.ru

Освещены экспериментальные исследования, связанные с аналитической обработкой многолетних рядов данных спутниковой съемки MODIS, имеющих временное разрешение в один день, с использованием платформы облачных вычислений Google Earth Engine. На примере территории республики Коми (Россия), выполнены построение рядов

карт, отражающих пространственное распределение нормализованного разностного водного индекса (NDWI) и вычисление рядов годового хода индекса на контрольных точках (в окрестности метеорологических станций) в целях косвенного определения дат смены вегетационных сезонов. Выявлено, что получаемые ряды годового индекса характеризуются зашумлённостью и наличием значительного числа разрывов (неполнотой данных).

Ключевые слова: спутниковое дистанционное зондирование MODIS; NDWI; вегетационные сезоны; изменения климата.

Введение. Изменения климата являют собой крайне сложный процесс, подверженный влиянию множества факторов и характеризующийся наличием региональной дифференциации. Традиционно, мониторинг основных параметров климата ведётся в пунктах наземной наблюдательной сети, которая в ряде случаев (в частности в северных регионах России) оказывается весьма разреженной, что затрудняет выявление и мониторинг региональных особенностей изменения климата. Решить данную проблему возможно путём привлечения данных спутниковых съёмок, однако при этом необходимо учитывать, что большинство параметров климата (в том числе, приземная температура и влажность воздуха) при использовании дистанционных методов могут быть оценены лишь косвенно, путём выбора и мониторинга подходящих индикаторов. Таким индикатором может являться растительность, в частности в более ранних исследованиях и публикациях авторов настоящей статьи [1, 2] и в публикациях ряда других авторов [3, 4] рассматривается и обосновывается возможность применения нормализованного разностного водного индекса (Normalized Difference Water Index – NDWI), определяемого на основе спутниковых данных, для косвенного определения граничных дат вегетационных сезонов и мониторинга их динамики во времени и пространстве. Ранее авторами были проведены исследования, связанные с изучением возможностей определения указанных дат с использованием восьмидневных композитов спутниковой съёмки MODIS. Такой подход позволяет существенно повысить пространственное разрешение наблюдений, но в связи с тем, что исходные данные осреднены по восемь дней, обладает сравнительно низким временным разрешением. В настоящее время исследования авторов направлены на изучение возможностей и путей повышения временного разрешения при выполнении косвенной оценки и картографирования пространственно-временного распределения и динамики граничных дат, и продолжительности вегетационных сезонов с использованием NDWI.

Основная часть. Под вегетационными сезонами в настоящем исследовании понимаются периоды, в которые приземная температура воздуха превышает $+5^{\circ}\text{C}$ (соответственно, весной и осенью) и $+10^{\circ}\text{C}$ (летом) [5]. По формуле предложенной Gao [6], NDWI вычисляется на основе каналов спутниковой съёмки, регистрирующих спектральные яркости в ближнем инфракрасном (NIR) и коротковолновом инфракрасном (SWIR) диапазонах спектра. Началу и окончанию полного вегетационного сезона соответствуют весенний и осенний минимумы на графике годового хода индекса, летнему сезону – «плато» на графике в летний период (Рис. 1).

Исследование выполняется на территории республики Коми (север европейской России). Регион характеризуется разнообразием климатообразующих факторов и располагается в нескольких природных зонах, при этом являясь малонаселённым. Для оценки точности косвенных определений дат смены вегетационных сезонов в исследовании используются ряды среднесуточных значений приземной температуры воздуха, регистрируемой на метеорологических станциях Росгидромета. Ряды данных для 10 метеорологических станций, расположенных в республике, получены из базы метеорологических данных Аисори.

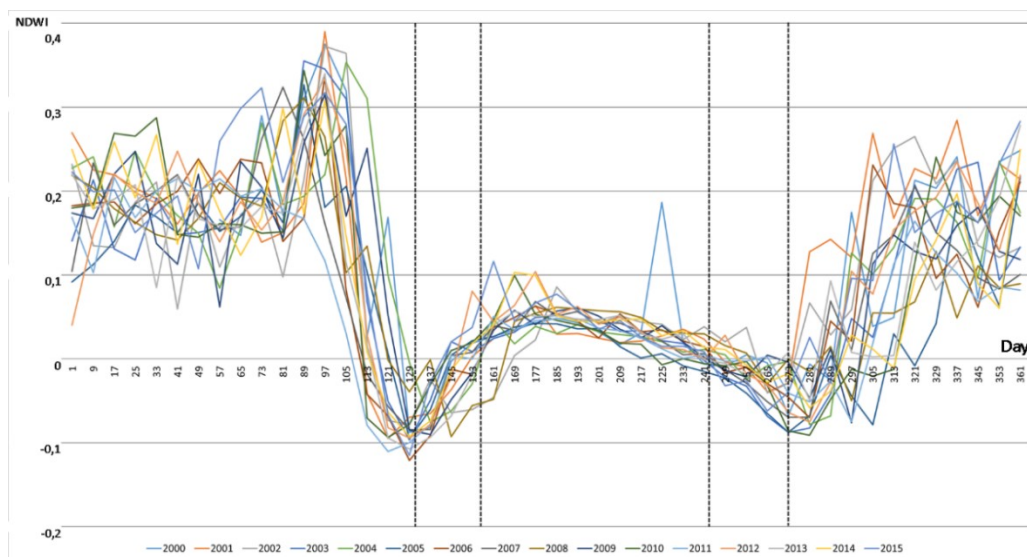


Рис. 1. Пример графиков годового хода NDWI для окрестности метеорологической станции Сыктывкар (республика Коми, Россия) с 2000 по 2015 годы, вертикальные линии разграничивают усреднённые вегетационные сезоны

Для вычисления NDWI в исследовании использованы данные спутниковой съёмки MODIS. Ряд данных формируется начиная с 2000 года. Использован продукт MOD09GA в состав которого входят данные в семи спектральных каналах, прошедшие атмосферную коррекцию. Пространственное разрешение составляет 500 метров на пиксель, временное разрешение — один день (одни сутки).

Подобного рода данные, не попадая под классическое понимание больших данных, оказываются весьма объёмными и сложными как для загрузки, так и для обработки на настольном компьютере. В настоящем исследовании для обработки данных использована публичная облачная платформа Google Earth Engine (<https://code.earthengine.google.com>), предоставляющая доступ к онлайн-каталогу данных спутниковых съёмок и инструментов для создания и выполнения программного кода, позволяющего выполнять аналитические вычисления на основе данных, представленных в каталоге.

Обработка данных включила извлечение из каталога данных MOD09GA за 2000–2019 годы для территории Коми (обрезку по административной границе). Для каждого суточного набора данных была сформирована маска об-

лачности [7], которая была использована для исключения из анализа территорий, закрытых облаками. Были построены десятикилометровые буферные зоны вокруг метеорологических станций (Рис. 2). В их пределах, выполнялось осреднение суточных значений NDWI при построении графиков годового хода индекса для станций.

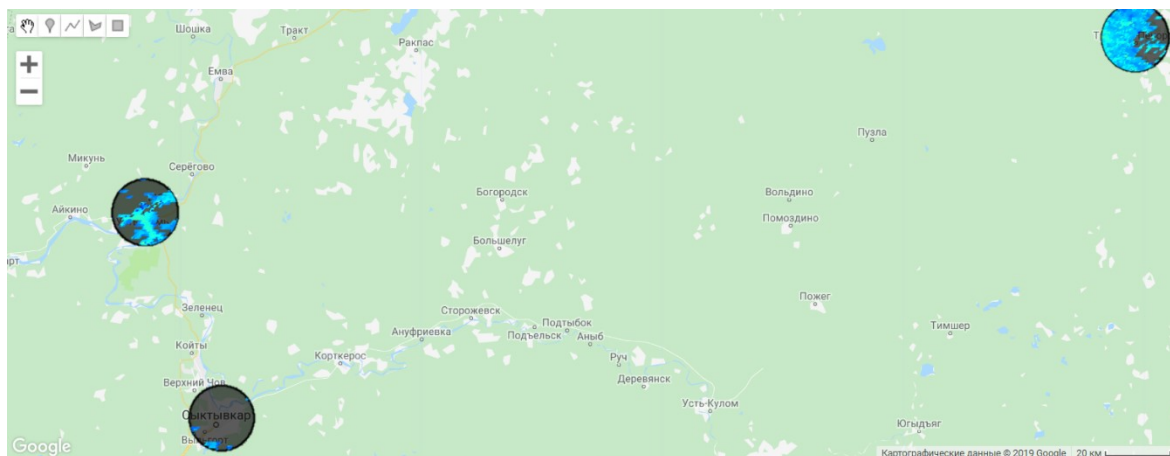


Рис. 2. Пример карты пространственного распределения NDWI в окрестностях метеорологических станций, с наложением масок десятикилометровых буферных зон метеорологических станций, облачности и растительности

Сформированные графики годового хода индекса используются для определения граничных дат вегетационных сезонов и анализа точности определения, путём сопоставления с рядами значений приземной температуры воздуха, наблюденной на станциях. Данный этап исследования в момент написания статьи является активным и не завершён.

Заключение. В результате проделанной работы выявлено, что ряды NDWI с временным разрешением в один день могут быть рассчитаны с использованием платформы Google Earth Engine. Такой подход является эффективным и существенно сокращает трудовые и временные затраты на вычисления. Вместе с тем, получаемые таким образом графики годового хода NDWI характеризуются значительной зашумлённостью и наличием большого числа разрывов, вызванных в частности большим числом облачных дней. Таким образом, в дальнейшем должны быть исследованы возможности фильтрации и интерполяции получаемых данных.

Библиографические ссылки

1. Паниди Е. А., Рыкин И. С., Цепелев В. Ю. О проблеме определения временных границ вегетационных сезонов по данным наземных наблюдений и дистанционного зондирования. Материалы Международной конференции «ИнтерКарто/ИнтерГИС», том 24, часть 2, 2018. с. 129–140 doi:10.24057/2414-9179-2018-2-24-129-140
2. Panidi E., Rykin I., Nico G., Tsepelev V. Toward Satellite-Based Estimation of Growing Season Framing Dates in Conditions of Unstable Weather. *Advances in Remote Sensing and Geo Informatics Applications. Advances in Science, Technology & Innovation*, Springer, Cham, 2019. с. 131–133 doi:10.1007/978-3-030-01440-7_31

3. Delbart N. J-P., Kergoats L., Le Toan T., Lhermitte J., Picard G. Determination of Phenological Dates in Boreal Regions Using Normalized Difference Water Index. Remote Sensing of Environment, Vol. 97(1), 2005. pp. 26-38. doi:10.1016/j.rse.2005.03.011
4. Sekhon N. S., Hassan Q. K., Sleep R. W. A Remote Sensing Based System to Predict Early Spring Phenology Over Boreal Forest. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII, Part 1, 2010. 5 p.
5. Справочник по климату СССР, выпуск 1, Архангельская и Вологодская области, Карельская и Коми АССР, часть 2, Темпера воздуха и почвы. Л.: Гидрометиздат, 1968. 360 с.
6. Gao B.C. NDWI A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water From Space. Remote Sensing of Environment, Vol. 58(3), 1996. pp. 257–266
7. Eric F. Vermote, MODIS Surface Reflectance User's Guide, Version 1.3., 2011. 40 p.

УДК 528.854

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТКРЫТОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ SENTINEL 2

А. А. Топаз ¹⁾, А. И. Волосюк ²⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, topaz_antonina@mail.ru

²⁾Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, frolui@yandex.ru

В статье представлены результаты экспериментальных исследований по использованию открытого программного обеспечения для обработки данных дистанционного зондирования Земли. Выполнен расчет спектральных индексов и анализ полученных цветокодированных изображений. Сделаны выводы о возможности использования спутниковых данных Sentinel 2, а также языка программирования Python и библиотеки EO-learn для создания систем мониторинга лесной растительности.

Ключевые слова: дистанционное зондирование; открытое программное обеспечение; язык программирования Python; библиотека EO-learn; мониторинг лесной растительности.

Введение. На современном этапе для устойчивого эффективного управления лесами органам лесного и лесопаркового хозяйства необходима постоянно поступающая актуальная и объективная информация о состоянии и динамике лесных экосистем.

Наличие открытых данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в рамках программы Copernicus (ESA) представляет собой беспрецедентный ресурс при решении многих задач ДЗЗ, среди которых можно выделить и мониторинг состояния лесной растительности.

Главная цель научного исследования заключалась в выполнении обработки с использованием открытого программного обеспечения и языка программирования Python спутниковых данных Sentinel 2 A-B, а также оценке возможности их применения для мониторинга лесной растительности.

Основная часть. В качестве исходных данных для расчета индексных показателей с использованием открытого программного обеспечения использовались данные ДЗЗ со спутников Sentinel 2 A-B.

Sentinel-2 — семейство спутников ДЗЗ Европейского космического агентства, созданное в рамках проекта глобального мониторинга окружающей среды и безопасности «Copernicus» [1]. Спутники предназначены для мониторинга использования земель, растительности, лесных и водных ресурсов, также могут применяться при ликвидации последствий стихийных бедствий.

Спутники Sentinel 2 A-B имеют 11 спектральных каналов (см. таблицу). Пространственное разрешение 4 основных каналов (Blue, Green, Red, NIR) составляет 10 м. Тепловые каналы, ближний инфракрасный, а также красный край имеют разрешение 20 м. Наименьшее пространственное разрешение характерно для каналов, ориентированных на изучение водяного пара в атмосфере, прибрежных аэрозолей и облачности; данные каналы обладают пространственным разрешением 60 м. Отсутствует панхроматический канал.

Временное разрешение спутников Sentinel 2 A-B составляет 5 дней. Это достигается за счёт двух спутников, работающих вместе. Временное разрешение одного спутника Sentinel 2 составляет 10 дней. Данные о спектральном и пространственном разрешении спутников Sentinel 2 A-B приведены в таблице.

Открытое программное обеспечение (англ. open-source software) — программное обеспечение с открытым исходным кодом. Исходный код таких программ доступен для свободного просмотра, изучения и изменения. При выполнении исследований использовался язык программирования Python 3.7.2, а также Python-библиотеки Scikit, GeoPandas, NumPy, Matplotlib, Shapely, Sentinel-hub, EO-learn.

Python — высокоуровневый язык программирования общего назначения, ориентированный на повышение производительности разработчика и читаемости кода.

EO-learn — это набор пакетов Python с открытым исходным кодом, для беспрепятственного доступа и своевременной, автоматизированной обработки пространственно-временных рядов изображений, полученных любым спутниковым парком [2].

Спектральное и пространственное разрешение спутников Sentinel 2 A-B [1]

Sentinel-2 каналы	Sentinel-2A		Sentinel-2B		Простр. разрешение (м)
	Центральная длина волны (нм)	Ширина полосы (нм)	Центральная длина волны (нм)	Ширина полосы (нм)	
Band 1 – Coastal aerosol	442,7	21	442,2	21	60
Band 2 – Blue	492,4	66	492,1	66	10
Band 3 – Green	559,8	36	559,0	36	10

Продолжение таблицы

Band 4 – Red	664,6	31	664,9	31	10
Band 5 – Vegetation red edge	704,1	15	703,8	16	20
Band 6 – Vegetation red edge	740,5	15	739,1	15	20
Band 7 – Vegetation red edge	782,8	20	779,7	20	20
Band 8 – NIR	832,8	106	832,9	106	10
Band 8A – Narrow NIR	864,7	21	864,0	22	20
Band 9 – Water vapour	945,1	20	943,2	21	60
Band 10 – SWIR – Cirrus	1373,5	31	1376,9	30	60
Band 11 – SWIR	1613,7	91	1610,4	94	20
Band 12 – SWIR	2202,4	175	2185,7	185	20

Общая схема процесса обработки материалов ДЗЗ при проведении исследований на основе языка программирования Python и библиотеки EO-learn представлена на рисунке.

В качестве тестовой площадки была выбрана территория биологического заказника местного значения «Оброво» (Ивановский район Брестской области). Граница тестовой территории была определена по данным Google Satellite в программном комплексе QGIS. Результирующий ограничивающий прямоугольник имел размер около 20 км × 16 км. Используя функционал georandas и shapely, был реализован инструмент для разбиения AOI (Area of Interest). Результатом этого шага является список ограничивающих рамок, охватывающих AOI, с помощью которых можно автоматически загружать данные изображений Sentinel 2.

Приступая к обработке данных, были созданы задачи на применение к выбранным патчам (наименьшая пространственная единица, используемая в процессе обработки) необходимого функционала. После определения задач, реализуемых как объекты базового класса EOTask, все определённые задачи формируются в рабочий процесс – «конвейер» – «EOWorkflow» [2].

Для расчета были выбраны 11 индексных показателей: DVI, Simple Ratio, TSR, NDVI, TNDVI, GEMI, ARVI, EVI, SAVI, TSAVI, MSAVI, NDWI [3]. Было установлено, что наилучшими индексными показателями при дифференциации растительности по породному составу являются GEMI, EVI, SAVI и DVI, поскольку они обеспечивают четкое выделение лиственной растительности на фоне доминирующей хвойной, а также предоставляют возможность дифференцировать первую на мелко- и крупнолиственную.

Заключение. Несмотря на отсутствие панхроматического канала, данные со спутников Sentinel 2 A-B обладают наилучшим соотношением пространственных, спектральных и временных показателей среди спутниковых данных ДЗЗ, находящихся в открытом доступе, что особенно важно с учётом значительного количества облачных дней, характерных для территории Беларуси.

В целом, результаты работы показали, что библиотека EO-learn в значительной мере упрощает процесс проведения выборочных исследований для оценки состояния изучаемого объекта либо явления, обладает необходимым функционалом, а также значительным потенциалом дополнения для создания сложных многоуровневых процессов обработки материалов ДЗЗ, интегрированных в производственный процесс, а также самостоятельных программных продуктов, предоставляющих пользователю информацию, базирующуюся на данных ДЗЗ.

Библиографические ссылки

1. Sentinel-2 [Электронный ресурс]. 2019. Режим доступа: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/> Дата доступа: 28.02.2019.
2. EO-learn [Электронный ресурс]. 2019. Режим доступа: <https://eo-learn.readthedocs.io/en/latest/> Дата доступа: 28.02.2019.
3. Index Data Base [Электронный ресурс]. 2019. Режим доступа: <https://www.indexdatabase.de> Дата доступа: 28.02.2019.

УДК 528.837

МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНАЯ СЪЁМКА С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Е. О. Хрущёва¹⁾, А. А. Лукашик²⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, Khrushcheva@bsu.by

²⁾Государственное предприятие «БелПСХАГИ», а.г. Прилуки, Беларусь,
lukashik.sasha@gmail.com

Представлены результаты экспериментальных исследований по мультиспектральной аэрофотосъёмке с беспилотного летательного аппарата Sovzond Air-Con 3 на территории географической станции «Западная Березина». Описан технологический процесс выполнения аэрофотосъёмки и обработки полученных материалов. Выявлены направления использования мультиспектральных данных полученных с беспилотных летательных аппаратов.

Ключевые слова: мультиспектральная съёмка; беспилотные летательные аппараты; аэрофотосъёмка, ортофотоплан.

Введение. В настоящее время космическая мультиспектральная съёмка позволяет оперативно получать данные высокого пространственного разрешения, однако если возникает необходимость получения таких данных с большей периодичностью, то встает вопрос о их стоимости. К тому же необходимо учитывать облачность, из-за которой доля отбракованных материалов космической съёмки резко увеличивается.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) давно получили широкое распространение в различных сферах жизнедеятельности человека. Они являются важным инструментом проведения исследований в лесном, сельском хозяйстве, аэрофотогеодезии, энергетике, добыче полезных ископаемых и т.д.

Их использование позволяет снизить стоимость реализации проектов и увеличить объём исходных данных [1, 2].

Основная часть. Мультиспектральная съёмка проводилась с беспилотного летательного аппарата Sovzond Air-Con 3 на территории геостанции «Западная Березина». В качестве полезной нагрузки на нём установлены камера Sony α6000, мультиспектральная камера Parrot Sequoia и GNSS RTK приёмник.

Мультиспектральная камера Parrot Sequoia устанавливается на специальном подвесе на гексакоптер. Она позволяет получать изображения в нескольких спектральных диапазонах: зелёном (длина волны 550 нм, полоса пропускания 40 нм), красном (длина волны 660 нм, полоса пропускания 40 нм), красном крае (длина волны 735 нм, полоса пропускания 10 нм) и ближнем инфракрасном (длина волны 790 нм, полоса пропускания 40 нм). Так как камера сама регистрирует координаты центров фотографирования, внесение поправок за смещение от основного приёмника не требуется [3].

Общая схема выполнения мультиспектральной съёмки и обработки полученных данных представлена на рисунке 1.

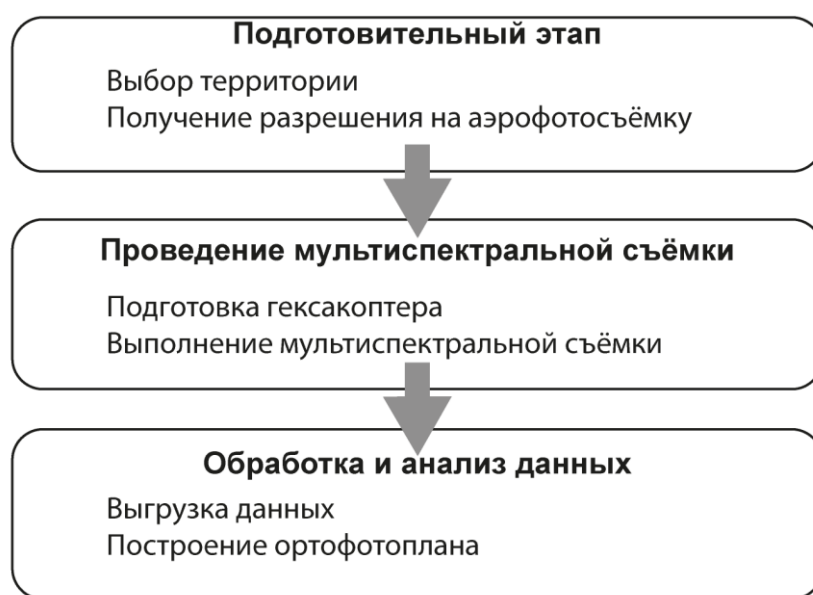


Рис. 1. Общая схема выполнения мультиспектральной съёмки [созд.авт.]

Подготовительный этап и обработка данных выполнялась в камеральных условиях. На подготовительном этапе был выбран исследуемый участок, оптимальные места запуска и посадки гексакоптера, определены параметры полета.

Настройка камеры осуществляется с помощью Wi-Fi через HTML-интерфейс. По умолчанию модуль Wi-Fi включён. Настройку можно выполнять как с помощью ноутбука, так и через браузер смартфона.

После подсоединения к дрону с помощью USB device, необходимо выполнить подключение к устройству Wi-Fi камеры. Затем в адресной строке интернет-браузера необходимо ввести адрес, по которому откроется HTML-

интерфейс настройки Sequoia. Интерфейс позволяет устанавливать следующие параметры:

- режим съёмки (одиночный снимок, съёмка через промежуток времени, съёмка через заданное расстояние);
- разрешение камер;
- место сохранения изображений.

Для выполнения съёмки через заданный промежуток времени можно указать необходимый интервал или рассчитать его, указав скорость, высоту полёта и перекрытие. В этом случае программа сама выберет оптимальное время между регистрируемыми изображениями.

Для построения полётного плана использовалась программа Mission Planner. Во вкладке FlightPlan отображается карта, на которой была выбрана территория, подлежащая исследованию. Затем правой кнопкой мыши в контекстном меню было выбрано AutoWP-SurveyGrid. Откроется окно с параметрами построения полётного задания. Задавалась высота полёта и угол линий маршрута (Altitude, Angle), можно подобрать такой угол, при котором протяженность каждой линии будет максимальна, что обеспечит максимальную производительность. В нашем случае, высота полёта составляет 100 м, это обусловлено требованиями законодательства в области выполнения полётов [4].

После того, как установили нужные значения, программа прорисовала на карте траекторию движения. Внизу окна указана площадь исследуемой территории, количество снимков и интервал между снимками, а также приблизительное время полёта и разрешение. Затем составленная полётная миссия сохраняется и записывается в память гексакоптера.

После выполнения всех вышеописанных пунктов гексакоптер Sovzond Air-Con 3 готов к выполнению поставленной миссии.

Обработка мультиспектральных изображений выполнялась в программе Agisoft PhotoScan в следующей последовательности:

Выравнивание фотографий. На данном этапе идёт поиск общих точек на снимках, определение элементов взаимного ориентирования снимков, формирование первичной модели местности, состоящей из общих точек (разреженного облака точек);

Построение плотного облака точек. На этом этапе выполняется повторный поиск общих точек, и определение их положения;

Создание ортофотоплана. Ортофотоплан создается автоматически путем трансформирования аэрофотоснимков [5].

В результате обработки получен ортофотоплан на исследуемую территорию (рис.2).

Готовое изображения можно использовать для расчёта вегетационных индексов (NDVI, NDRE, и т.д.). Основанные на таких расчётах карты можно применять в точном земледелии.

Заключение. В результате проведения мультиспектральной съёмки местности был получен ортофотоплан с разрешением 4 см/пк. Снимки были

получены в видимом, зеленом, красном, дальнем красном и инфракрасном участках спектра электромагнитных волн.

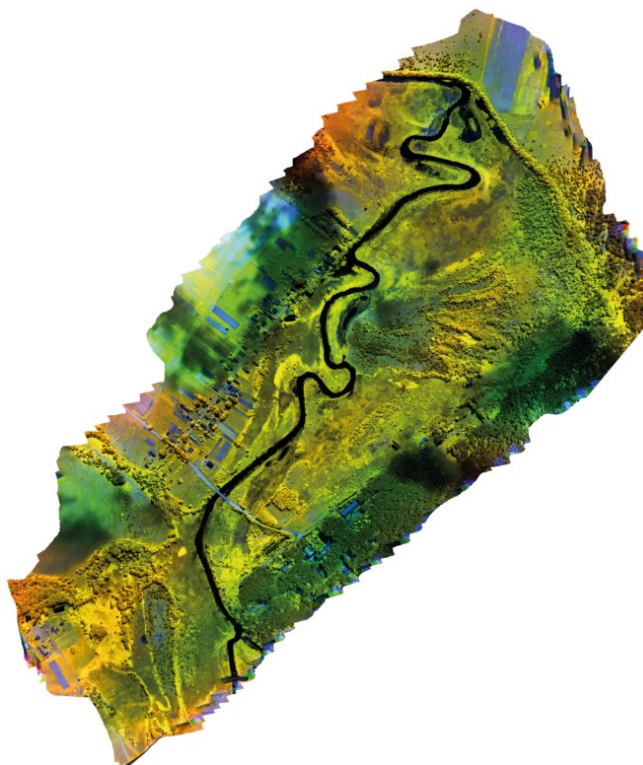


Рис. 2. Ортофотоплан, созданный по материалам мультиспектральной съёмки [созд.авт.]

Основным направлением использования материалов мультиспектральной аэрофотосъёмки можно считать сельское и лесное хозяйство. С помощью комбинаций каналов можно получить полную картину о состоянии почв, выявлять стадии вегетации сельскохозяйственных культур, выявлять очаги заражения растений на ранних этапах.

Библиографические ссылки

1. Zmarz, A. 2011, Application of UAV in forestry to acquire image data, Ph.D. thesis, WULS-SGGW, Warszawa.
2. Применение беспилотных летательных аппаратов в географических исследованиях / Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Иркутск, 22–23 мая 2018 г.). Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2018. 135 с.
3. Мультиспектральная камера Parrot Sequoia [Электронный ресурс]. 2019. URL: <https://bespilotnik.org/catalog/payload/multi-cam/969/> (Дата обращения: 17.07.2019).
4. Романкевич, А. П. Воздушная съёмка с использованием гексакоптера Sovzond Air-Con 3 на территории ГС «Западная Березина» / А.П. Романкевич, Е.О. Хрущёва, А.А. Лукашик, Г.В. Черняков // материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых, проведенного в рамках празднования Международного Дня ГИС 2018, Минск, Белорусский гос. ун-т, ноябрь 2018 г. / ; редкол.: Н. В. Жуковская (отв. ред.) [и др.]. Минск, 2018. С. 128–133.

5. Пошаговое руководство: Построение ортофотоплана и карты высот в программе Agisoft PhotoScan Pro 1.2 [Электронный ресурс]. 2019. URL: <http://agisoft.com> (дата обращения: 27.07.2019).

УДК 528.35

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Г. В. Черняков ¹⁾, А. П. Романкевич ²⁾

¹⁾ ГП «НИИ Белгипротопгаз», г. Минск, Беларусь, gregchernyakov@yandex.by

²⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, rom.bsu@mail.ru

Описана технология применения аэрофотосъемки беспилотным летательным аппаратом при выполнении инженерно-геодезических изысканий. Выполнен анализ факторов влияющих на точность материалов аэрофотосъемки. Сделан вывод о целесообразности применения аэрофотосъемки при помощи беспилотного летательного аппарата при выполнении инженерно-геодезических изысканий в комплексе с наземной съемкой.

Ключевые слова: инженерно-геодезические изыскания; аэрофотосъемка; беспилотный летательный аппарат; точность аэрофотосъемки; наземная съемка.

Введение. Строительство любого объекта неразрывно связано с необходимостью проведения комплекса инженерных изысканий, важнейшей составляющей которого являются инженерно-геодезические изыскания. Результат инженерно-геодезических изысканий представлен топографическим планом заданного масштаба и точности, который служит основой для проектирования. И чем качественнее выполнены изыскания, тем успешнее будет выполнен проект.

Важнейшая проблема при выполнении инженерно-геодезических изысканий, это сроки выполнения работ. Они, как правило, всегда сжаты, и каждая организация стремится не выйти за временные рамки и при этом не потерять в качестве. Для того чтобы снизить сроки выполнения работ, нужно максимально, насколько это возможно, автоматизировать труд геодезистов-изыскателей [1]. Одним из наиболее перспективных и активно развивающихся направлений является аэрофотосъемка с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Использование БПЛА оправдано в тех случаях, когда необходимо быстро получить точную информацию о местности на небольшие территории.

Основная часть. На сегодняшний день аэрофотосъемка (рис.1) активно развивается благодаря появлению легких недорогих беспилотных летательных аппаратов и позволяет получить предварительный результат уже на следующий день, а окончательный — через какое-то время, гораздо меньшее по сравнению со временем, потраченным на выполнение геодезических изысканий только наземным способом [1].

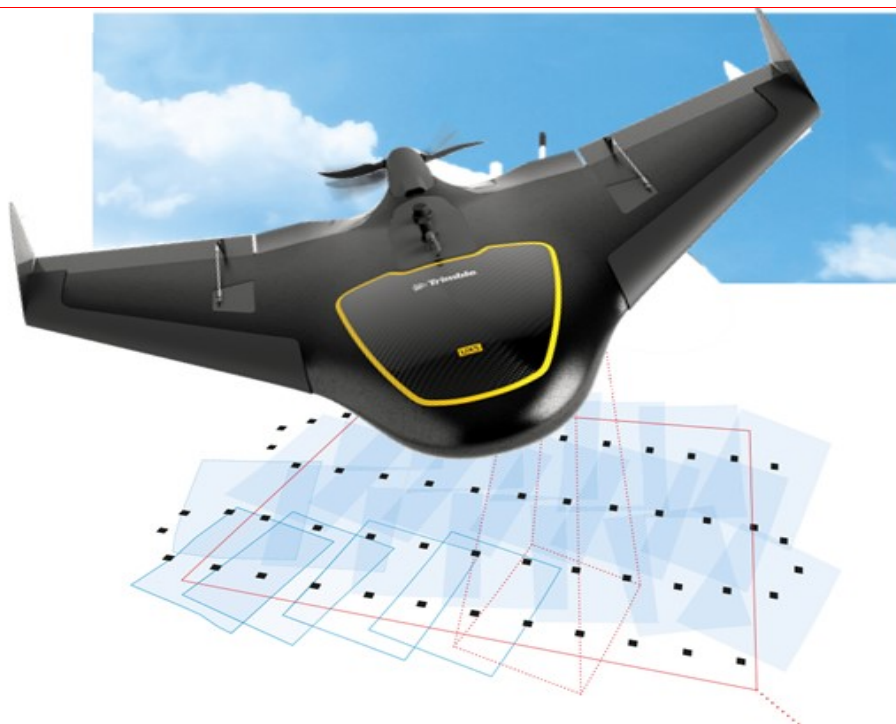


Рис. 1. Аэрофотосъёмка с помощью беспилотных летательных аппаратов

Аэрофотосъемка с использованием БПЛА состоит из трех этапов: подготовка наземного обоснования (на данном этапе выполняется закрепление и координирование опознаков), летно-съёмочные работы и фотограмметрическая обработка полученных аэрофотоснимков [2].

Опознаки (рис.2) закрепляются и координируются при помощи GPS оборудования методом спутниковых наблюдений. Количество опознаков зависит от размера области работы и требуемой точности.



Рис. 2. Координирование опознавательных знаков

Процесс аэрофотосъемки и обработки материалов максимально автоматизирован. Полет выполняется полностью в автоматическом режиме – от

взлета до посадки. В результате полета формируется набор данных включающих аэрофотоснимки и координаты центров фотографирования.

На этапе обработки изображений эти данные при использовании специального фотограмметрического программного обеспечения преобразуются в цифровую модель местности (ЦММ) [3]. Современное фотограмметрическое программное обеспечение способно работать на базе компьютерного зрения, благодаря чему процесс обработки снимков хорошо автоматизирован. Съемка и создание ортофотоплана на территорию площадью 2 км² с разрешением от 2 см может быть выполнена в течении 1 дня (при обработке в полевых условиях). Пользователь получает оперативную цифровую информацию для интерпретации ее в топографический план или подробную карту в масштабе 1:500 – 1:5000 (рис.3) [4].

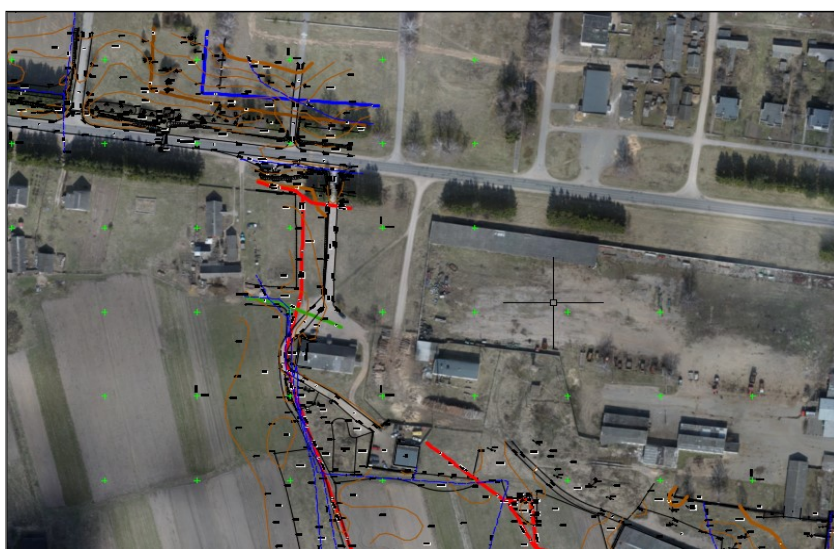


Рис. 3. Фрагмент ЦММ созданной по материалам аэрофотосъемки

При выполнении инженерно-геодезических изысканий особое внимание уделяется точности полученных материалов. Ортофотопланы по результатам аэрофотосъемки БПЛА зачастую имеют точность сопоставимую с наземной съемкой и могут быть использованы для создания топографических планов вплоть до масштаба 1:500. На результирующую точность может влиять ряд факторов:

- качество съемочной системы;
- качество выполнения аэрофотосъемочных работ;
- количество опорных точек (опознавательных знаков);
- особенности снимаемой территории (перепад высот, наличие густой древесно-кустарниковой растительности, высокий травяной покров);
- качество фотограмметрической обработки [5].

При условии современного БПЛА с качественной съемочной системой, профессионально выполненной съемки и обработки наибольшее влияние на результат оказывают особенности снимаемой территории и количество закрепленных опознаков. Причем если количество закрепленных опознаков

можно увеличить или уменьшить в зависимости от необходимой точности, то некоторые особенности снимаемой территории могут сделать выполнение аэрофотосъемки нецелесообразной. К таким особенностям в первую очередь относится наличие густой древесно-кустарниковой растительности и высокого травяного покрова. Такие особенности территории не позволяют с достаточной точностью построить рельеф территории и ограничивают возможности дешифрирования многих наземных объектов.

Заключение. Таким образом, полностью заменить наземный метод съемки, на аэрофотосъемку невозможно. Аэрофотосъемку с использованием БПЛА наиболее целесообразно применять в комплексе с наземными методами, которыми доснимаются подземные и наземные коммуникации и другие трудно дешифрируемые объекты. Поэтому увеличивается значимость предварительной подготовки к полевым работам, в ходе которой должны четко определяться зоны где целесообразно выполнять аэрофотосъемку, а где лучше использовать наземные методы. Если правильно выстроить процесс производства работ, то аэрофотосъемка с использованием БПЛА будет иметь еще большее преимущество, не только по скорости выполнения работ, но и значительно возрастет качество и содержательность топографических планов.

Библиографические ссылки

1. Божко Р. И. Применения аэрофотосъемки при помощи беспилотного летательного аппарата на инженерно-геодезических изысканиях автомобильных дорог. Иркутск: Молодежный вестник ИРГТУ, 2014. 5 с.
2. Романкевич, А.П. Использование беспилотного летательного аппарата для производства аэрофотосъемки / А. П. Романкевич, Д. А. Качановская, Г. В. Черняков // Материалы 15-й Международной научно-технической конференции (70-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов БНТУ), Минск, 2017 г. / БНТУ; редкол.: Б. М. Хрусталева [и др.]. Минск, 2017. Т.3, С. 8–14.
3. Создание топокарт и планов по данным БПЛА на базе PhotoScan [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gisinfo.ru/tech/photoscan.photo>. Дата доступа: 07.08.2019.
4. Романкевич, А. П. Опыт использования беспилотного летательного аппарата при картографировании территории УП «Щемяслица» БГУ / А. П. Романкевич, Д. А. Качановская, Г. В. Черняков // материалы конкурса ГИС-проектов студентов и аспирантов УВО Республики Беларусь, проведенного в рамках празднования Международного Дня ГИС 2016, Минск, Белорусский гос. ун-т, ноябрь 2016 г.; редкол.: Д. М. Курлович (отв. ред.) [и др.]. Минск, 2016. С. 8–14.
5. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. Москва: ЦНИИГАиК, 2002. 158 с.

СЕКЦИЯ 4 ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 002.061.2

МОБИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СИСТЕМ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

А. М. Ф. Аль-Дарабсе¹⁾, Е. В. Маркова²⁾, Т. В. Денисова³⁾

¹⁾ Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск, Россия, amersamarah4@gmail.com

²⁾ Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск, Россия, morozova319@yandex.ru

³⁾ Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск, Россия, denisovaiiatu@mail.ru

Растущий объем исследований использует мобильные технологии и геоинформационные системы (ГИС) для совершенствования систем здравоохранения и информационных систем здравоохранения, но пока еще недостаточно изучено, как эти два типа систем интегрируются вместе в информационную инфраструктуру организации, чтобы обеспечить основу для анализа данных и поддержки принятия решений. Интеграция данных и технических систем во всей организации необходима для эффективной крупномасштабной реализации.

Ключевые слова: здравоохранение; электронное здравоохранение; мобильные технологии; мобильный телефон; SMS; обмен текстовыми сообщениями; геоинформационная система.

Введение. Распространение мобильных телефонов предоставило мощный канал связи для укрепления информационных систем здравоохранения. Функциональные и структурные свойства мобильных телефонов, такие как низкая стоимость запуска, обмен текстовыми сообщениями и гибкие планы платежей, делают их привлекательными для контактов с пациентами в различных процессах здравоохранения [1, с. 289]. Часто они используются для распространения информации среди пациентов, но при использовании в сочетании с программными приложениями, связанными со здравоохранением, они также могут обеспечивать обратную связь в режиме реального времени, необходимую для мониторинга соответствия или эффекта лечения, а также служить инструментами сбора данных. Кроме того, внутренние системы, подключенные к мобильным телефонам, могут служить платформой для обеспечения запрограммированных, портативных, автоматизированных услуг, которые могут сделать здравоохранение и информационные системы здравоохранения все более децентрализованными [2, с. 504].

Сегодня приложено много усилий для использования мобильной связи для улучшения различных процессов в здравоохранении, как профилактических, так и реактивных. Это делается разными способами, например, путем

улучшения контакта врачей и пациентов (например, с помощью систем напоминаний), путем поддержания местных медицинских центров в лучшем контакте с центральными больницами (например, местными врачами, отправляющими изображения для экспертного анализа). но также путем предоставления профилактической информации о здоровье, чтобы уменьшить количество людей, которые становятся пациентами (например, путем поддержки в ведении более здоровой жизни), и предоставления лучшей статистики, чтобы лучше планировать действия и распределение ресурсов в системе здравоохранения, например, в связи со стихийными бедствиями или эпидемиями [3, с. 26].

Многие, если не все, системы, используемые для вышеуказанных целей, нуждаются в серверных системах или, по крайней мере, будут работать лучше, если они есть. Например, напоминания пациентам о посещении врача или приеме их лекарств должны быть интегрированы с историей болезни пациента, чтобы избежать огромного количества ручного труда [4, с. 20]. Система обмена текстовыми сообщениями (служба коротких сообщений, SMS) для сообщения о случаях ВИЧ / СПИДа в местном центре здравоохранения в центральную больницу должна быть интегрирована с некоторыми приложениями для получения статистики и информирования соответствующих участников о развитии; например, изменение количества и характера случаев в разных центрах ухода за больными может изменяться с течением времени, что может потребовать перераспределения ресурсов для оказания эффективной помощи. В более общем плане, чтобы быть эффективными в отношении всех заинтересованных сторон в здравоохранении, системы сбора данных должны быть технически интегрированы с системами связи и принятия решений. Поскольку существует много данных о здравоохранении и много переменных, связанных с принятием правильных решений, как медицинских, так и административных, пространственных и экономических, существует необходимость в эффективной обработке, анализе и представлении данных. Например, данные здравоохранения из разных регионов страны могут быть представлены в географических информационных системах (ГИС), чтобы обеспечить более эффективные средства связи для лиц, принимающих решения. Это может облегчить понимание данных с помощью графического представления, и это может облегчить анализ данных, так как они могут быть связаны с другими данными (например, относительно населения, географии и экономики), которые могут отличать разные регионы друг от друга, Принятие во внимание всех таких факторов может быть необходимо для оптимизации распределения доступных ресурсов здравоохранения по всей стране и обеспечения повсеместного использования эффективных методов [5, с. 289].

Применение мобильных технологий можно классифицировать по шести темам: лечение и лечение заболеваний, сбор данных и наблюдение за заболеваниями, системы поддержки здравоохранения, укрепление здоровья и профилактика заболеваний, общение между пациентами и поставщиками медицинских услуг или между поставщиками, а также медицинское образование.

Приложения ГИС можно разделить на четыре категории: наблюдение за заболеваниями, системы поддержки здравоохранения, укрепление здоровья и профилактика заболеваний, а также связь с поставщиками медицинских услуг или между ними. Мобильные приложения обычно ориентированы на использование обмена текстовыми сообщениями (служба коротких сообщений, SMS) для общения между пациентами и поставщиками медицинских услуг, наиболее заметные напоминания и советы пациентам [6, с. 358]. Эти приложения обычно имеют скромные преимущества и могут подходить для реализации. Интеграция данных о здоровье с использованием технологии ГИС также демонстрирует скромные преимущества, такие как лучшее понимание взаимодействия психологических, социальных, экологических, территориальных и социально-демографических воздействий на физическую активность. Оцененные исследования показали многообещающие результаты в оказании помощи пациентам в лечении различных заболеваний и эффективном управлении их состоянием. Однако в большинстве исследований используются небольшие размеры выборки и короткие периоды вмешательства, что означает ограниченную клиническую или статистическую значимость.

В подавляющем большинстве статей сообщается о положительных результатах, включая коэффициент удержания, льготы для пациентов и экономические выгоды для поставщика медицинских услуг. Однако вопросы реализации мало обсуждаются, что означает, что причины нехватки крупномасштабных реализаций, которые можно ожидать, учитывая подавляющее большинство положительных результатов, пока неясны. Существует также небольшая комбинация между ГИС и мобильными технологиями. Чтобы процессы здравоохранения были эффективными, они должны интегрировать различные виды существующих технологий и данных. Дальнейшие исследования и разработки необходимы для обеспечения интеграции и лучшего понимания вопросов реализации.

Заключение. В случаях, описанных здесь, основной технологией является SMS или голос, в основном по той причине, что эти технологии наиболее широко доступны. Но необходимость развивать эффективную коммуникацию и использовать данные для улучшения процессов остается неизменной, независимо от того, поступают ли данные из SMS или приложения для смартфона. Кроме того, доступность смартфонов растет повсюду, в том числе в развивающихся странах. Это означает, что существует общая потребность в исследованиях и разработках, касающихся интеграции данных из мобильных приложений в системы бэк-офиса, которые составляют основу обработки данных в здравоохранении, и в системах, которые могут анализировать коммуникации и обеспечивать поддержку для улучшения процессов.

Библиографические ссылки

1. Май С. Д. Методологический инструментарий устойчивости при выборе функционирования конструктивных элементов воздушного судна. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19. № 4–2. С. 289–293.

2. Соколова О. Ф. Проблемы сертификации персонала предприятий авиационно-космического комплекса и организаций самарской области в условиях рынка. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 4–3. С. 504–508.
3. Маркова Е. В. Исследование управленческого потенциала промышленных предприятий. В сборнике: Проблемы и перспективы экономических отношений предприятий авиационного кластера Сборник научных трудов. Ответственный за выпуск И. Г. Нуретдинов. 2016. С. 26–30.
4. Маркова Е.В., Аль-Дарабсе А.М.Ф. Модернизация "аэрокосмического образования" высших учебных заведений. Проблемы и перспективы экономических отношений предприятий авиационного кластера сборник материалов. 2017. С. 20–22.
5. Маркова Е.В., Аль-Дарабсе А.М.Ф., Денисова Т.В. Открытие научного проекта ИАТУ «общение в социальных науках». Современные направления развития науки в животноводстве и ветеринарной медицине материалы международной научно-практической конференции посвященной 60-летию кафедры Технологии производства и переработки продуктов животноводства и 55-летию кафедры Иностранных языков. Тюмень, 2019. С. 289–294.
6. Маркова Е.В., Денисова Т.В., Аль-Дарабсе А.М.Ф. Инновации образования и образовательные инновации в условиях современного вуза. Современные направления развития науки в животноводстве и ветеринарной медицине материалы международной научно-практической конференции посвященной 60-летию кафедры Технологии производства и переработки продуктов животноводства и 55-летию кафедры Иностранных языков. Тюмень, 2019. С. 358–362.

УДК 528.94

СОСТАВЛЕНИЕ МЕНТАЛЬНЫХ КАРТ ДЛЯ АНАЛИЗА ВОСПРИЯТИЯ ГОРОДСКОГО ПРОСТРАНСТВА МИНСКА

В. М. Дымкова¹⁾, Н. В. Ковальчик²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, veda.m.dym@gmail.com

²⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, kovalchiknv@gmail.com

Представлены результаты составления ментальных карт центральной части г. Минска с использованием географической информационной системы Quantum GIS с целью изучения доминантных образов городского пространства, формирующихся у горожан, на основе данных анкетирования. Построены ментальные карты плотности наиболее посещаемых мест; популярных маршрутов следования; визуализации респондентами границ исследуемой территории. Выявлены культурные объекты и городские ориентиры, обладающие наибольшей узнаваемостью.

Ключевые слова: ментальные карты; географические информационные системы; базы геоданных; доминантные образы города; данные анкетирования.

Введение. В урбанистике при выявлении закономерностей формирования городского пространства особое место отводится анализу ментальных карт, на которых фиксируется, по выражению С. Милграма, не географиче-

ская реальность, а ее отражение в умах горожан [1]. При составлении ментальных карт способом интервью выявляются условные границы, ориентиры и пути следования жителей города. Методики составления карт довольно разнообразны, по содержанию Б. Серапинас предлагает разделять ментальные карты городов на отражающие: 1) представление о территориях и 2) представление о характеристиках территорий [2]. Важным этапом является интерпретация полученных от респондентов данных, в результате которой на карту наносится групповой образ городской среды [3]. В итоге ментальные карты помогают выделить доминантные образы и ключевые особенности города, отличающие его от других [4].

При создании ментальных карт и графической визуализации результатов их анализа большие возможности исследователям предоставляют ГИС-технологии.

Основная часть. Для построения ментальных тематических карт участков центра г. Минска был создан ГИС-проект с использованием географической информационной системы Quantum GIS (QGIS) как одной из динамично развивающихся ГИС с открытым исходным кодом [5].

Целью проекта было изучение доминантных образов центра г. Минска, формирующихся у минчан и гостей города на основе данных опроса горожан.

Персональная база геоданных включала векторную пространственную основу, созданную на основе данных Google Maps [6], и данные анкетирования респондентов по группам. В ходе актуализации базы геоданных создавались точечные (пункты анкетирования), линейные (выбранные респондентами маршруты) и полигональные (исследуемые участки города) классы пространственных объектов. В атрибутивные таблицы наборов данных заносились статистические данные опросов. С помощью функциональных систем QGIS 3.0 были построены карты, отображающие уровень популярности анализируемых объектов, картосхемы плотности выбираемых респондентами объектов и путей следования в анализируемом районе.

Центральная часть г. Минска Верхний Город обладает высоким потенциалом социального использования и туристической привлекательности для минчан и туристов. Ментальная карта Верхнего Города составлялась на основе данных опроса респондентов для выявления привлекательности городских объектов. Было опрошено по 20 представителей следующих групп: студенты БГУ (возраст 17-20 лет); преподаватели БГУ (25-60); туристы (40-60 лет). В опросный лист были включены вопросы, определяющие социальную и возрастную группу респондента, его отношение к культурным объектам Верхнего Города и мнение о комфортности и развитости его инфраструктуры. Результаты опроса проанализированы и внесены в базу геоданных. Далее в QGIS созданы ментальные карты объектов, наиболее популярных для каждой группы опрошенных. Итоговая ментальная карта представляет собой набор диаграмм, привязанных к культурным объектам. Опрос показал, что район пользуется большой популярностью среди жителей города, хорошо узнаваем и имеет большой потенциал в туристическом развитии. Хорошая инфраструктура и богатая архитектура привлекают большое количество туристов и молодежи.

Картосхема плотности популярных объектов Верхнего Города построена для анализа частоты их посещения (рис.1). Подобный анализ позволяет выявить места, перспективные для насыщения туристическими объектами, обладающими потенциалом популярности у разных целевых групп.



Рис. 1. Ментальная картосхема плотности популярных среди туристов культурных объектов Верхнего Города

По той же методике исследовалась территория наиболее активного передвижения студентов БГУ (рис. 2). Ментальная карта была составлена по данным опроса студентов БГУ, проживающих в студгородке и вне его. Вопросы анкеты касались эмоционального восприятия данной территории, ее условных границ, точек притяжения и популярных маршрутов передвижения студентов.

По результатам обработки анкет были построены ментальные карты данной части города: плотности наиболее посещаемых мест; популярных маршрутов студентов; районов активности студентов; визуализации студентами границ исследуемой территории.

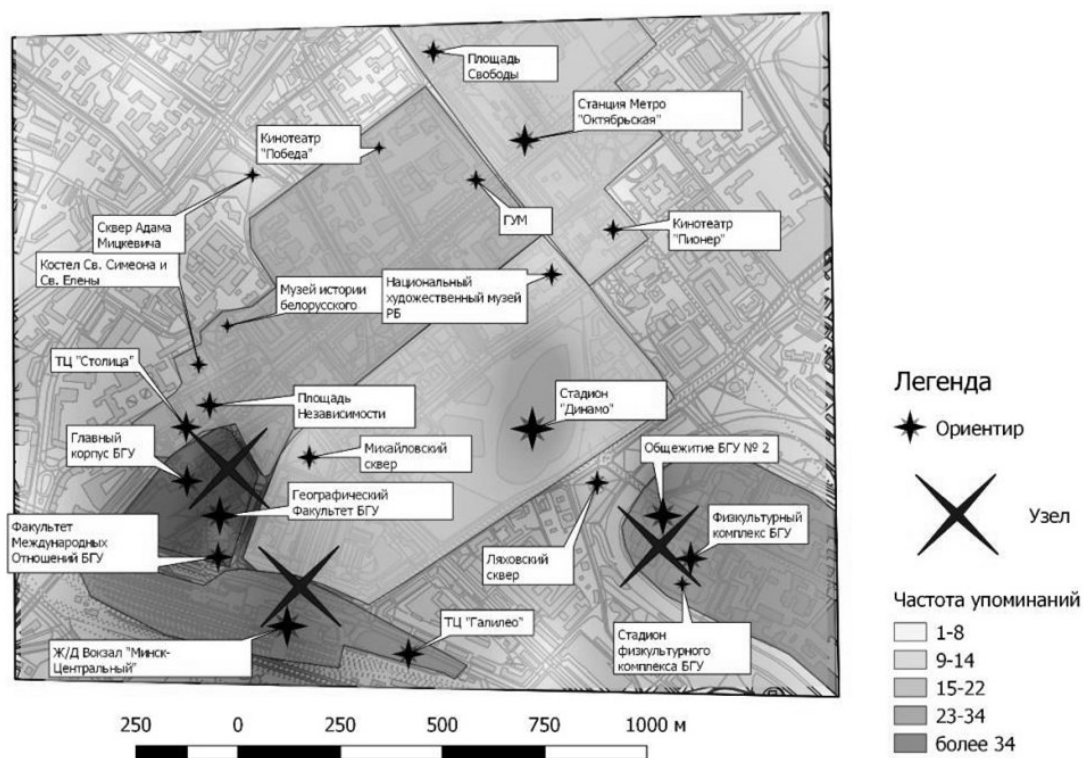


Рис. 2. Ментальная картосхема территории активного передвижения студентов БГУ

Анализ результатов выполненного картографирования позволил выявить ориентиры, обладающие наибольшей узнаваемостью для студентов. В перечне привычных маршрутов упоминались практически все улицы данной части города. Большинство информантов считает, что прилегающая к университету территория удобна для передвижения пешком, а добираться на учебу на велосипеде крайне затруднительно. Были обозначены основные места, которые выделяются, по мнению большинства опрошенных, удобной инфраструктурой и визуальной притягательностью. Также опрос выявил места, которые нуждаются в улучшении уличной инфраструктуры, озеленении, размещении торговых объектов.

Заключение. Составление ментальных карт на географически привязанной основе дает возможности формировать городское пространство с учетом представлений горожан. Современные географические информационные системы обладают достаточным функционалом не только для построения карт, но и для их картографического анализа.

Библиографические ссылки

1. Милграм С. Эксперимент в социальной психологии. СПб.: Изд. «Питер», 2000. – 336 с.
2. Серапинас Б. Б. Мысленные геообразы и ментальные геоизображения. Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2007, № 1. С. 8–12.
3. Линч К. Образ города. Пер. с англ.: Глазычев В. Л.; редактор: Иконников А.В. М.: Стройиздат. – 1982. – 328 с.

4. Митин И. И. Ментальные карты как инструмент комплексного культурно-географического исследования: анализ подходов. Географический вестник. 2018, №4 – С. 21-33.
5. Жуковская, Н. В. Введение в ГИС на основе QGIS: пособие. – Минск: БГУ, 2018. 131 с.
6. Данные Google Maps в формате shape-файлов. Google Maps [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.google.ru/maps/place/Верхний+город,+Минск>. Дата доступа: 25.03.2018.

УДК 528.9:004.94

ГИС-ИНСТРУМЕНТЫ В ИССЛЕДОВАНИИ СВЯЗЕЙ В ГЕОГРАФИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Н. В. Жуковская¹⁾, Е. В. Мейлук²⁾

1) Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, natazhuk@gmail.com

2) Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, lilitline@yandex.ru

В настоящей работе демонстрируются возможности использования ряда ГИС-инструментов для оценки пространственной взаимосвязей анализируемых показателей. Рассматриваются парный глобальный и локальный индексы Морана, вычисление коэффициента корреляции в скользящем окне, географически взвешенная регрессия. Для анализа используются инструменты, реализованные в программе GeoDa, ГИС ArcGIS и GRASS.

Ключевые слова: пространственные данные; индекс Морана; корреляция в скользящем окне; географически взвешенная регрессия; пространственная зависимость.

Одной из традиционных задач обработки данных при проведении географических исследований является выявление и описание взаимосвязей процессов и явлений. Такая задача чаще всего решается методами корреляционного и регрессионного анализа. Однако многие процессы происходят в географическом контексте, что определяет важное значение учета пространственной зависимости при анализе географически распределенных данных. В данной работе рассматриваются отдельные методы, позволяющие оценить и (или) проанализировать пространственные взаимосвязи переменных. В их числе парный индекс Морана, корреляция в скользящем окне, географически взвешенная регрессия.

В качестве исходных данных использовались результаты изучения хода температуры почвы на глубине 15 см в период с 23 мая по 24 июня 2019 года. Ключевой участок расположен в Барановичском районе и принадлежит фермерскому хозяйству «Фортуна». Почвенный покров однороден, сложен дерново-подзолистыми супесчаными почвами.

Цифровая модель рельефа (ЦМР) создана в результате обработки материалов аэрокосмической съемки Барановичского района. Конечное разрешение сетки раstra составило 10 метров.

Индекс Морана (Moran's I) является мерой пространственной автокорреляции и дает оценку статистической зависимости между значением показателя в данной точке пространства и значениями в соседнем окружении данной точки. Парный индекс Морана (bivariate Moran's I) представляет собой адаптированную для определения пространственной корреляции двух переменных форму индекса. Глобальный индекс Морана позволяет определить, имеется ли статистическая зависимость (пространственная автокорреляция) во всей совокупности, локальный – дает возможность показать пространственную картину явления [1].

Для оценки пространственной взаимосвязи между температурой почвы на глубине 10 см и морфометрическими показателями рельефа (абсолютная высота, уклон, экспозиция) был использован парный локальный индекс Морана. Расчеты проводились с помощью программы GeoDa [2].

Предварительный корреляционный анализ в большинстве случаев не выявил статистически значимых связей между анализируемыми показателями. Рассчитанный индекс Морана I указывает на пространственную зависимость температуры почвы на глубине 15 см (данные по состоянию на 17.05.19, 15.00) от абсолютной высоты и экспозиции рельефа (рисунок 1).

Установлено, что степень пространственной зависимости анализируемых данных изменяется в зависимости от времени суток и в течении вегетационного периода.

Также данный метод позволяет выявить статистически значимые кластеры (выбросы) с высокими и (или) низкими значениями анализируемых величин во входном классе объектов.

Следует отметить, что при вычислении индекса Морана не учитывается связь между параметрами непосредственно в точке наблюдения.

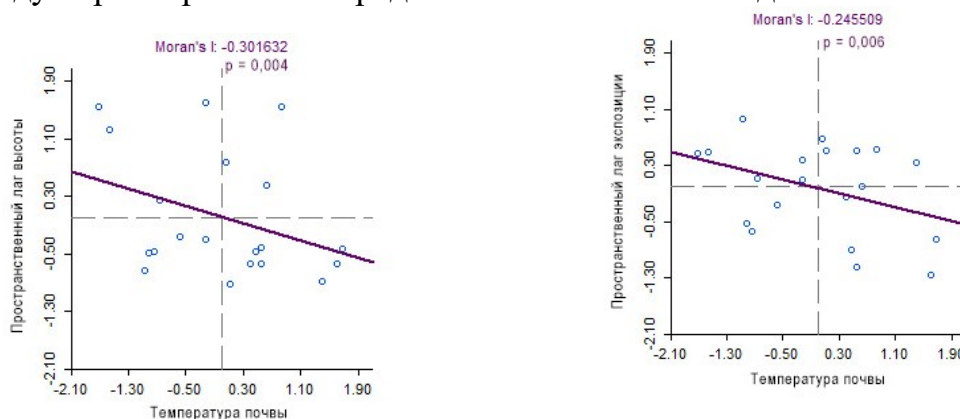


Рис. 1. Диаграмма рассеяния Морана

Оценить пространственную изменчивость взаимосвязи анализируемых параметров позволяет вычисление корреляции в скользящем окне [3]. Расчет коэффициента корреляции между двумя переменными, в качестве которых выступают значения ячеек растров выполняется в пределах выбранного окна, имеющего заданную форму и конечные размеры. Вычисление статистики для следующих ячеек происходит при перемещении окна слева направо на одну

ячейку до конца строки и далее аналогично сверху вниз. Вычисление корреляции в скользящем окне выполнялось с помощью инструмента *Moving window correlation* дополнительного набора инструментов *Topography Tools for ArcGIS 10.3*.

На рисунке 2 представлен результат вычисления локальной корреляции между температурой почвы на глубине 15 см и абсолютной высотой. Анализ значений коэффициентов корреляции по площади дает возможность выделить области наличия и отсутствия корреляции между признаками что может быть эффективно использовано при изучении температурного и других режимов почвы.

Создаваемое поле корреляции в значительной степени зависит от размера и формы скользящего окна и метода интерполяции в случае моделирования исходных растров.

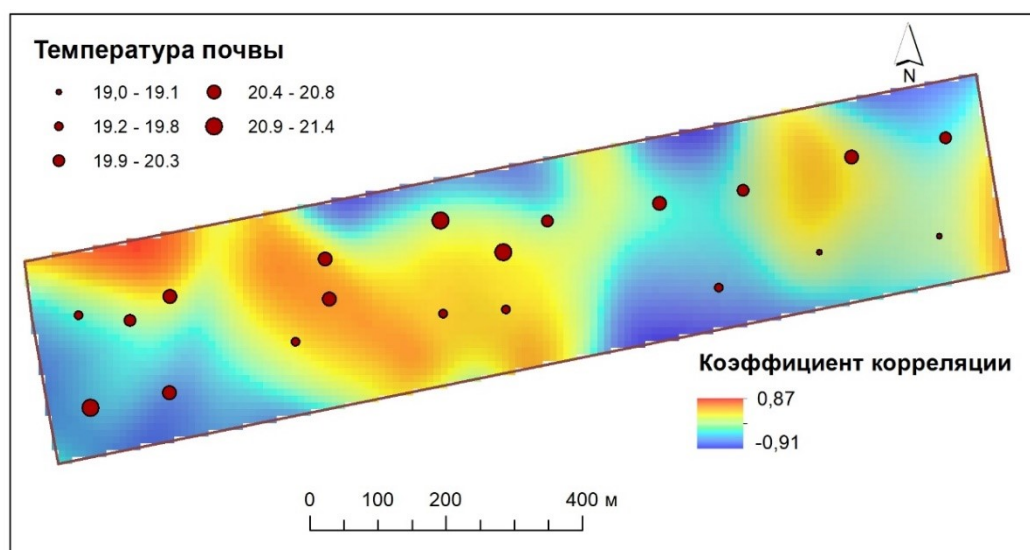


Рис. 2. Локальная корреляция между температурой почвы на глубине 15 см и высотой

Географически взвешенная регрессия [4–5] может интерпретироваться как частный случай регрессионных моделей с переменной структурой. Коэффициенты модели пересматриваются непрерывно, оптимально учитывая количество объектов и степень их взаимодействия в зоне обследования. Метод позволяет выявить и измерить взаимосвязи, которые варьируют в пространстве.

Построение регрессионной модели зависимости температуры почвы от анализируемых показателей выполнено с помощью реализованного в ГИС ArcGIS инструмента *Географически взвешенная регрессия*. В качестве независимых использовались переменные температура воздуха и экспозиция склона, характеризующиеся высокой корреляцией с показателем температуры почвы. Коэффициент детерминации $R^2 = 0,98$.

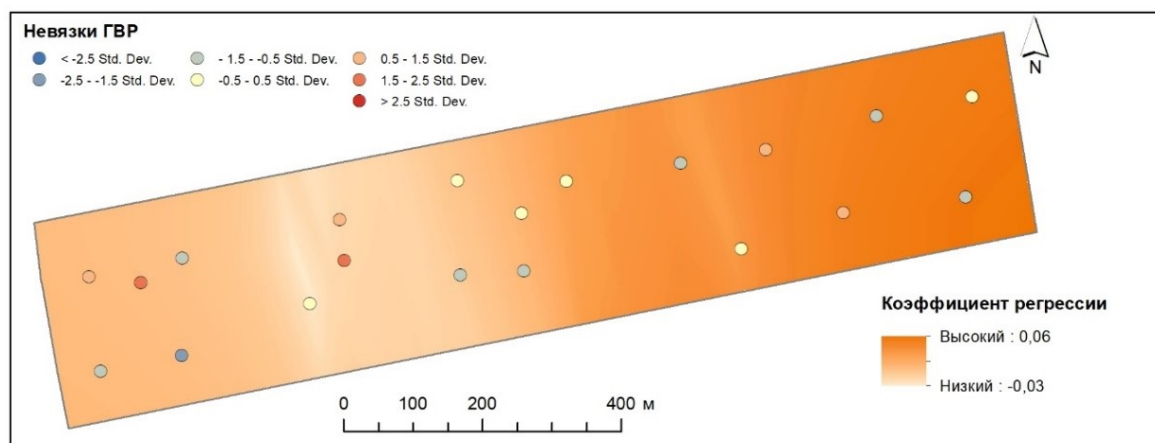


Рис. 3. Пространственное варьирование коэффициента регрессии при переменной «экспозиция склона»

На рисунке 3 представлено пространственное варьирование коэффициента регрессии при переменной «экспозиция склона». Коэффициенты регрессии описывают степень и характер влияния, которое оказывают исходные переменные на зависимую [5].

При анализе пространственных данных в большинстве случаев важна именно их география. Кроме того, географические данные гораздо чаще чем непространственные автокоррелированы. Указанные особенности и определяют преимущественное использование локальных методов при анализе пространственных данных.

Библиографические ссылки

1. Anselin L. Local Indicators of Spatial Association – LISA. Geographical Analysis. 1995. V. 27. P. 93–115.
2. Anselin L., Syabri I., Kho Y. GeoDa: An Introduction to Spatial Data Analysis. Geographical Analysis. 2006. №38. P. 5–22.
3. Lloyd C. D. Local models for spatial analysis. Boca Raton: CRC Press Inc., 2010. – 352 p
4. Fotheringham A.S., Brunsdon C., Charlton M. Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships. – Chichester: Wiley, 2002.– 280 p.
5. Серебрянная О.Л. Регрессионный анализ пространственных данных помогает ответить на вопрос «ПОЧЕМУ?» ArcReview [Электронный ресурс]. 2012. № 4.
6. Anselin L. 1995. Local Indicators of Spatial Association – LISA. Geographical Analysis. V. 27. P. 93–115.

РАЗРАБОТКА СЕТИ МОНИТОРИНГА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА С ПОМОЩЬЮ ИНСТРУМЕНТОВ ГЕОСТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГАУССА

А. Л. Киндеев ¹⁾, А. А. Сазонов ²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, AKindееv@tut.by

²⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
alexey.szonov@gmail.com

В статье отражены результаты исследования, направленного на разработку объективной методики создания сети мониторинга почвенного покрова для целей точного и адаптивно-ландшафтного земледелия на примере содержания подвижного фосфора на опытном участке, базирующуюся на геостатистическом подходе и стохастическом моделировании

Ключевые слова: почвенный покров; геостатистика; стохастическое моделирование; сеть мониторинга

Введение. Первым, и, несомненно, наиболее важным этапом в исследованиях, направленных на изучение почвенного покрова, является отбор почвенных образцов на закладываемых участках, при котором возникает закономерный вопрос – «какой шаг (лаг) использовать между точками пробоотбора?».

В Республике Беларусь при агрохимических обследованиях поля делятся на рабочие участки, размеры которых составляют от 3 до 15 га при среднем размере около 10 га, с которых в ходе полевых работ отбирается смешанный образец, из 35–50 уколов почвы общим весом не более 0,6 кг [1]. При изучении неоднородности почвенного покрова на локальном уровне такой подход не приемлем.

Также данная методика не подходит и в прикладном значении при адаптивно-ландшафтном и «точном земледелии», для которых характерна оценка пространственно-временной неоднородности сельскохозяйственных земель, а стратегия их применения ориентирована на адаптацию системы хозяйствования к пространственной неоднородности конкретных полей [2, 3].

Для достижения этих целей необходимо постоянное обеспечение аграрно-промышленного комплекса новыми эффективными адаптированными ресурсосберегающими технологиями и методиками, направленными на охрану агроландшафтов от деградаций и повышение продуктивности агроценозов [4].

В ходе изучения работ, направленных на разработку методик пробоотбора [5-8] было определено, что минимальным количеством проб при введении систем точного земледелия, можно считать 3 образца на 1 га. Однако, эта цифра, определена как «наиболее честно встречающаяся» и является субъективной. В свою очередь, методика построения картограмм агрохимических свойств опытных участков, основанная на геостатистическом подходе, предполагает наличие как минимум 50 точек пробоотбора [9-11] для построения математических моделей (вариограмм).

Поэтому становится актуальным вопрос о разработке объективной методики пробоотбора, которая будет основываться на репрезентативных факторах, влияющих на распределение почвенных свойств. Целью нашей статьи является демонстрация одного из возможных решений поставленной задачи, базирующегося на использовании геостатистики и стохастического моделирования.

Для этого был заложен опытный участок на пашне вблизи г. Минска площадью 25,2 га, с которого были отобраны 66 образцов по случайной сетке пробоотбора и получены данные о содержании фосфора. На всей обследованной территории преобладают дерново-подзолистые почвы, исключением является небольшой массив (0,39 га) окультуренных торфяно-болотных почв в центральной части участка.

Основная часть. В ходе геостатистической обработки полученные значения прошли первичную статистическую обработку, в ходе которой было выявлено превышающее пороговое значения эксцесса более чем 3 раза и правосторонняя асимметричность, что говорит о необходимости преобразования данных. Анализ глобальных трендов показал наличие анизотропии, описываемой полиномом 1-ого порядков, что говорит о детерминированной составляющей в общей неоднородности показателя, которая была удалена при подборе математической модели (вариограммы) и автоматически будет учтена при построении итоговых картограмм. В ходе вариограммного анализа была выбрана экспоненциальная модель, которая наилучшим образом описывает пространственную неоднородность фосфора на исследуемом участке.

Далее предполагается использование геостатистического моделирования Гаусса с помощью которого были получены картограммы, представленные на рисунке 1.

Сравнивая картограмму средних значений с двумя вариантами реализаций, в которых отсутствует эффект сглаживания значений, что присуще всем видам кригинга, можно заметить существенные различия, которые заключаются в сохранении исходной неоднородности распределения фосфора в двух вариантах реализаций.

Согласно картограмме среднеквадратических значений, выделяется северная часть участка, где расхождения от средних величин составляет более 28 мг/кг и исходя из этих картограмм можно определить, как минимум две зоны «управления» для содержания фосфора. Южная половина участка, где поле относительно однородно и исходное число наблюдений можно считать оптимальным для учета неоднородности и северная – где явно прослеживается увеличение внутренних процессов варьирования и необходимо укрупнение сети пробоотбора.

Таким образом картограммы среднеквадратического отклонения могут являться репрезентативными средствами для разработки сетей мониторинга или определения «горячих» зон, где необходимо установить точки пробоотбора. Таким образом для фосфора необходимо укрупнение сетки пробоотбора практически на 50 % участка.

При размере участка 25,2 га и имеющимся перепаде высот, предлагается смоделировать сеть мониторинга, состоящую из 100 точек. Для этого мы сгенерируем 200 точек (в 2 раза больше необходимого) при помощи первого инструмента с учетом среднеквадратического отклонения (рисунок 2).

Как видно из рисунка, на первой картограмме точки приурочены к местам высоких значений среднеквадратического отклонения, однако при этом совершенно не учитывается расстояние между ними. С практической точки зрения является не рациональным, а со стороны геостатистической методики – может привести к появлению пространственных кластеров, которые будут нарушать гипотезу стационарности данных.

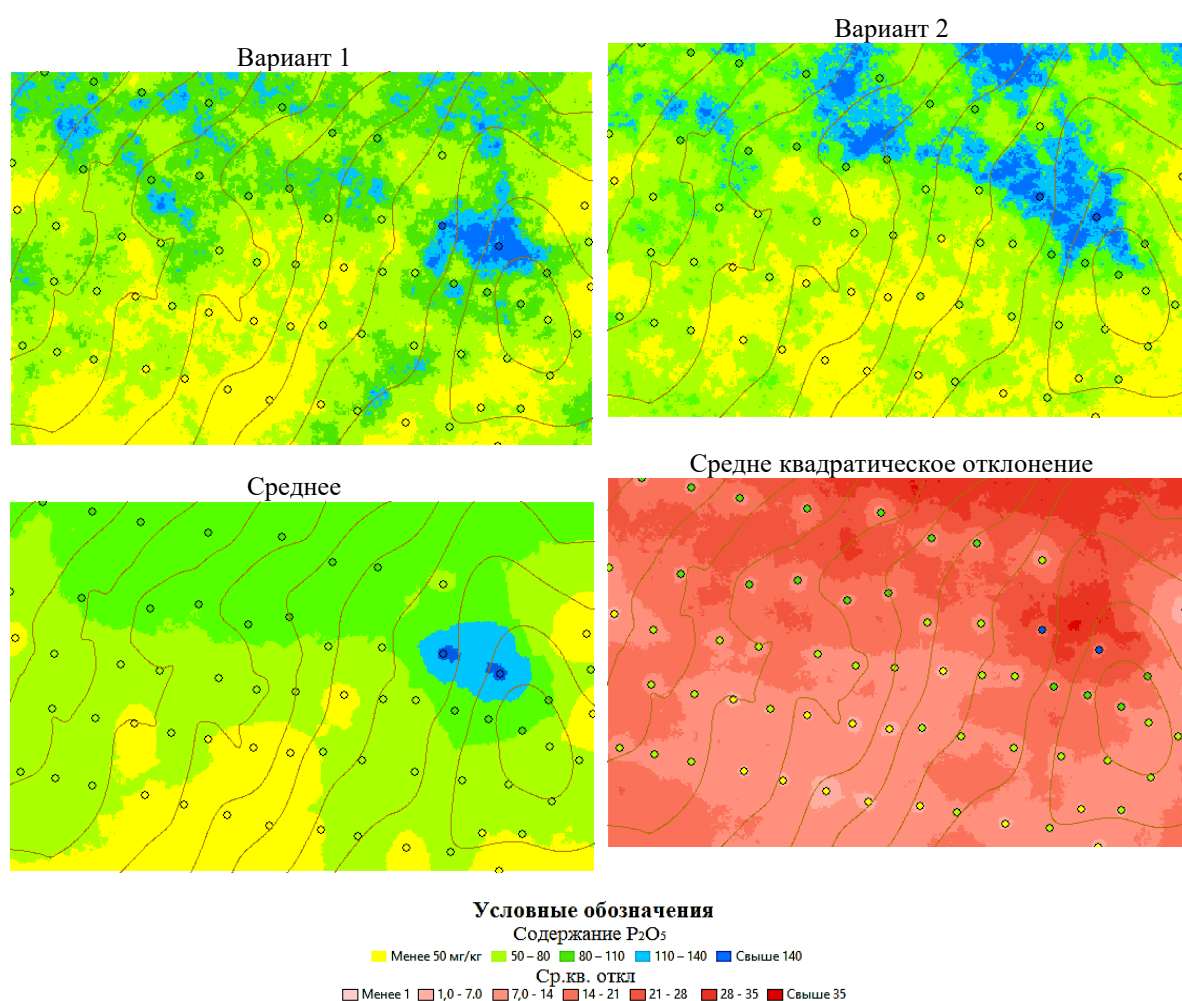


Рис. 1. Стохастическое моделирования фосфора почвенного покрова опытного участка.

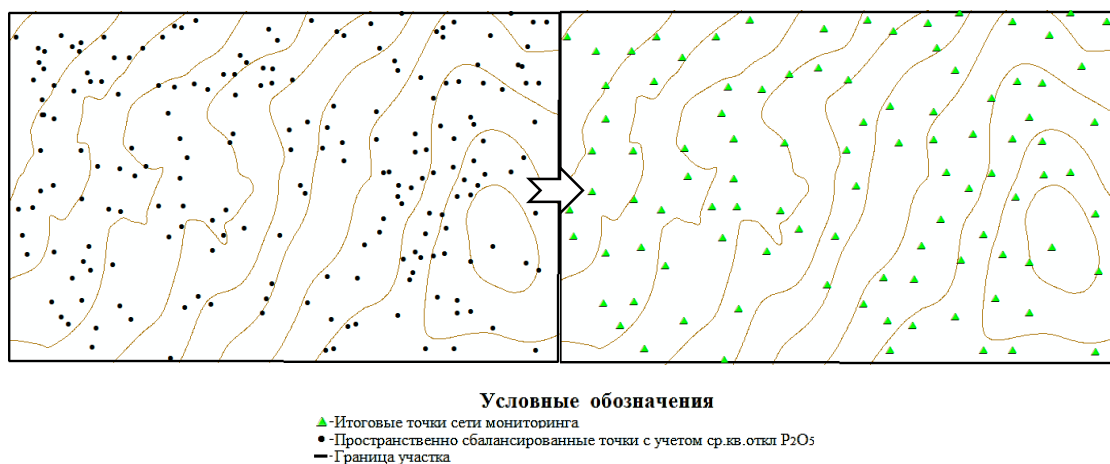


Рис. 2. Построение сети мониторинга опытного участка на основании стохастического моделирования пространственного распределения фосфора.

Для уточнения местонахождений пунктов пробоотбора используется инструмент «Уплотнить сеть выборки» в ArcToolbox Geostatistical Analyst, с помощью которого мы генерируем 100 необходимых точек. Полученная итоговая сеть мониторинга учитывает такие параметры, как абсолютные значения показателя (картограмма фосфора), местонахождение исходных опорных точек, установленный в результате подбора вариограммы лаг (33м), а также среднеквадратическое отклонение.

Заключение. Пространственное распределение фосфора в общем смысле носит линейный характер (тренд 1-ого порядка выражается через линейную функцию) и характеризуется оптимальными значениями (80 – 140 мг/кг) в южной части участка и низкими (менее 80 мг/кг) в более удаленной – северной. При детальном рассмотрении вариабельности содержания фосфора методами стохастического моделирования была выявлена значительная пестрота по всей территории и значительными ошибками неопределенности в южной части участка.

Стохастическое моделирование, кроме картограмм абсолютных значений, позволяет создать ряд растровых моделей, на основании которых мы можем как оценить достоверность вариограмм, так и сделать ряд практических рекомендаций для оптимизации с/х деятельность на данном участке. В первую очередь, в совокупности с вариограммный анализом, моделирование среднеквадратических ошибок позволило разработать обоснованную сеть точек пробоотбора для дальнейшего мониторинга участка.

Библиографические ссылки

1. Богдевич И. М. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: методические указания. Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. 48 с.
2. Березин, Л. В. Инновационные технологии в почвоведении, агрохимии и экологии (Современные проблемы и инновации в почвоведении): учеб. пособие. М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Ом. гос. аграр. ун-т. 2012. 200 с.

3. Якушев В. В. Информационно-технологические основы прецизионного производства растениеводческой продукции: Автореф. дис. ... канд. с/х. наук. СПб., 2013. 50 с.
4. Разработать геоинформационную базу пространственных информационно-аналитических данных, отражающих устойчивость различных типов земель агроландшафтов к техногенному воздействию: отчет о НИР (заключ.). Ин-т почвоведения и агрохимии: рук. Клебанович Н.В. Минск, 2019. № ГР 20171089
5. Ferguson, R.B. Educational resources for precision agriculture. Precision Agriculture, 2002. Vol. 3. P.359–371.
6. Wu Y. H., Hung M. C., Patton J. Assessment and visualization of spatial interpolation of soil pH values in farmland. Precision Agriculture, 2013. Vol 14. P. 565–585
7. Waitz Y. From microsite selection to population spatial distribution: Pinus halepensis colonization in mediterranean-type ecosystems. Plant Ecology, 2015. Vol. 216, No. 9. P. 1311–1324
8. Fu W. Outlier identification of soil phosphorus and its implication for spatial structure modeling. Precision Agriculture, 2016. Vol 17 No. 2. P 121–136
9. Webster R, Oliver M. A. Sample adequately to estimate variograms of soil properties. Journal of Soil Science, 1992. Vol. 43. P. 117–192.
10. Lark R. M. Estimating variograms of soil properties by the method-of-moments and maximum likelihood. European Journal of Soil Science, December 2000, Vol. 51. P. 717–728
11. Kerry R., Oliver V. A., Frogbrook, Z. L. Sampling in Precision Agriculture. Geostatistical Applications for Precision Agriculture, Springer Science+Business Media B. V., 2010. P. 3564.

УДК 91:004

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА «НАЛИБОКСКИЙ»

С. В. Наливайко ¹⁾, О. М. Ковалевская ²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
sr.nevercatch@gmail.com

²⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
kovalevskaya-o@mail.ru

Проанализированы изменения пространственного расположения гидрологических объектов республиканского ландшафтного заказника «Налибокский» во времени, представлены особенности применения ГИС-методов при картографировании водоемов и водотоков и методика создания баз гидрографических данных.

Ключевые слова: географические информационные системы; базы геоданных; растровые модели геоданных; векторные модели геоданных; динамика пространственного размещения.

Введение. Водные объекты – это как природные, так и преобразованные или созданные руками человека водоемы и водотоки, которые отражают историю освоения территории нашей страны. В ходе хозяйственного преобразования произошло антропогенное изменение первичных водных комплексов, на месте которых сформировались специфические водохозяйственные и ландшафтно-исторические районы, где природные объекты гармонично сочетаются с рукотворными объектами различных исторических периодов.

Применению ГИС при исторической реконструкции и картографировании водных объектов посвящен целый ряд публикаций отечественных и зарубежных авторов. В работах Владимирова В.Н., Калинина В.Г., Пьянкова С.В., Низовцева В.А., Белеванцева В.Г., Чендева Ю.Г., Курловича Д.М., Z. Engi, G. Tóth, F. Steinman, M. Braun и других рассматриваются различные аспекты применения ГИС при решении теоретических и прикладных гидрологических задач.

Налибокская пуца – это уникальный природный комплекс, имеющий огромную научно-исследовательскую, геоэкологическую, историко-культурную и туристско-рекреационную ценность. Здесь сохранились в естественном состоянии лесные биоценозы, болотные и суходольные экосистемы. Вместе с тем земли заказника развивались в условиях не только масштабного мелиоративного изменения компонентов ландшафта, но и восстановления коренных лесных болотных массивов.

Основная часть. Исследование изменений пространственного положения гидрологических объектов сопряжено с рядом сложностей, например, неполной и хаотичной картографической информацией, коротких рядов гидрологических данных, недокументированных антропогенных вмешательств в русло реки.

Хотя ГИС часто рассматривается в качестве инструмента картографирования, их лучше всего рассматривать и как систему создания и управления базами данных. Уникальность базы данных ГИС заключается в том, что для каждого элемента данных хранится местоположение, которое принимает любую из различных форм: точка, линия, полигон, представляющий область или зону, или, в случае растровой системы, пиксель. Кроме того, ГИС может мгновенно отображать на экране распределение любой переменной или комбинации переменных в любом из выбранных форматов местоположения. Это электронное отображение информации становится аналитическим инструментом, преобразуя картографирование в динамический исследовательский процесс [1].

В качестве картографических источников для анализа динамики пространственного расположения водных объектов были проанализированы военно-топографические карты XIX века (трехверстовки Шуберта) [2], немецкие карты 1916–1917 гг. [3], карты Военного географического института Польши 1924 г. [4], топографические карты Генерального штаба РККА 1939–1940 г. [5], топографические карты Генерального штаба СССР 1978–1986 гг.

[6], ГИС-основа OpenStreetMap (современное состояние) [7]. В ходе выполнения работы на основе приложения ГИС ArcGIS 10.4 – ArcCatalog была разработана структура базы географических данных (далее БГД) и реализована в виде файловой базы геоданных «Водные_объекты_НП.gdb», которая включает 4 набора классов пространственных объектов и 22 набора растровых данных.

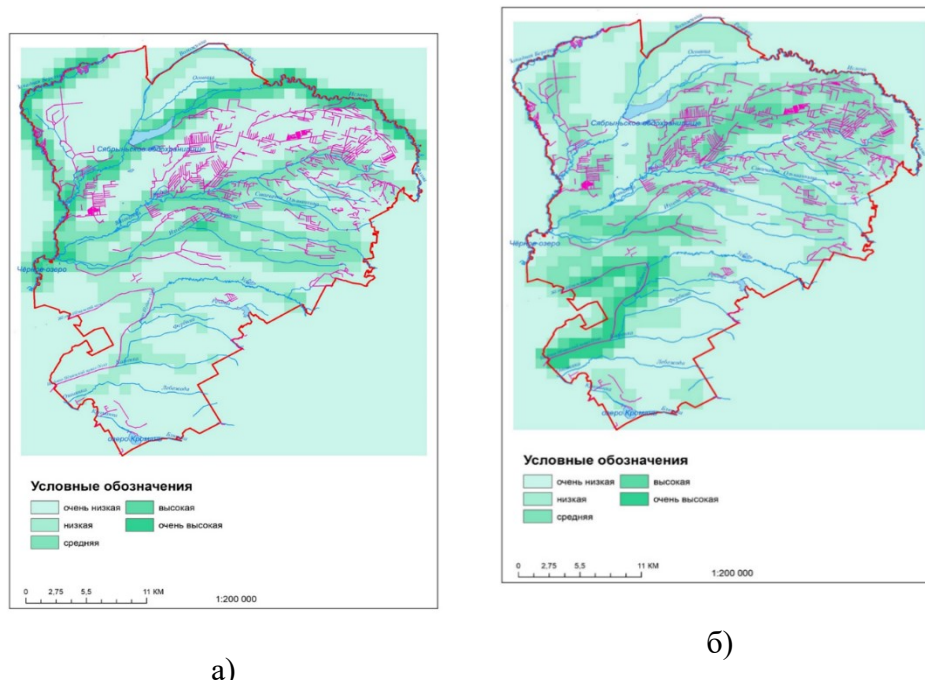


Рис. 1. Временная динамика густоты речной сети (а) и сети каналов (б) заказника «Налибокский» за период 1917–2019 гг. по среднегодовым данным

Выявление динамики пространственного положения водных объектов осуществлялось картометрическим методом. В связи с невозможностью отследить изменение местоположения каждого конкретного объекта было принято решение перейти к относительным показателям, отражающим распределение объектов по площади. При этом при опробовании методики выяснилось, что имеющиеся данные не позволяют анализировать динамику озёр, водохранилищ и прудов, т.к. получаемые результаты не выходят за рамки статистической погрешности. Поэтому анализ проводился только для линейных объектов. За основу расчётов принята длина водотоков на единицу площади. Для расчёта густоты водотоков была построена регулярная сетка 1×1 км соответственно масштабу (1:100 000). При помощи инструмента ArcToolBox/Spatial Analyst/Плотность линий, были построены растровые модели, отражающие густоту размещения водотоков за каждый временной срез. После построения растровых моделей густоты размещения был проанализирован весь массив полученных значений. Варьирование значений рассчитанного параметра в отдельных ячейках для рек составило от 4 630 м/км² (2019 г.) до 85 530 (1940 г.), а для каналов – от 340 (1917 г.) до 20 282 (1986 г.).

Для получения интегральной оценки изменения данного параметра было принято решение о переходе к балльной шкале, что позволило унифицировать

полученные значения и учитывать степень проявления параметра для каждой ячейки в определенный временной срез. Значения были распределены по группам, а группам значений был присвоен соответствующий балл. Операция по присвоению баллов осуществлена при помощи инструмента Spatial Analyst/Переклассификация. Для интегральной оценки динамики местоположения гидрологических объектов была построена модель, отражающая средние значения за исследуемый период. Данный параметр был рассчитан с использованием инструмента «Калькулятор растров», а результаты классифицированы на 5 групп. В результате была построена картограмма, на которой выделяются территории с различной степенью выраженности динамики пространственного расположения объектов: очень низкой, низкой, средней, высокой и очень высокой (рисунок 1).

Закключение. Территория Налибокской пуши в разное время подвергалась природно-антропогенным преобразованиям. Выполненный в среде ГИС картометрический анализ гидрологических объектов позволил не только выделить основные особенности пространственной и временной динамики размещения гидрологических объектов, но и выявить закономерности их проявления. Активные гидротехнические и гидромелиоративные работы привели к значительной динамике гидрологических объектов: изменилось пространственное расположение некоторых из них, изменились их метрические и геометрические свойства, появились новые объекты. В результате исследования выявлено, что до 1917 г. русла рек находились преимущественно в естественном состоянии, и смещения русел происходили в основном под влиянием меандрирования. Например, р. Зап. Березина постоянно меняла свое местоположение на местности за счет меандрирования, бифуркации русла и др. Антропогенное преобразование водотоков началось с 1924 г. со строительства каналов. Максимальная антропогенная преобразованность водных объектов зафиксирована в 1986 г. – русла рек спрямлены на значительном протяжении. Одновременно с ходом природных и антропогенных процессов, влияющих на положение рек, в историческом времени происходила трансформация их гидронимов. В настоящее время мелиоративная сеть не обновляется, что приводит к восстановлению характерных природных ландшафтов.

ГИС-реконструкция водных объектов Налибокской пуши позволила в динамике проследить изменения гидрографической сети региона под влиянием природно-антропогенных воздействий. Таким образом, геоинформационные системы являются современным высокотехнологичным инструментом обобщения картографической и пространственной информации, а также различных цифровых баз данных. Они позволяют систематизировать накопленную информацию и создавать разнообразные тематические исторические и географические карты с учетом результатов научных исследований. ГИС предоставляют возможность сопоставлять карты с отраслевыми базами данных и реконструировать исторические и географические процессы и их развитие в пространстве и времени.

Библиографические ссылки

1. Donald A. DeBats, Ian N. Gregory Introduction to Historical GIS and the Study of Urban History. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/236773098_Introduction_to_Historical_GIS_and_the_Study_of_Urban_History – Дата доступа: 14.03.2019.
2. Военно-топографическая карта Российской Империи. Трехверстовка./ [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.etomesto.ru/shubert. Дата доступа: 24.02.2018
3. Немецкая километровка Беларуси 1892-1921 года. / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://metalaposhuk.by/nemeckaja-kilometrovka-belarusi-1892-1921-goda>. Дата доступа: 24.03.2019
4. Archiwum Map Wojskowego Instytutu Geograficznego 1919–1939 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://english.mapywig.org/viewpage.php?page_id=7. Дата доступа: 09.03.2019
5. Index of /m/Russian_and_Soviet_maps/series/100K/ [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://maps.mapywig.org/m/Russian_and_Soviet_maps/series/100K/. Дата доступа: 29.03.2019
6. Топографические карты 1:100000 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://maps.vlasenko.net/soviet-military-topographic-map/map100k.html>. Дата доступа: 22.04.2019
7. Download OpenStreetMap data for this region: Europe/ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://download.geofabrik.de/europe.html>. Дата доступа: 14.03.2019.

УДК 553.97:528.8

ОПЫТ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ РЕАБИЛИТИРУЕМЫХ ТОРФЯНИКОВ ПО ДДЗ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

З. А. Ничипорович¹⁾, В. С. Микуцкий²⁾

¹⁾ ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», г. Минск, Беларусь,
nichiporovich_z@mail.ru

²⁾ ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси», г. Минск, m-vs@tut.by

Представлены результаты апробации работоспособности специализированных программных средств распознавания и классификации индикаторных растительных биотопов реабилитируемых торфяников по их спектральным характеристикам с использованием аэрокосмоснимков высокого и сверхвысокого разрешения

Ключевые слова: специальные программные средства; данные дистанционного зондирования; торфяники; индикаторные растительные биотопы; спектральная яркость; классификация.

Введение. В настоящее время в Беларуси площадь реабилитируемых путем обводнения нарушенных торфяников составляет около 52 тыс. га. Анализ состояния и динамики пространственно-временных изменений этих территорий имеет важнейшее значение для оценки эффективности их восстановления

с целью сохранения природного биоразнообразия и снижения негативного влияния на климат от выбросов парниковых газов.

Вследствие специфической особенности заболачиваемых территорий, обусловленной многообразием растительного покрова, традиционные, базирующиеся на наземном обследовании методы недостаточно точны и оперативны, являются дорогостоящими, что делает их использование не целесообразным.

Одним из аспектов решения этой проблемы является разработка специальных программных средств (ПС) автоматизированного распознавания и классификации индикаторных биотопов торфяников на основе разновременных спектрально-аналитических данных дистанционного зондирования (ДДЗ), которые могут обеспечить, как показала практика, контроль пространственно-временной динамики растительности [1–4].

Методика. С использованием аппарата построителя моделей Model-Builder в рамках интегрированной среды ArcGIS 10.0 создана программа классификации растров. Программа функционирует в ОС Windows различных версий. Функциональность данной реализации протестирована в среде 32-разрядной ОС Windows 7 с 4 Гб оперативной памяти и двухъядерным процессором DualCore AMD Athlon II X2 250, 2854 MHz (15 x 190).

Исходные ДДЗ высокого и сверхвысокого разрешения включали: Ikonos (США), БКА (Беларусь), аэрофотосъемка (0,3 м). Геопространственная привязка осуществлялась в системе WGS–84. Обработка изображений осуществлялась с использованием специализированного программного обеспечения ERDAS Imagine и его базовых средств.

Обсуждение результатов. На рисунке 1 представлены результаты автоматизированной классификации по 8-ми индикаторным биотопам в ИК канале: показаны классифицированные растры и диапазоны значений яркости.

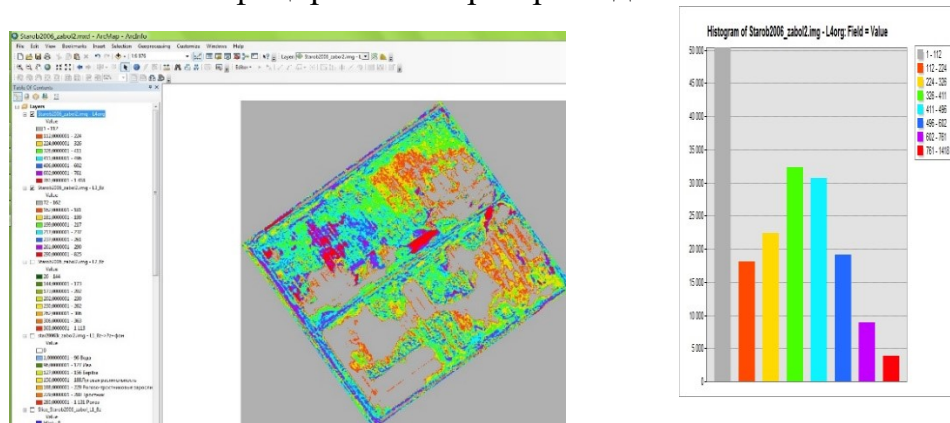


Рис. 1. Классифицированные растры в ИК канале Ikonos. Результаты распознавания и классификации индикаторных биотопов

В основу разработки ПС была положена зависимость спектральной яркости космоснимка и индикаторной растительности болото образовательных процессов. Выборка включала восемь биотопов: вода, ива, ива под водой, бе-

реза, лугово-болотная растительность, рогозо-тростниковые заросли, тростник, рогоз. Получены спектральные яркости в четырех каналах видимого и ближнего инфракрасного (ИК) диапазонов космоснимков, наиболее точно интерпретируемым для распознавания определен ИК канал, максимально позволяющий разделить индикаторы по спектральной яркости.

Верификация результатов классификации ПС была апробирована на основе независимой классификации аэрофотоизображения сверхвысокого разрешения (0,3 м) и натурного соответствия эталонных площадок Старобинского полигона; была получена однозначная сходимость видового состава растительности.

Получена оценка динамики эталонного участка Старобинского полигона за 9 –летний период с 2006 по 2015 годы по шести классам: 1 –открытые водные акватории, 2 – ива, 3 – береза, 4 – лугово-болотная растительность, рогозо-тростниковые заросли, рогоз. Установлено, что площадь рогоза и рогозо-тростниковых зарослей возросла на 23,4% (рисунок 2), что свидетельствует о развитии болото образовательных процессов.

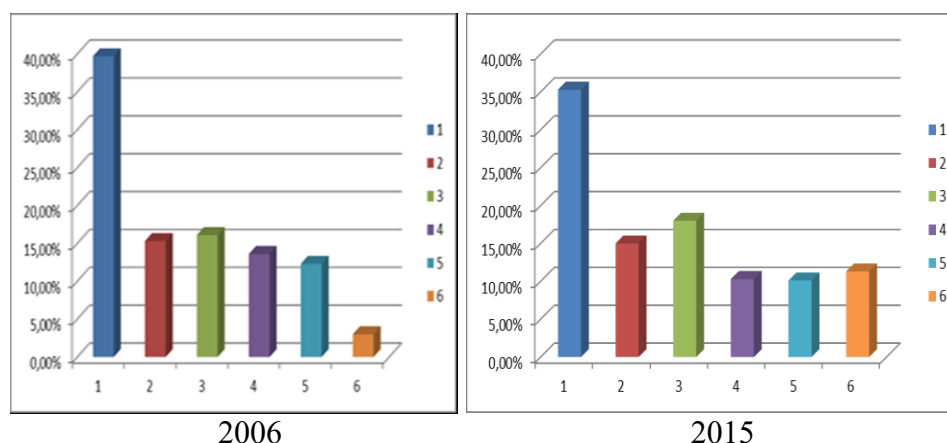


Рис. 2. Динамика площадного распределения индикаторных биотопов за период 2006–2015 годы

Испытания работоспособности ПС проводились в соответствии с «Программой и методикой испытаний ПС распознавания и классификации торфяников» в рамках проекта «Разработать экспериментальную геоинформационную систему (ГИС) спутникового мониторинга болот с целью их охраны и восстановления в условиях интенсивного антропогенного воздействия» по программе Союзного государства «Мониторинг–СГ» (2013–2017).

Заключение. Предложенные ПС автоматизированного распознавания и классификации растительного покрова позволят решать задачи сезонной и многолетней пространственно-временной динамики реабилитируемых торфяников, их картирования, визуализации и представления более точной, детальной и оперативной тематической информации в интересах потребителя.

Дальнейшее развитие предложенных подходов позволит в перспективе создать функциональную автоматизированную систему как инструментария по контролю и управлению нарушенными торфяниками на основе космических ГИС технологий.

Библиографические ссылки

1. Ничипорович З. А., Радевич Е. А. Создание сети калибровочно-эталонных участков как первый этап в решении задач спутникового мониторинга нарушенных торфяных месторождений Беларуси (на примере Гричино-Старобинского полигона). Мелиорация. 2012. С. 89–94.
2. Ничипорович З. А., Ракович В. А., Каждан Е. Н. Дистанционная диагностика состояния и динамики повторно заболачиваемых выработанных торфяных месторождений. Природопользование. 2013. № 23. С. 94–99.
3. Nichiporovich Z. A., Radevich E. A. Experience with mapping of bog ecosystems based on remotely sensed spectral data. Journal of Applied Spectroscopy. 2013. Vol. 79. № 6. P. 944–948.
4. Ничипорович З. А., Ананич Ю. В. Опыт использования спутниковых данных для ГИС картирования нарушенных торфяников. Природные ресурсы. 2017. № 2. С. 124–131.

UDC 528.35

AT THE INTERSECTION OF EMOTIONS AND CARTOGRAPHY – EMOTIONAL CARTOGRAPHIES

N. Marković¹⁾

¹⁾ The Institute of Heritage Sciences – Incipit, The Spanish National Research Council. Santiago de Compostela, Spain, nevena.markovic@incipit.csic.es

Triggered by “unseen”, “invisible”, or “silent” *emotionalscapes*, the representation of “immateriality” as material, the paper looks at theories, practices and meanings, the correlation between “emotional” and “spatial”. How landscape-rooted affective elements can be (non) spatially represented? What are contribution and limitations of “Emotional Mapping” as a tool? How can we use experimental mapping techniques to map-out subjective “emotions” to the tangible, and how or to what extent qualitative data can be converted into a “standardized” spatial language? The paper argues for a mixed-methods approach, relying on sensory and participatory ethnographic techniques, bringing together Non-Quantitative GIS and the “conventional” one.

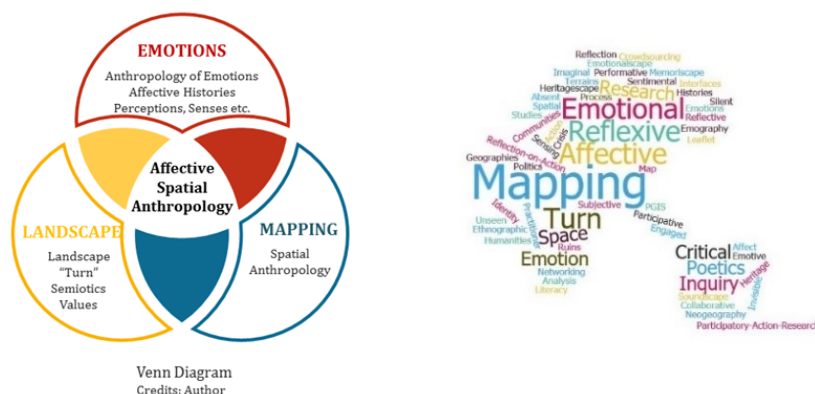
Key words: Emotional cartographies; emotional geographies; affective spatial humanities; experimental mapping; qualitative GIS.

“Emotional Cartographies”: An additional concept in Cartography

Although emotions have become the subject of cultural studies among geographers and the geospatial technologies have acquired more humanized characteristics (Pickles, 1995), such as mapping feelings (Pocock, D. 1984) and emotional responses to space (Gartner, 2012), cartography still faces challenges in terms of collection and representation of emotions (Griffin & McQuoid, 2012). The landscape inquiry has also gone beyond “visible” landscape, introducing new conceptual models. The landscape is a palimpsest, way of seeing, discursive, enacted, and embodied. It is characterized by deliberate narratives – stories of survival, power, identity, memories (Spirn, 2013), thus emotions. “Landscape Literacy” entails both understanding the world and transforming it (Spirn, 2013). The concept of 'Emo-

tional Geographies' has been adopted by geographers as 'a concern with the spatiality and temporality of emotions' (Davidson J, 2007). Emotions have been acknowledged not as individualized, but as intersubjective – social and cultural. As such, “turned” by the affective topographic elements, “Emotional Mapping” goes beyond the georeferenced emotional states in a certain geographic area. Therefore, emotional maps are not only about emotions, but also about experiences, perceptions of the space, memories and identities. This reflexive and participatory methodology combines technology, science and art, theory and practice, and, as Nold argues, enables “Reflection-In-Action”, and new social relations. The most significant aspect of Emotional Cartography is the way it creates a tangible vision of places, as a dense multiplicity of personal sensations, which people are not normally aware of (Nold, 2009). Such cartography, by quitting the topographic metrics (*topos*), provides maps that can achieve political and social goals, such as local participatory planning. (Casti, 2013). Further to new psychology-based approaches to affect and emotion, and how maps make us feel (Griffin & McQuoid, 2012), alternative approaches from cartography, social theory and art help to reflect on how maps are meaningful. In such scholarship environment, the co-creation of “Emotional Mapping” has a strong innovative potential by drawing on “Emotional Cartography” techniques, in exploring the ways in which emotional responses might be captured, represented, and analyzed. Nevertheless, the main challenge is the ambiguity of the Emotional Cartographies – the intersection of emotions and cartography, hence challenges of dealing with knowledges that cannot be easily converted in maps in a conventional way (Sheppard, 2001).

Fig.1. Venn Diagram and Word Cloud: Theoretical/Conceptual Framework for “Emotional



Cartographies”. [Author]

The paper rethinks the emerging field of ‘Emotional Cartographies’ in the era of various “Turns”: How “Emotional Cartography” has been linking Spatial, Affective, Participatory, Critical and Digital “Turns”? Have these “Turns” provided new research models? The current research draws on three datasets: first, a Corpus of “Emotional Cartographies” – emotional mapping projects; second, ethnographic data on two emotionalscapes in Greece (Gonies on Crete, Konitsa in Northern Epirus); and, third, The Glossary of Emotional Mapping terms and concepts.

“The State of Practice”: Mapping Process, Representation and Semantics. “Emotional Mapping” practices are analysed on the example of the Inventory of Emotional Cartographies. This stage questions mapping as a collaborative and/or participatory process, experimental mapping techniques, the techniques of representations and terminology used.

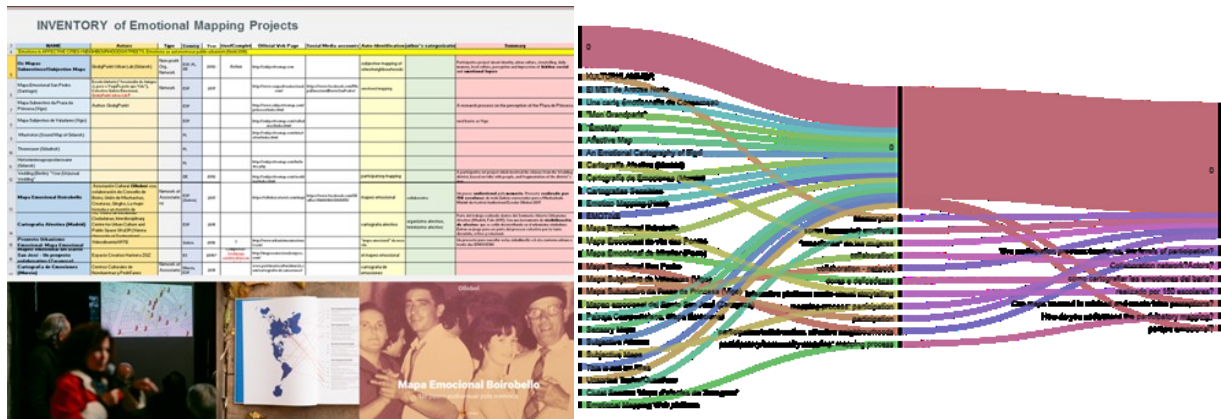


Fig.2. The Inventory of Emotional Mapping Projects; Alluvial Diagram: Questions for the informants [Author]

Emotional Mapping: A Mixed-Methods Approach. With the aim of studying spatial practices, the paper methodologically approaches maps as an accumulation of multi-layered stories (Wood, 2012). It thus uses mainly sensory and spatial ethnographic methods to map affective places (*emotionalscapes*) and its layers of time, history and materiality – observation, interviews, Walking Methodologies ("walk-along" interviews; sensory and sensobiographic walks; and strata-walks).

1. Collecting and Sensing “Emotional” Data



Fig.3. Doing ethnographic observation (Santiago de Compostela, June 2018); Ethnographic notes(diary) and material from informants (Konitsa, July 2018) [Author]

«It was some kind of secret path, starting from the Hrysona (gr. *Χρυσοῦνα*), according to the old books.»

«From [village] Milopotamos (gr. *Μυλοπόταμος*) people used to walk by foot. There was an old road (gr. *παλιόδρομο*) starting from the new bridge, passing through Minoa (gr. *Δῆμο Μινῶα*). We were walking followed by sheep. There were [at the time] thousands of sheep. It took us 20-25 days [to complete the journey]. The road was so crowded... now there is no one! There were Livadiotes (gr. *Λιβαδιοῖτες*) [People from the Livadi village], Zonanoi (gr. *Ζωνανοί*), all villages, Boutes (gr. *Βούτες*)... »

«When going from Iraklion, people would stop here, on the way to the Ideon Cave (gr. *Ιδαίον Ἀντρον*). It is the place where the God [Zeus] was raised. Zeus was hidden in the Cave [The Ideon Cave]... People going from [mount] Psiloritis would make a break in Gonies. The path to the Psiloritis was parallel to the river. [The archeological site The Minoan Palace Nirou] The Minoan Palace (gr. *Μινωικὸ Μέγαρον*) was just before Gonies. »

«The Minoan Villa was a place to rest. It is impossible to make that journey in one day. »

«The hill down there is known as Russokefala (gr. *Ρυσοκεφαλα*). According to a story, the name comes from the historic event when Russian soldiers left the used food cans. »

Fig.4. An extract from the ethnographic field diary: Narrating on the Old Road (Gonies, Aug 2016) [Author]

2. Spatializing Qualitative (Emotional) Data: From Critical Theory to Visual Representations from an Affective Perspective

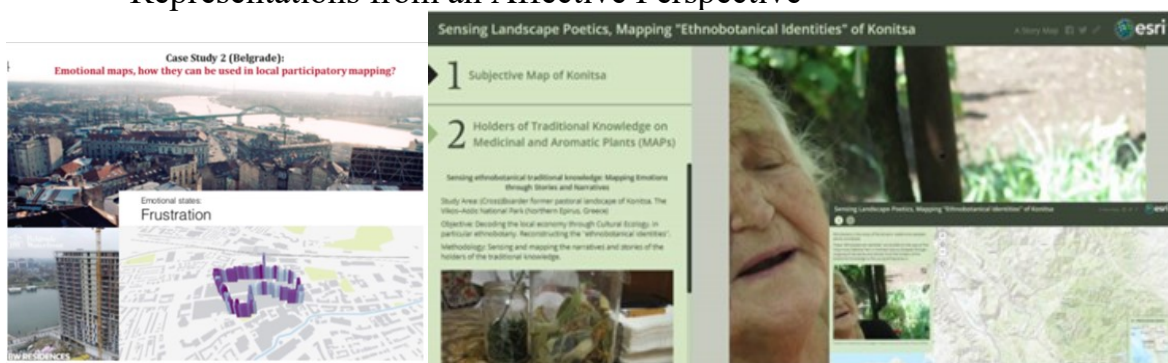


Fig.5. Mapping Emotions through Stories: Affective Storytelling (Esri Story Map). Source: Author. Mapping emotional responses (frustration) to unsustainable urbanistic plans: The Belgrade's Waterfront [Author]

3. Co-Creating Stories: Emotional Mapping as a collaborative and transversal tool?



Fig.6. Co-Creating Gonies Heritage Trail: Brochure, Ethnographic Walk and Participatory Mapping (Gonies, Aug 2016). Credits: HMO.

Conclusion. The intangible aspects of places – memories, emotions, experiences and perceptions, have still to be fully acknowledged by cartographers. How GISystems and technologies, not only augmented by GIScience and sophisticated geovisualizations, but also art, can benefit from the Emotional Geographies and vice versa? How an emotional (subjective) spatial dimension can enrich not only humanities, but also interdisciplinary research projects, in general? In conclusion, one should probably accept that there is a plurality of approaches to the ways we can respond not only to a map as an object and tool, but also to “emotions” as a concept.

Acknowledgements. I would like to express my gratitude to my supervisors Dr. César Parcero-Oubiña and Dr. Cristina Sánchez-Carretero for their support and expertise, the People of villages Gonies and Konitsa in Greece, the BCN (Konitsa Summer School), and The Heritage Management Organization. The paper is the part of a doctoral research in progress, carried out within the MSCA ITN Project “Critical Heritage Studies and the Future of Europe – CHEurope”. This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie Grant Agreement No – 722416.

References

1. Casti, E., (2013). Reflexive Cartography: A New Perspective in Mapping: Vol. 6 (Modern Cartography Series) 1st Edition, Version Kindle
2. Davidson J, S. M. and B. L. (2007). Emotional geographies. Hampshire, UK: Ashgate Publishing.
3. Gartner G. Putting Emotions in Maps – The Wayfinding Example. Wellington: New Zealand Cartographic Society. 2012.
4. Griffin, A. L., & McQuoid, J. At the intersection of maps and emotion: The challenge of spatially representing experience. Kartographische Nachrichten. 2012.
5. Nold, C., ed. Emotional cartography: technologies of the self. Creative Commons. 2009.

6. Pickles John. Ground Truth: The Social Implications of Geographic Information Systems. New York: Guilford Press. 1995.
7. Pocock D. C. D. Transactions of the Institute of British Geographers, Vol. 9, No. 2. pp. 248-249. 1984.
8. Sheppard, E. Quantitative Geography: Representations, Practices, and Possibilities. Environment and Planning D: Society and Space, 19(5), 535–554. <https://doi.org/10.1068/d307>. 2001.
9. Spirn, A. W. The Language of Landscape. Yale University Press. 2013.
10. Wood, D. The anthropology of cartography. In L. Roberts (Ed.), Mapping cultures: Place, practice, performance (pp. 280–303). Basingstoke: Palgrave. 2012.

UDC 631.472.51

SPATIAL ANALYSIS OF SOIL ACIDITY USING GEOSTATISTICAL MODELS BASED ON GIS

T. Myslyva¹⁾, O. Kutsaeva²⁾

¹⁾Belarussian State Agricultural Academy, Gorki, Belarus, byrty41@yahoo.com

²⁾Belarussian State Agricultural Academy, Gorki, Belarus, alexa-1982@bk.ru

The main objective of this study is to review and evaluate three common interpolation methods namely: Inverse Distance Weighting (IDW), Radial Basis Function (RBF) and Ordinary Kriging (OK), and generate maps of soil pH using these methods. Studies were conducted within the limits of land use of RUP “Uchkhoz BGSHA” (Republic of Belarus, Mogilev region, Goretsky district). Based on cross-validation results, a polynomial function was identified as the best variogram model. In terms of interpolation accuracy, the investigated deterministic and geostatistical methods are located in the next descending row: RBF > IDW > OK.

Key words: geospatial analysis; pH_{KCl} of soil solution; interpolation; spatial distribution.

Introduction. The economic efficiency of land use and the efficiency of agriculture generally largely depend on the quality of land resources the quality of which, in turn, is determined by the fertility of their soil cover. Indicators-constants, to which the pH of the soil solution belongs, are the main source of information on basic ecological permanent soil. Therefore, it is extremely important to predict the spatial distribution of soil pH for assessing the state of the soil system and planning measures for the rational use of land resources and the reproduction of soil fertility.

Geostatistics is an effective method for studying the spatial distribution of soil characteristics and their inconsistencies [1, p. 56]. A number of researchers have used Geospatial methods and the comparison of their effectiveness in assessing the spatial relationship of the agrochemical properties of soils and the geographic variability of soil characteristics [2 – 7]. However, in the scientific literature there is not enough information about the development of this area of research in the territory of Belarus.

Discussions and results. The purpose of this study was to compare the effectiveness of various interpolation methods – the Inverse Weighted Distance method

(IDW), the Radial Basis Function method (RBF) and Ordinary Kriging (OK) to estimate the spatial distribution of soil pH within the land use of RUP “Uchkhov BGSMA” (Republic of Belarus, Mogilev region, Goretsky district), and estimate the use of cross-validation to assess the accuracy of spatial modeling and identification the most suitable method. The total area of the surveyed territory is 3197.89 hectares. The soil cover of the study area is represented mainly by sod-podzolic sandy loams on water-glacial sandy loams soils and sod-podzolic loamy on loesslike loams soils.

Table 1

Statistical characteristics of a sample of data on pH of the soil solution used to construct interpolation models, $n = 70$

Indicator name	Indicator value			Sd	Cv, %	Med	Kurtosis	Skewness
	min	max	mid					
pH _{KCl}	3.50	7.30	5.93	0.79	13.4	6.10	0.68	-1.03

The application of the module “Geostatistical Analyst” for spatial modeling of distribution pH_{KCl} of soil solution provides a preliminary assessment of the initial data for their suitability for modeling purposes. As a result of the use of tools for exploratory analysis of spatial data, a histogram of the distribution of initial data is created and the form of their distribution is investigated, as well as the basic statistical characteristics of the sample are calculated (Table 1).

Note: Sd is the standard deviation; Cv is the coefficient of variation; Med is the median.

Preliminary evaluation of the data makes it possible to establish the necessity of carrying out their transformation with the subsequent modeling of the distribution surface. If the data distribution differs significantly from the normal one, you need to convert them. In particular, if the data is asymmetrically distributed, the logarithmic transformation that approximates the distribution to normal is applied to such data. In our case, although the variation coefficient of 13.4 % indicates that the data sample is quantitatively homogeneous, the distribution of data is not normal and requires a logarithmic transformation. In particular, this is evidenced by the values of the Kolmogorov-Smirnov coefficient and the Pearson's acceptance criterion. Moreover, the magnitude of the coefficient of kurtosis less than zero indicates the flatness of the actual distribution of data compared to normal as well as the value of the coefficient of asymmetry -1.03 indicates the skewness of the distribution of data to the left.

The Trend Analysis tool of the Geostatistical Analysis module allows to display data in a three-dimensional perspective. The locations of the reference points, which in our case are the locations of the selection of soil samples for agrochemical analysis, are plotted on the x, y plane. A unique feature of this tool is that the values are projected onto the perpendicular planes x-z and y-z in the shape of dispersion diagrams. Then, polynomials are fitted by using scattering diagrams on the projected planes. The line of the best fit (polynomial), drawn through the projected

points, shows the trends of data changes in certain directions. In our case, a certain trend for soil pH level is observed both in the direction of the west-east and in the direction of the north-south. Since the trend is U-shaped, it is advisable to use a second-order polynomial as a global trend model for performing interpolation as well as apply the trend removal option for constructing models using the ordinary kriging method.

The experimental anisotropic variograms were calculated to determine the possible spatial structure of pH of the soil solution. The polynomial kernel function and spherical semivariogram model were identified as the best, the type of the circle was standard, the type and the number of sectors was 4 with a displacement of 45^0 , and the lag was 100 meters. The best model was chosen based on five criteria: mean error (ME), mean square error (RMSE), mean square normalized error (RMSS), mean standard error (ASE) and the difference between RMSE and ASE. In this study, the spherical variogram model in most cases meets the requirements for the best model.

Table 2

Parameters of interpolation methods used to create soil pH forecast maps (type of search area – standard; sector type – 4 sectors with a displacement of 45^0 ; angle – 90^0)

Inverse Distance Weighting (IDW)	Radial Basis Functions (RBF)	Ordinary Kriging (OK)
Power parameter: 2.5335 Search area: min = 10; max = 15	Search area: min = 10; max = 15 Kernel function: spline with tension; kernel parameter: 0.0806	Search area: min = 2; max = 15 Kernel function: polynomial; semivariogram model – spherical

The interpolation methods under study were implemented to estimate the values of the unmeasured data on the pH of the soil solution and to create surfaces from the predicted points. The parameters used in the interpolation models and used to create soil pH prediction maps are presented in Table 2, and the visualization of the prediction results is shown in Fig. 1.

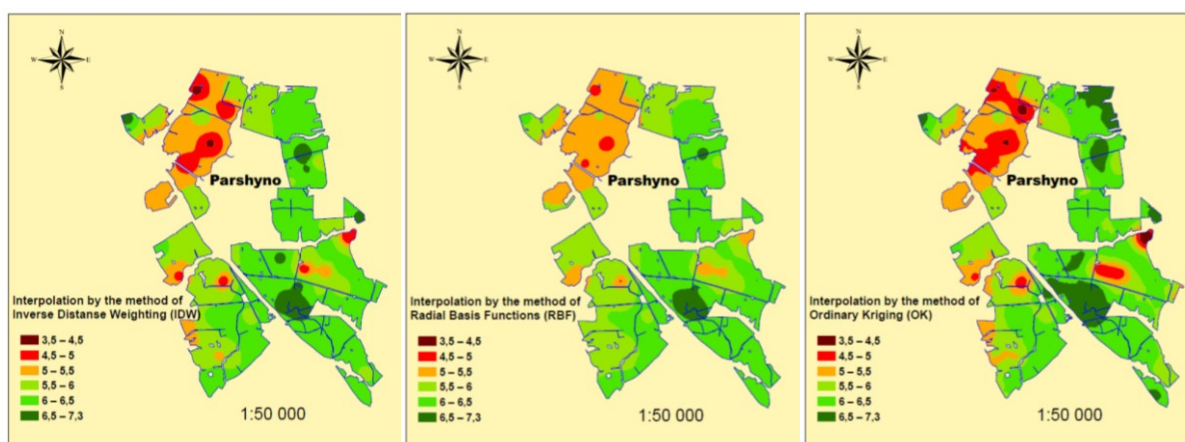


Fig.1. Prediction maps of soil pH distribution

Because of the interpolation methods of RBF and IDW during the cross-validation procedure only two criteria are defined – the average error (ME) and the mean square error (RMSE), the comparison of the effectiveness of the methods for soil pH prediction was carried out by these indicators. The most suitable for forecasting purposes was the model created by the method of radial basis functions, the value of the root-mean-square error of which was 0.763. (Fig. 2).

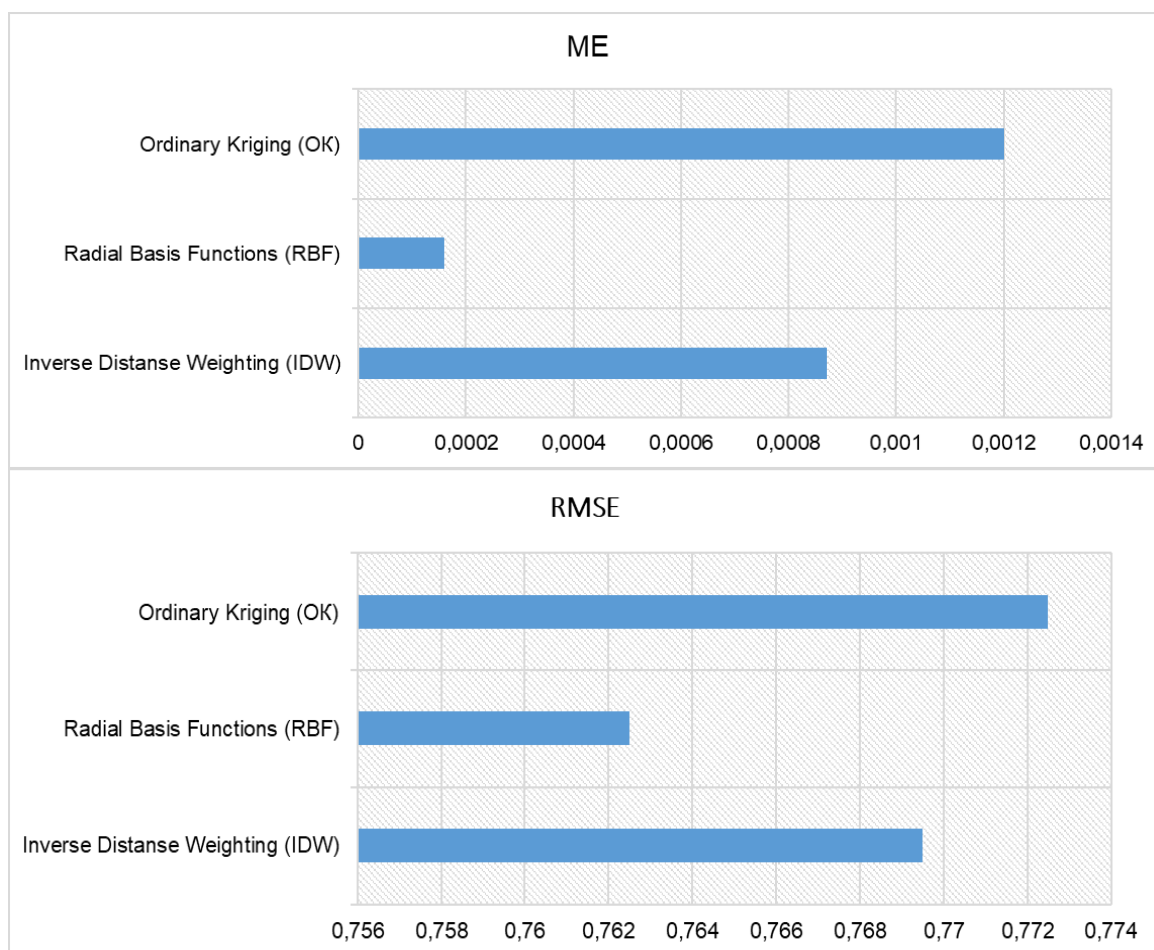


Fig.2. Results of cross-validation of predictive models of the pH of the soil solution

In terms of interpolation accuracy, the investigated deterministic and geostatistical methods are located in the next descending series RBF> IDW> OK. The IDW method interpolates the surface with sufficient accuracy if the sampling points are relatively normally distributed and the surface is uniform. In our case, none of these conditions is fulfilled: the sampling points are unevenly distributed, clustering takes place, and the steepness of the slopes of the study area varies from 0.5 to 10.0 degrees. Therefore, this method is not suitable enough to predict the spatial distribution of the pH of the soil solution. Kriging is the optimal interpolation method if the data meets certain conditions: normally distributed, stationary and no trends. Since, in our case, the data are not normally distributed and their transformation is

required as well as the presence of a trend in their spatial distribution is established, the use of the ordinary kriging method to predict the spatial distribution of the pH of the soil solution is also impractical. The RBF method approaches the construction of a surface through measured values while minimizing the total curvature of the surface and is ineffective when an abrupt change in values occurs over short distances. This phenomenon is absent in our case, and the change in the studied indicator is rather smooth, which causes the high efficiency of the RBF method for interpolation.

Conclusion. Among the interpolation methods that have been studied, the most optimal method for predicting and mapping the spatial distribution of soil pH is the radial basis function method, which provides the root-mean-square error of the average predicted values at 0.763. Both the interpolation method IDW and the RBF method require adjusting the power parameter and determining the optimal search radius to improve the prediction accuracy.

Although the IDW method is relatively easy to use and does not provide for the calculation of standard interpolation errors, in our case it provided higher accuracy in predicting the spatial distribution of soil pH compared to ordinary kriging. The choice and use of the most optimal interpolation method for predicting the spatial distribution of soil pH largely depends on the characteristics of a particular set of experimental data as well as on the spatial characteristics of the territory for which the prediction is performed. Consequently, in each particular case, the selection of the optimal interpolation method should be performed, according to the specific conditions and characteristics of the data, and the definition of a single universal interpolation method is not possible.

References

1. Myslyva T.N. Use of geospatial analysis methods in land management and cadaster / Myslyva T.N., Sheluto B.V., Kutsaeva O.A., Naskova S.A. // *Baltic Surveying*. 2018. – Vol 9(2). p. 56–62.
2. Behera S. K. Spatial distribution of surface soil acidity, electrical conductivity, soil organic carbon content and exchangeable potassium, calcium and magnesium in some cropped acid soils of India / S. K. Behera, A. K. Shukla // *Land Degrad. Deviation*. – 2015. Vol. 16. p. 71–79.
3. Kohan S. S. Geoinformation providing of qualitative estimation of soils / S. S. Kohan, A. A. Moskalenko, L. G. Shylo // *East European Magazine of Advanced Technology*. 2013. Vol. 6. p. 18–25.
4. Liu L. Spatial variability of soil organic carbon in the forestlands of northeast China / L. Liu, H. Wang, W. Dai // *J. Forest. Researches*. 2014. Vol. 25(4). p. 867–876.
5. Moskalenko A. A. Justification of geoinformation system on land soils quality monitoring. Land system, cadastre and land monitoring. 2012. Vol. 3–4. p. 108–112.
6. Samsonova V. P. Use of empirical bayesian kriging for revealing heterogeneities in the distribution of organic carbon on agricultural lands / V. P. Samsonova, Y. N. Blagoveshchenskii, Y. L. Meshalkina // *Eurasian Soil Science*. 2017. Vol. 50(3). p. 305–311.

7. Zandi S. Evaluation of spatial interpolation techniques for mapping soil pH / S. Zandi, A. Ghobakhlou, P. Sallis / Perth: Australia, 2011. p. 1153–1159.

СЕКЦИЯ 5 ОБРАЗОВАНИЕ В СФЕРЕ ГЕОМАТИКИ

УДК 378

ИАТУ ПРОЕКТ ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ В ОБЛАСТИ, КАСАЮЩЕЙСЯ ГЕОМАТИКИ, КАК ПОДДЕРЖКА МОБИЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ И ПЕДАГОГОВ

А. М. Ф. Аль-Дарабсе ¹⁾, Е. В. Маркова ²⁾, Т. В. Денисова ³⁾

¹⁾ Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск, Россия, amet-samarah4@gmail.com

²⁾ Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск, Россия, morozova319@yandex.ru

³⁾ Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск, Россия, denisovaiiatu@mail.ru

Техническое развитие и глобализация, как процесс и условие пространства для высшего образования, диктуют руководящие принципы для разработки учебных программ во всем мире. Широко признано, что надлежащее управление информацией об учебных программах имеет решающее значение не только для обновления учебных программ, но и для будущей мобильности студентов, исследователей и преподавателей в каждой профессии. Такие профессии, как геодезия, картография, оптическая фотография, дистанционное зондирование, ГИС и т. Д., Не являются исключением. В области европейского высшего образования принятие Болонской декларации принесло дополнительные проблемы. Европейская комиссия завершает свою политическую работу в области образования и обучения различными программами финансирования. Это механизмы, которые предоставляют финансовую и техническую поддержку организациям, учреждениям или частным лицам для работы или участия в проектах по всему миру и за ее пределами, которые могут обеспечить полезную основу для создания области высшего образования.

Ключевые слова: техническое развитие; глобализация; программ; управления; информация; высшее образование; геодезия; ГИС.

Введение. Новые, быстро развивающиеся технологии и методологические подходы в различных профессиях неизбежно входят в повседневную практику, которая диктует руководящие принципы для программ обучения в области высшего образования во всем мире. Наблюдается не только технологическое развитие, но и социально-экономические условия в сфере высшего образования, исследований и науки, что требует обновления существующих учебных программ. По этим причинам сотрудничество между учебными заведениями стало необходимым как на национальном, так и на международном уровне. Широко признано, что адекватное управление информацией об учебных программах имеет решающее значение для будущего международной мобильности студентов, исследователей и преподавателей в каждой профессии. Такие профессии, как фотограмметрия, дистанционное зондирование, ГИС, не являются исключением [1, с. 289].

В будущем должно иметь место более тесное сотрудничество между образовательными учреждениями, и, следовательно, должно быть сформировано больше образовательных сетей ИАТУ осознает важность качественного образования. Образование является основной задачей правительства во всех странах, но структуры систем образования значительно различаются как внутри стран, так и между ними. На протяжении многих лет страны только шли своим путем в профессиональном обучении и образовании. Тенденция к большей совместимости и взаимному признанию усилилась [2, с. 504].

Последние годы были временем для подготовки и внедрения новых учебных планов в истории высшего образования. Основной задачей было реформирование структуры национальных систем высшего образования в тесной манере в соответствии с декларацией Института, глобального технического института. Основная цель декларации Института заключалась в создании передового технического пространства для высшего образования с целью повышения возможности трудоустройства и мобильности граждан и повышения международной конкурентоспособности высшего образования. Есть три основных приоритета процесса [3, с. 26]:

- Введение трех курсов (бакалавр, магистр, аспирантура);
- Обеспечение качества;
- Признание квалификации и периодов обучения.

Признание учебных программ и дипломов является необходимым условием для создания глобальной открытой площадки для образования и обучения, где студенты и преподаватели могут передвигаться беспрепятственно. Это является основной причиной развития системы преобразования (ИАТУ) в рамках будущей авиационной программы как средства повышения академического признания обучения за рубежом. Будущая авиационная программа для Института направлена на удовлетворение потребностей в обучении и обучении всех лиц, имеющих формальное высшее образование, включая размещение транснациональных студентов в учреждениях, учреждениях и организациях, которые предоставляют или способствуют такому образованию и подготовке [4, с. 20].

Учебные программы GI обычно разрабатываются в рамках программ высшего образования для геодезии, геодезии и картографирования в университетах. Наука геодезии была разработана для того, чтобы понять природные явления, которые связаны с размером, формой и размером Земли. Наземные исследования и геодезические измерения послужили основой для определения размеров и формы земли и местоположения пространственных явлений. С другой стороны, исследование относится ко времени, когда человек постоянно поселился на земле. Важность этого жизненно важного природного ресурса вынудила человека разработать техническое и систематическое решение для доказательства земли и защиты прав на землю. Съёмка и геодезия были основаны на тех же принципах - локальные и абсолютные относительные положения определялись с использованием одних и тех же инструментов

(см. рисунок). Кроме того, съемка и геодезия послужили основой для картографирования. Эти три дисциплины получили учебные программы Института. Это основная причина, по которой новая методология и методика сбора и анализа пространственных данных, такие как фотограмметрия, дистанционное зондирование и ГИС, включены в программы геодезии, геодезии и картографии для высшего образования.



Измерение геодезической методологии и общей площади 1533 [3, с. 26].

В Институте области, охватываемые программами геодезических, геодезических и картографических исследований, в разных государствах различаются. Инженеры-геодезисты и геодезисты в некоторых странах предлагают профессиональные услуги, предоставляемые разными специалистами в других странах. Тем не менее, список выполняемых функций является распространенным в большинстве стран: геодезические и геодезические исследования, гидрография, сканирование и дистанционное зондирование, геодезические, земельные и географические информационные системы, геологоразведка, инженерные изыскания и метрология, картография [5, с. 289].

Заключение. Новые техники и методологии неизбежно входят в повседневную практику. Регулярные реформы программ высшего образования пытаются адаптировать учебные планы в соответствии с новыми условиями науки и общества, и карьера Г.И. не является исключением. Характер пищеварительной системы, включая геодезию, картографию и геодезию, очень быстро меняется и осваивает новые области. Новые технологии и расширение профессии требуют новых концепций и структур в образовании. С другой стороны, влияние научной работы и ее связь с образовательным процессом на внедрение нового восприятия в образовательной деятельности.

Важным результатом тематической сети ИАТУ является тот факт, что даже некоторые изменения в учебной программе, которые применялись в некоторых партнерских учреждениях в ИАТУ в последние десятилетия, не пред-

лагают долгосрочных решений. Быстрое развитие науки и техники потребовало инициирования процесса обновления учебных программ на уровне высшего образования. Сеть учреждений, предоставляющих высшее образование, является важным шагом к обеспечению качества высшего образования в этом быстро растущем мире. Кроме того, эти сети обеспечивают основу для международного сотрудничества, продвижения по службе и карьерного роста.

Библиографические ссылки

1. Май С. Д. Методологический инструментарий устойчивости при выборе функционирования конструктивных элементов воздушного судна. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19. № 4–2. С. 289–293.
2. Соколова О. Ф. Проблемы сертификации персонала предприятий авиационно-космического комплекса и организаций самарской области в условиях рынка. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 4–3. С. 504–508.
3. Маркова Е. В. Исследование управленческого потенциала промышленных предприятий. Проблемы и перспективы экономических отношений предприятий авиационного кластера Сборник научных трудов. Ответственный за выпуск И. Г. Нуретдинов. 2016. С. 26–30.
4. Маркова Е. В., Аль-Дарабсе А. М. Ф. Модернизация "аэрокосмического образования" высших учебных заведений. В сборнике: Проблемы и перспективы экономических отношений предприятий авиационного кластера сборник материалов. 2017. С. 20–22.
5. Маркова Е. В., Аль Дарабсе А. М. Ф., Денисова Т. В. Открытие научного проекта ИАТУ «общение в социальных науках». Современные направления развития науки в животноводстве и ветеринарной медицине материалы международной научно-практической конференции посвященной 60-летию кафедры Технологии производства и переработки продуктов животноводства и 55-летию кафедры Иностранных языков. Тюмень, 2019. С. 289–294.

УДК 528.94

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ КАРТ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ В УЧРЕЖДЕНИЯХ СРЕДНЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

М. Н. Брилевский

¹⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, Bryleuski@mail.ru

Представлены результаты применения цифровых тематических карт в образовательном процессе средней школы. На примере разработанного электронного средства обучения по «Географии Беларуси» показаны преимущества использования послойных цифровых тематических карт при изучении географии страны, раскрыты методические подходы составления цифровых тематических карт с компьютерной анимацией, масштабированием, гиперссылками на текстовые и графические пояснения.

Ключевые слова: цифровое картографирование; электронное средство обучения; тематическая цифровая карта; гипертекстовый справочник; компьютерная анимация.

Введение. География в эпоху информационных технологий уже не является «землеописанием» времен Геродота и Птолемея, или энциклопедической наукой жюльверновского Паганеля, а представляет собой целостную систему естественных и общественных наук о закономерностях развития географической оболочки Земли, структуре, функционировании и взаимодействии природных и социально-экономических территориальных систем и их элементов. Основываясь на естественных и общественных законах эволюции и развития природы и общества, современная география разрабатывает принципы и нормативы рационального природопользования, оптимальной территориальной организации производственной и социальной деятельности людей в различных природных условиях, определяет направления формирования экологически устойчивой среды общественной жизнедеятельности. Интенсивное внедрение современных информационных и космических технологий приводит к постановке новых задач в области рационального природопользования и оценки качества среды жизнедеятельности. На смену традиционных карт и планов местности приходят цифровые карты, цифровые модели местности, электронные карты, позволяющие точнее решать поставленные перед исследователями задачи.

География как учебная дисциплина призвана сформировать у учащихся представление о взаимосвязи природных компонентов географической оболочки между собой, с населением и его хозяйственной деятельностью. Базовыми принципами изучения географии являются территориальность, взаимообусловленность явлений и процессов и наглядность, что подчеркивает значение карт. Картографические материалы играют важнейшую роль, как в процессе проведения научных исследований, так и в образовательном процессе средней и высшей школы.

Использование традиционных тематических и общегеографических карт в учебном процессе средней школы часто является затруднительным, так как учащиеся, не знакомые с принципами тематического картографирования, не могут «прочитать» карту и получить всю информацию. Компьютерные информационные технологии могут обеспечить более полную реализацию принципов наглядности, территориальности, взаимосвязи компонентов за счет использования цифровых карт с дополнением их компьютерной анимацией, гиперссылками с текстовыми и графическими пояснениями, масштабированием. Для активизации образовательного процесса в общеобразовательных учреждениях образования нами предложено электронное средство обучения, широко использующее возможности цифровой картографии.

Основная часть. Электронное средство обучения (ЭСО) по физической географии Беларуси имеет двухуровневую логическую структуру, и дополняет материал учебного пособия для 10 класса. По 7 разделам физической географии Беларуси, соответствующим отдельным природным компонентам

создана база данных, включающая теоретические фрагменты дополнительного учебного материала, терминологический словарь, иллюстративный материал (фотографии, диаграммы, схемы) и 12 цифровых анимированных карт.

Основой ЭСО выступают оцифрованные карты атласа «География Беларуси» для 10 класса, которые позволяют использовать преимущества цифровой картографии:

- масштабирование карт до любого размера, удобного для изучения материала конкретной темы;
- добавление и удаление информации, характеризующей географические объекты методом послойной сортировки;
- размещение гипертекстового справочника с теоретическим и иллюстративным материалом.

Раздел «Геологическое строение и полезные ископаемые» включает 4 карты. Цифровая карта «Тектоническое строение Беларуси» позволяет выделить отдельно положительные, отрицательные и переходные тектонические структуры и с помощью гиперссылок получить дополнительную информацию об особенностях строения каждой тектонической структуры. На карте «Платформенный чехол в дочетвертичное время» отдельными слоями показано территориальное распространение отложений каждого геологического периода и их мощность, а с помощью гиперссылок особенности формирования горизонтов. При этом учащиеся получают более полную информацию об образовании платформенного чехла, так как на геологической карте показаны только отложения, расположенные под четвертичными, а слои, перекрытые другими горизонтами, отсутствуют. На цифровой карте «Формирование платформенного чехла в четвертичном периоде» можно проследить особенности формирования территории в четвертичном периоде и распространение различных генетических типов отложений. Гиперссылки содержат краткую характеристику каждого генетического типа четвертичных отложений. С помощью анимационного картографирования у учащихся формируются представления о территориальном распространении оледенений и продолжительности каждого ледникового периода и межледниковья. С помощью отдельных слоев карты «Полезные ископаемые» учащиеся могут сформировать знания о распространении месторождений разных групп полезных ископаемых, а благодаря гиперссылкам получить дополнительную информацию о месторождениях и особенностях залегания полезных ископаемых.

Две карты предложены для изучения раздела «Рельеф Беларуси». На физической карте Беларуси с помощью послойной дифференциации выделяются основные орографические ступени: возвышенности, равнины и низменности, помогающие дополнить знания об общем орографическом строении террито-

рии. На геоморфологической карте отдельными слоями показано распространение основных генетических типов рельефа, а гиперссылки содержат краткую характеристику каждого типа рельефа.

Раздел «Поверхностные воды» также содержит 2 карты «Реки и каналы» и «Озера и водохранилища». На первой карте показаны особенности размещения гидрографической сети. Для каждого бассейна рек с помощью гиперссылок можно получить дополнительную информацию о годовом стоке, гидрологическом режиме, типе питания, хозяйственном использовании и других характеристиках. С помощью масштабирования на карте «Озера и водохранилища» выделяются основные озерные группы, отдельные озера и водохранилища в соответствии с типом озерных котловин, либо особенностями хозяйственного использования. Масштабирование позволяет получить информацию об озерах, которые на традиционных картах не показываются в масштабе.

Большое количество контуров на почвенной карте Беларуси и карте растительности, близких по цветовой гамме затрудняют их использование в образовательном процессе. ЭСО позволяет разбивать карты на слои, тем самым показывать территориальное распространение отдельных типов почв и типов растительности в разделах «Почвы» и «Растительность». Информационные гиперссылки позволяют дополнить материал учебного пособия дополнительной информацией по каждому типу почв, либо типу растительности.

С помощью цифровой карты в разделе «Природоохранные территории Беларуси» отдельными слоями показаны заповедники и национальные парки, заказники республиканского и местного значения, памятники природы республиканского и местного значения. Гиперссылки содержат дополнительную информацию по каждому из природоохранных объектов.

Наконец, в разделе «Ландшафты Беларуси» отдельными слоями показаны роды природных ландшафтов и типы антропогенных, а гиперссылки дают информацию по каждому из ландшафтов.

Таким образом, ЭСО базирующиеся на цифровой картографии, позволяет более эффективно реализовать базовые принципы изучения географии в средней и высшей школе.

ОБРАЗОВАНИЕ В СФЕРЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ В СПБГУ

И. Е Сидорина¹⁾, Е. А. Паниди²⁾, Н. А Позднякова³⁾, Т. А Андреева⁴⁾

¹⁾Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия,
i.sidorina@spbu.ru

²⁾Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
e.panidi@spbu.ru, panidi@ya.ru

³⁾ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
n.pozdnyakova@spbu.ru

⁴⁾ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
t.andreeva@spbu.ru

В статье рассматриваются различные направления в геоинформационном картографировании на примере научных и образовательных проектов, выполняемых студентами и преподавателями кафедры картографии и геоинформатики СПбГУ.

Ключевые слова: геоинформационное картографирование; картография; ГИС; ДЗЗ.

Введение. Геоинформационное картографирование (ГК) – сравнительно новое понятие в картографии. Впервые этот термин предложил А. М. Берлянт в 90-х гг. 20-го века. По его определению: «Геоинформационное картографирование (ГК) - это автоматизированное создание и использование карт на основе ГИС и баз картографических данных и знаний. Суть ГК составляет информационно-картографическое моделирование геосистем» [2, с.1].

Кафедра картографии и геоинформатики Санкт-Петербургского государственного университета последние несколько лет обеспечивала подготовку бакалавров по направлению «Картография и геоинформатика» отдельно по профилям «Картография» и «Геоинформатика». При этом различия между профилями состояли, главным образом, в перечне специальных дисциплин и фактически все выпускавшиеся студенты, имея в виду навыки, приобретенные при обучении на основных дисциплинах, способны работать и как картографы, и как геоинформатики. Начиная с приёма 2017 года, по данному направлению осуществляется беспрофильное обучение.

Дополнительно следует отметить, что кафедра исторически характеризуется тем, что её сотрудники при обучении студентов и выполнении исследований применяли в комплексе знания и методы в области картографии, геодезии, аэрокосмических методов, а позднее и геоинформатики, не оставаясь в рамках единственной дисциплины, но реализуя мультидисциплинарный подход. Поэтому образовательная программа магистратуры, обеспечиваемая кафедрой, получила название «Геоинформационное картографирование».

Взаимопроникновение картографии, геоинформатики, дистанционного зондирования, фотограмметрии и геодезии так велико, что в проектах, связанных с процессом составления и проектирования карт, трудно обособить ка-

кую-то одну дисциплину. В этом смысле, термин геоинформационное картографирование позволяет обозначить данную интеграцию дисциплин, хотя и не является бесспорным, с точки зрения как собственно его восприятия (мысленного образа, формируемого сочетанием слов составляющих термин), так и его толкования различными авторами.

Основная часть. Так как научные проекты, реализуемые на кафедре, отличаются друг от друга и по внешнему представлению, и по технологии создания, авторы статьи выделили несколько приоритетных направлений геоинформационного картографирования в научно-практической деятельности кафедры.

4. Создание тематических карт по правилам традиционной картографии с помощью современных программных продуктов.

В проектах по созданию тематических карт с оригинальной системой условных обозначений, применением дизайнерского подхода к оформлению произведений преобладают традиционные картографические приемы, поэтому можно работать как в ГИС, так и в САПР.

Как пример - работа над созданием Атласа православия. Этот проект начинался до эпохи ГИС, авторские карты изначально создавались «вручную». Впоследствии для проектирования самих карт был использован программный комплекс Bentley Microstation, что облегчило чертежные работы. При этом сам процесс составления карт остался традиционным. Макет атласа был выполнен в программе PageMaker, а базы данных созданы с помощью Microsoft Access [3].

Сложность такого рода произведений в том, что их невозможно выполнить с помощью одного программного продукта.

5. Карты, как «сопровождение» научных исследований, с активным использованием возможностей геоинформатики (создание баз данных и геоинформационный анализ).

В течение последних десяти лет силами студентов и преподавателей активно ведется работа по сопровождению гидрологических проектов в Арктике и Антарктике, а также археологических исследований в Смоленской области и в районе Среднего Енисея [4].

Главная задача для *гидрологических исследований* - использовать возможности ГИС для обработки больших массивов данных многолетних наблюдений и создавать базы геоданных. Проблемы возникают при визуализации результатов исследований из-за ограниченных графических возможностей ГИС.

Для *археологических исследований* сейчас очень актуальны методы геоинформационного анализа для прогнозирования мест нахождения объектов археологии.

Такие проекты служат для визуализации или отражения результатов геоинформационного анализа, поэтому и преобладают подходы, характерные для геоинформатики. Основные программные комплексы - ArcGIS и QGIS.

6. Создание карт с использованием фотоизображений и/или на основе аэрофото- и космоснимков и применением методов ДЗЗ и фотограмметрии.

В археологических исследованиях, проводимых совместно с Институтом истории материальной культуры РАН в районе Среднего Енисея данные ДЗЗ (как космическая съемка, так и данные БПЛА) являются самыми информативными [5]. С помощью этих данных были обнаружены курганы, составлен ортофотоплан могильника Нумахыр. Но основная проблема – автоматизированное дешифрирование объектов археологии по данным ДЗЗ, пока не решена.

Спутниковые данные служат эффективным инструментом также для анализа растительности. Один из научных проектов кафедры - разработка методики эколого-геоботанического картографирования ООПТ с помощью ДЗЗ и ГИС, на примере комплексного заказника регионального значения "Дубравы у деревни Велькота" (Ленинградская область). Вариантом решения этой задачи стало использование автоматической классификации изображений, с помощью которой можно существенно сократить временные затраты при создании карт растительности.

Для составления карт с использованием фотоизображений, в первую очередь важны программы для обработки данных ДЗЗ (ENVI, ERDAS). Так как обработанные изображения конвертируются в ГИС, на их основе можно создавать фотокарты и тематические карты.

7. Веб-картографирование, геоинформационные ресурсы, интерактивные карты.

Необходимость структурированного хранения, обработки, анализа и визуализации данных, а главное - возможность свободного обмена информацией с коллегами, привела к реализации таких направлений учебной и научной деятельности, как: веб-картографирование, создание геоинформационных ресурсов, а также интерактивных карт. В той части, где необходимо составление и проектирование карт, эти проекты связаны с геоинформационным картографированием.

В качестве примера можно привести следующие работы: создание геопортала «Невский край» [1]; разработка геоинформационного ресурса, посвященного дуге Струве и создание интерактивной карты «Санкт-Петербург геодезический» и т.д.

Такого рода проекты интерактивные и рассчитаны на постоянное обновление информации и дальнейшее развитие. Без информационной и финансовой поддержки они перестают существовать.

5. Проекты по геоинформационному картографированию, где нет преобладающих направлений.

В качестве примера можно привести работу по созданию цифровой актуализированной почвенной карты Ленинградской области масштаба 1:200000 (совместно с Центральным музеем почвоведения им. В.В. Докучаева). Космические снимки позволили выделить и отразить в БД почвы застро-

енных территорий, сельскохозяйственных угодий, антропогенно-нарушенных земель в их современных и реально существующих границах. Для векторизации и оформления были использованы программные продукты QGIS и Bentley Microstation.

Такие проекты предполагают гармоничное применение возможностей традиционной картографии, ДЗЗ и геоинформатики.

Заключение. Современная картография стремительно развивается и опережает формирование теоретических основ. Коллектив кафедры картографии и геоинформатики СПбГУ будет продолжать активную образовательную и научную деятельность в области геоинформационного картографирования.

Библиографические ссылки

1. Андреева Т. А., Золотова Т. И., Казаков Э. Э. и др. Региональный геопортал «Невский край»: структура, содержание и технологии создания. Вестник СПбГУ. Серия 7: Геология, География. СПб: Изд-во СПбГУ, 2014.
2. Берлянт А. М. Геоинформационное картографирование. М.: 1997. 64 с.
3. Озерова Г. Н., Андреева Т. А., Литвинова М. В. Особенности редакционно-технической работы над атласом «Русская Православная Церковь: из века в век». Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. От идеи до внедрения. Сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. 11–13 ноября 2015 г., Санкт-Петербург. Науч. ред. О. А. Лазебник. СПб.: Политехника, 2015.
4. Сидорина И.Е. Геоинформационное картографирование в гидрологических и археологических научных исследованиях. Материалы международной научно-практической конференции "Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. От идеи до внедрения", 11–13 ноября 2015 г., Санкт-Петербург. СПб: Политехника, 2015. С.217–220.
5. Сидорина И. Е., Позднякова Н. А., Поляков А. В., Кружилина А. А. Применение ДДЗЗ в геоинформационном картографировании для археологических исследований. Материалы международной конференции ИнтерКарто/ИнтерГИС-24 «Цифровая Земля и устойчивое развитие территорий», 19–22 июля 2018 г. Петрозаводск.

УДК 528:[378.147+004.42]

ОБУЧЕНИЕ СТУДЕНТОВ МИИГАИК ЯЗЫКУ ПРОГРАММИРОВАНИЯ C++ НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

В. Р. Заблоцкий

Московский государственный университет геодезии и картографии г. Москва, Россия,
zablotskii@miiigaik.ru

Разработана учебная программа для студентов картографов и геодезистов, изучающих основы программирования на языке C++. Программа вычисляет румб направления по дирекционному углу, заданному в градусах и минутах. Программа иллюстрирует использование операторов условной конструкции в виде логической цепочки и переключателя для решения геодезической задачи на основе технологии процедурного программирования.

Ключевые слова: обучение языку программирования C++; вычисление румба направления.

Введение. В настоящее время обучение языку программирования проводится, как правило, без учета специфики ВУЗа и не ориентировано на подготовку инженеров конкретных специализаций и специальностей. Цель данной работы и других, выполненных ранее работ – разработка типовых учебных компьютерных программ и заданий для программирования на основе решения учебных геодезических и картографических задач. Такие программы предназначены для обучения будущих специалистов в области геодезии и картографии языку программирования C++.

В Московском университете геодезии и картографии (МИИГАиК) разработан новый курс по программированию на языке C++. Особенность курса заключается в том, что понятия и конструкции языка программирования C++ рассматриваются на примерах из общей геодезии, для практических упражнений и примеров используются геодезические задачи. Курс состоит из двух частей: введение в программирование и объектно-ориентированное программирование на C++. В первой части, которая состоит из 7 лекций и 14 практических занятий, рассматриваются основные конструкции языка программирования. Во второй части, которая состоит из 8 лекций и 16 практических занятий, рассматриваются более сложные конструкции языка программирования C++, связанные с классами, инкапсуляцией и наследованием. Все лекции и практические занятия обеспечены программами и задачами из общей геодезии. Преимущество нового подхода по сравнению с традиционным подходом состоит в том, что обучающийся знакомится с программированием, имеющим непосредственное отношение к задачам его будущей профессии. Студент получает знания и практические навыки по программированию вычислительных систем для решения инженерно-геодезических задач. Наконец, программируя геодезическую задачу, студент вплотную познакомится с геодезической составляющей данной задачи, с алгоритмом задачи и представлением алгоритма на языке программирования.

Основная часть. В качестве примера рассмотрим программу, вычисляющую румб по дирекционному углу направления. В программе используется нескольких простых *if* инструкций, вложенных друг в друга и образующих звенья логической цепочки. Такая конструкция позволяет выполнить многоцелевое ветвление и выбрать правильное значение направления относительно стран света для расчета румба. Геодезическая постановка задачи заключается в вычислении румба линии по известному дирекционному углу направления [1-3]. При вычислении румба используются следующие обозначения четверти круга: N – Север, NE – северо-восток, E – Восток, SE – юго-восток, S – Юг, SW – юго-запад W – Запад и NW – северо-запад.

В программе пользователь вводит с клавиатуры значение дирекционного угла некоторого направления в градусах и минутах и получает на экране значение румба этого направления. Далее представлен код программы.

```

01: #include <iostream>
02: using namespace std;
03:
04: enum Directions {
05:     N = 1, NE, E, SE, S, SW, W, NW };
06:
07: int main(void)
08: {
09:     Directions rhumb;
10:     double degrees, minutes, gridAzimuth, rhumbOfLine;
11:     cout << "Enter degrees, __, minutes of grid azimuth: ";
12:     cin >> degrees >> minutes;
13:     gridAzimuth = degrees + minutes/60;
14:
15:     cout << "Rhumb of the line is ";
16:     if(gridAzimuth == 0){
17:         rhumb = N; cout << " N: ";
18:     }
19:     else if((gridAzimuth > 0)&&(gridAzimuth < 90)){
20:         rhumb = NE; cout << " NE: ";
21:     }
22:     else if(gridAzimuth == 90){
23:         rhumb = E; cout << " E: ";
24:     }
25:     else if((gridAzimuth > 90)&&(gridAzimuth < 180)){
26:         rhumb = SE; cout << " SE: ";
27:     }
28:     else if(gridAzimuth == 180){
29:         rhumb = S; cout << " S: ";
30:     }
31:     else if((gridAzimuth > 180)&&(gridAzimuth < 270)){
32:         rhumb = SW; cout << " SW: ";
33:     }
34:     else if(gridAzimuth == 270){
35:         rhumb = W; cout << " W: ";
36:     }
37:     else if((gridAzimuth > 270)&&(gridAzimuth < 360)){
38:         rhumb = NW; cout << " NW: ";
39:     }
40:     else {
41:         cout << "--- The grid azimuth should be in "
41:         << " interval 0°-360° " << endl;
42:         return -1;
43:     }
44:     switch(rhumb) {
45:         case 1: rhumbOfLine = 0; break;
46:         case 2: rhumbOfLine = gridAzimuth; break;
47:         case 3: rhumbOfLine = 90; break;
48:         case 4: rhumbOfLine = 180 - gridAzimuth; break;
49:         case 5: rhumbOfLine = 0; break;

```

```

50: case 6: rhumbOfLine = gridAzimuth - 180; break;
51: case 7: rhumbOfLine = 90; break;
52: case 8: rhumbOfLine = 360 - gridAzimuth; break;
53: }
54: degrees = (int)rhumbOfLine;
55: minutes = (rhumbOfLine - degrees)*60;
56: cout << degrees <<"° " << minutes <<"'" << endl;
57: return 0;
58: }

```

Обсуждение. Выполним анализ кода, руководствуясь схемами, предложенными в [4-5]. В строках 04–05 определено перечисление с именем *Directions*, включающее константы, записанные в фигурных скобках. Далее в главной функции объявляются переменные: *degrees* и *minutes*, дирекционный угол направления *gridAzimuth* и румб линии *rhumbOfLine*. Ввод дирекционного угла выполняется в строке 12. В строках 16 – 43 задана «логическая цепочка», состоящая из восьми звеньев. Первое вложение инструкции *if* в строке 19, второе – в строке 22 и так далее. Если одно из этих условных выражений окажется истинным, то выполняются блок из двух инструкции данной ветви. Некоторые условные выражения, например $((gridAzimuth > 0) \&\& (gridAzimuth < 90))$ включают операторы сравнения «больше» и «меньше» другие «проверки на равенство». Простые условные выражения объединяются в сложные с помощью оператора «логическое И». Таким образом, каждая из условных инструкций осуществляет проверку принадлежности значения дирекционного угла к определенной четверти круга, и если результат проверки «истина», то на экран выводится соответствующее наименование румба. В строках 44 – 53 значение румба вычисляется с использованием инструкции переключателя *switch(rhumb)*, каждая ветвь переключателя реализует известную в геодезии формулу пересчета дирекционного угла в соответствующее значение румба.

Предположим, что в программу введен дирекционный угол равный $135^{\circ}15'$, программа выведет на экране дисплея «SE: $44^{\circ}45'$ ».

Заключение. Разработана учебная программа для студентов картографов и геодезистов, изучающих основы программирования на языке C++. Программа предназначена для изучения таких конструкций языка как, переменные, константы перечисления, операторы сравнений и отношений, простые условные инструкции и вложенные условные инструкции (логическая цепочка), а также переключатель для множественного ветвления. Программа иллюстрирует применение технологии процедурного программирования для вычисления румба направления.

Библиографические ссылки

1. Киселев М. И., Михелев Д. Ш. Геодезия. Учебник. М, Изд. «Академия», 2008. 384 с.
2. Ключин Е. Б., Киселев М. И., Михелев Д. Ш., Фельдман В. Д. Инженерная геодезия, Учебник для вузов, М., Изд. «Академия», 2004. 480 с.

3. Кузнецов П. Н. Геодезия, часть 1. Учебник для вузов, М. Картгеоцентр – Геодеизиздат, 2002. 341 с.
4. Керниган Б., Ритчи. Д. Язык программирования С, М., Изд. дом «Вильямс», 2013. 304 с.
5. Либерти Дж. Освой самостоятельно С++ 10 минут на урок, М., Изд. дом «Вильямс», 2004. 352 с.

УДК 528+378.14

ОТ ЗЕМЛЕМЕРА-КАМОРНИКА ДО ИНЖЕНЕРА- ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЯ: ИСТОРИЯ ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В БЕЛАРУСИ

Иванов Д.Л.¹⁾, Скоромная С.С.²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, geoivanov@mai.ru;

²⁾ БГСХА, г. Горки, Беларусь, ска021999@yandex.by

Рассматриваются основные этапы в развитии землеустроительного образования на территории Белорусских земель. Вскрываются причины, обуславливающие необходимость подготовки специалистов и факторы, определяющие эволюцию форм подготовки землеустроительных кадров.

Ключевые слова: землеустроительное образование, ГИС-технологии, геодезия, картография, земельная реформа.

Введение. Подготовка землеустроителей на территории Белорусских земель имеет многовековую историю, в течение которой формировались формы и направления обучения, совершенствовалась методика, развивалась и укреплялась учебно-инструментальная и научная база, что в конечном итоге обеспечило современную структуру и успешность современной системы землеустроительного образования.

Основная часть. Первым учебным заведением на территории Беларуси, которое готовило землемеров-каморников, была Гродненская землемерная (каморницкая) школа, основанная в 70-е годы XVIII ст. гродненским старостой А. Тызенгаузом. В 50-е годы XIX столетия непродолжительный период существовали землемерно-таксаторские классы при гимназиях. Такие классы были открыты при Минской гимназии с 1850 по 1855 гг. с целью «приготовления образованных землемеров». Курс учения был двухгодичный, изучались: геодезия, начальные основания агрономии, хозяйственная химия, межевые законы, черчение планов, люстрационная съемка.

В связи с установлением размеров оброчной подати с государственных крестьян в зависимости от качества земли с 40-х гг и до 1886 г. в России проводится оценка крестьянских земель, известная под названием люстраций. В связи с этим в 1840 году в местечке Горки Могилевской губернии открывается земледельческая школа. В Положении о Горыгорецкой земледельческой школе от 1836 года определялось, что «цель земледельческой школы, в соеди-

нении с образцовым хозяйством есть та, чтобы приготовить людей для ведения и распространения усовершенствованных методов сельского хозяйства, как в виде распорядительном, так и исполнительном» [1 с.1-2].

Начавшаяся с 1844 г. инвентарная реформа, призванная урегулировать размеры наделов и повинностей помещичьих крестьян, требовала соответствующих специалистов-землемеров. Поэтому в мае 1847 г. Ученым комитетом Министерства государственных имуществ (МГИ) подготовлен проект Положения о Горыгорецком земледельческом институте. Через год высший разряд земледельческой школы был преобразован в Горыгорецкий земледельческий институт (ГЗИ) – высшее учебное заведение по образцу и структуре университета, положивший начало высшему сельскохозяйственному образованию в Российской империи. Низший разряд земледельческой школы был трансформирован в Земледельческое училище.

В институте в числе специальных дисциплин преподавались: оценка поземельных угодий, большое внимание уделялось механике и сельскохозяйственной архитектуре, геодезии с практическими упражнениями в съемке, нивелировке и черчению архитектурных и межевых планов. В первом полугодии третьего курса излагались сведения по части кадастра и люстрации, относящиеся к межеванию и межевым законам. Во втором полугодии читалась история кадастра с изложением принятых по МГИ правил люстрации и кадастра. Первое полугодие четвертого курса было посвящено практическим упражнениям по оценке земли, составлению хозяйственных смет и расчетов, второе – облюстрированию местности вблизи института.

В 1851 году с разрешения Министерства государственных имуществ открывается кафедра люстрации имений и кадастра. В учебный курс включено преподавание межевых законов и основ кадастра с изложением правил люстрации и переложение податей с душ на землю, а также и на промыслы. В институте имелась хорошая учебно-инструментальная геодезическая база, включавшая в 1851/52 учебном году 42 геодезических прибора и инструмента. Летом проводились практические занятия, в том числе и по геодезии с достаточно подробной съемкой земель фольварков.

Активные работы по изучению хозяйств и населения в России с комплексным топографическим описанием и приложением «камеральных и экономических примечаний» и работ по генеральному межеванию, начавшееся со второй половины 18 в, требовало активной подготовки соответствующих кадров. В связи с чем, 15 декабря 1858 г Министерством государственных имуществ утверждено положение «О классах для образования частных землемеров и таксаторов при институтах: Константиновском межевом и Горыгорецком земледельческом». Классы открывались «... с целью образовывать людей, которые могли бы заниматься производством съемок и таксацией поземельной собственности, в чем при настоящем развитии вопроса об улучшении быта крестьян представляется ошутительная надобность».

Землемерно-таксаторские классы в Горках открылись в 1859 году. В них, после успешной сдачи экзаменов, зачислялись учащиеся только свободных

сословий. На протяжении двух лет они изучали геодезию, межевые законы, математику, физику, химию, черчение, русский язык, закон божий, естественную историю и таксацию.

Открытие землемерно-таксаторских классов, готовящих специалистов для проведения реформы 1861 г, обусловили оптимизацию процесса обучения. В 1859 г. внесены значительные изменения в учебный план института, что наложило существенный отпечаток не только на содержание теоретических, в первую очередь экономических дисциплин, но и на методику организации практического курса. Трехлетнее пребывание в институте было разделено на 2 полуторагодичных курса: подготовительный и специальный. Все эти меры предусматривали подготовку, вместо агронома-универсала по прежнему Положению, - специалистов узкого профиля и усилили практическую направленность обучения. На основе Положения о Горыгорецком земледельческом институте, для подготовительного курса предусматривалось изучение таких дисциплин как съемка земель на планы. В специальном курсе, кроме сельской архитектуры и инженерного искусства, изучалась оценка поземельных угодий.

Таким образом, в Горыгорецком институте разрабатывались и активно внедрялись теоретические основы аграрной реформы середины XIX в., закладывались методологические основы экономической оценки земли, было начато изучение систем ведения сельского хозяйства и их исторической эволюции. Здесь исследовались вопросы аграрного развития государства, и осуществлялась своевременная подготовка кадров для осуществления необходимых экономических преобразований. После восстания 1863 года, в котором приняли участие многие студенты, институт был переведён в Санкт-Петербург, в Горках остались только классы земледельческого училища.

Крупные работы по осушению болот на территории Беларуси, с последующим освоением осушенных земель, начавшиеся после организации Западной экспедиции (1873 г) и создания генерального плана осушительных мероприятий, внесли определенные коррективы в подготовку специалистов. В 1876 г. к предметам, изучаемым в землемерно-таксаторских классах, была добавлена прикладная математика и межевые законы. Для землемерно-таксаторских классов был построен специальный землемерно-таксаторский корпус. Выпускники получали звание частного землемера и таксатора. В Горках землемерно-таксаторские классы просуществовали 50 лет, в них было подготовлено около 800 специалистов землемеров-таксаторов.

Начавшаяся в 1906 г. Столыпинская аграрная реформа, повлекшая распад крестьянских общин, ликвидацию «чересполосицы» и активную скупку земли государством, также отразилась на подготовке специалистов. 19 апреля 1909 г. землемерно-таксаторские классы были преобразованы в Горецкое землемерно-агрономическое училище, с двумя подготовительными и четырьмя основными классами, с общим сроком обучения шесть лет. Училище должно было готовить межевых техников, сведущих в сельском хозяйстве и умеющих производить несложные работы по таксации. Училище было единственным в

России учебным заведением, готовившим специалистов, которые могли решать вопросы о пригодности земли под освоение, а также давать советы переселенцам по агрономии и животноводству. Выпускники училища получали звание землемера-агронома. Училище работало до 1919 года. За это время было подготовлено около 300 специалистов.

В 1919 г в Горках на базе объединенных земледельческого и землемерно-агрономического училищ открывают Горецкий сельскохозяйственный институт, 75 выпускников этих училищ зачислили первыми студентами открывшегося института. При институте работали двухгодичные землемерно-таксаторские курсы, готовившие землемеров. В 1923 году землемерно-таксаторские классы были преобразованы в землеустроительный техникум. С 1923 по 1941 г. техникум закончило 1350 человек.

Одним из первых декретов советской власти был Декрет о земле. Новая власть нуждалась в создании системы землеустроительных органов с целью претворения Декрета о земле в жизнь, что потребовало большого числа землеустроительных кадров. 15-20 марта 1924 г в Горецком сельскохозяйственном институте состоялся съезд землеустроителей Западной области, где обсуждался и вопрос о создании при институте землеустроительного факультета. Декретом Совнаркома от 6 августа 1924г был открыт инженерно-землеустроительный факультет, который положил начало высшего землеустроительного образования в Беларуси. В 1924/25 уч. году на факультете училось 150 студентов.

В 1925 году институт преобразован в академию, где подготовка специалистов землеустроителей велась на землеустроительном факультете. В 1999 году в БГСХА состоялся первый выпуск по специальности «земельный кадастр». В настоящее время на факультете ведется подготовка кадров по двум специальностям: "Землеустройство" и "Земельный кадастр" со специализацией «Геодезическое обеспечение кадастра и землеустройства». Теоретическое и практическое обучение студентов осуществляется на трех профилирующих кафедрах: землеустройства, геодезии и фотограмметрии, кадастра и земельного права.

Заключение. В новейшей истории Беларуси получение независимости, проведение земельной реформы и активное развитие компьютерных технологий требует подготовки собственных квалифицированных специалистов, соответствовавшим реалиям времени. Подготовка кадров для землеустроительной и картографо-геодезической служб в стране ведется учебными заведениями двух уровней: среднего специального образования и учреждениями высшего образования [2]. Очевидно, что землеустроительные службы без геодезического, картографического и геоинформационного обеспечения не могут эффективно развиваться и шагать в ногу со временем. Фактически эти три направления, будучи определяющими, неразрывно взаимосвязаны и являются базовыми для подготовки специалистов-землеустроителей.

В нынешних условиях специалисты землеустроительных служб должны не только хорошо знать земельное законодательство, основы картографо-геодезического обеспечения землеустроительной и кадастровой деятельности, ориентироваться в проектной документации, владеть методами составления и эколого-экономического обоснования схем землеустройства административных районов, проектов межхозяйственного и внутрихозяйственного землеустройства, но и владеть технологиями создания и наполнения баз гео-данных, навыками использования данных дистанционного зондирования, материалов наземной инструментальной съемки, векторных, растровых, grid- и TIN-моделей представления пространственных данных.

Сегодня в стране специалистам в области картографии и геоинформационных систем (ГИС) отводится важная роль в информационной поддержке и картографическом обеспечении землеустроительных мероприятий при ведении земельного кадастра. С 2011 г. подготовка таких специалистов ведется на базе географического факультета БГУ (с 2019 г. – факультет географии и геоинформатики). Сегодня, несмотря на ряд проблем в географическом образовании страны [3], обусловленных объективными и субъективными причинами [4,5], эти специальности являются наиболее востребованными среди абитуриентов, поступающих на географический факультет.

Библиографические ссылки

1. О положении и штатах Горыгорецкой земледельческой школы. Постановления по сельскохозяйственным учебным заведениям за время 1836–1899 гг. СПб., 1900. 529 с.
2. Pirozhnik I. Geography in Belarus / I. Pirozhnik, D. Ivanov, D. Kurlovich // Belarus in Maps. Budapest, MTA CSFK Geographical Institute, 2017. P.177–180.
3. Иванов Д. Л. Состояние, проблемы и перспективы географии и географического образования в Беларуси / Д. Л. Иванов, М. Н. Брилевский // Географія. № 7. С. 3–20.
4. Иванов Д. Л. Географический факультет Белорусского Государственного университета: 80 лет в системе высшего образования. Вестник БГУ. Сер. 2, 2014, №3. С. 54–59.
5. Иванов, Д. Л. Географическому факультету БГУ – 80: история, современность, перспективы. Земля Беларуси. № 3. 2014 С. 13–17.

УДК 911(07): 528.8

ПРЕПОДАВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНДИКАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ» НА ГЕОГРАФИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ БГУ

Ю. М. Обуховский

Белорусский Государственный Университет, г. Минск, Беларусь,
Obukhovskij@bsu.by

Охарактеризованы особенности курса «Индикационное картографирование», читаемого на географическом факультете БГУ. Содержание курса разделено на ряд крупных модулей, включающих темы лекционных занятий и лабораторных работ. Разработаны тесты и серии проверочных вопросов по модулям, глоссарий. Используется иллюстративный материал.

Ключевые слова: ландшафтная индикация; индикационное картографирование; модульная система; интерпретация тематических карт; данных дистанционного зондирования.

Введение. Ландшафтная индикация, как активный аванметод исследований, широко применяется для решения многих задач тематического и комплексного картографирования, поисков полезных ископаемых, инженерно-геологических и почвенно-мелиоративных работ, охраны и мониторинга природной среды. Круг вопросов, решаемых с помощью данного метода с каждым годом расширяется [1]. В то же время, состояние преподавание предмета значительно отстает от теории и практики. Достаточно сказать, что в классическом учебнике по картографии [2] индикационному картографированию уделен один абзац.

С 2017 г. на географическом факультете БГУ для студентов специальности «Космоаэрокартография» введена дисциплина «Индикационное картографирование». Учебным планом на курс предусмотрен 71 час, из них лекционных – 18, лабораторных и практических работ – 36.

В основу преподавания дисциплины положены:

- учебное пособие ландшафтной индикации [3];
- УМК «Индикационные методы изучения природных ресурсов» [1, с. 190-192];
- цикл исследований по космоландшафтному картографированию и оценке экологического состояния административных районов с интенсивной техногенной нагрузкой [4, 5 и др.].

Основная часть. Учебный материал в курсе излагается в 12 главах, подразделяемых на три крупных модуля. В первом из них описана теория и история развития ландшафтной индикации (основные понятия и термины, индикационные системы и классификация направлений исследований, особенности развития различных отраслей от древности до настоящего времени, современное состояние индикации в лесной зоне и в Беларуси, методика индикационных исследований).

Во втором модуле раскрыты особенности использования частных индикаторов (оптика ландшафта, рельеф, гидросеть, растительность, антропогенные объекты) и комплексных (экотягуры и индикационные системы, рисунок ландшафта). Даны индикационные схемы почвогрунтов и грунтовых вод для физико-географических провинций Беларуси), охарактеризованы основные особенности и зональные отличия лито- и гидроиндикаций. Отдельная глава посвящена тектоиндикации: изучению новейшей геодинамики и глубинного строения, индикации глациодислокаций, полезных ископаемых.

В третьем модуле рассмотрены вопросы индикации экзогенных вопросов, основные понятия и структура динамической индикации. Предложена концепция торфяно-болотных комплексов, как основа диагностики морфогенеза и выявления экологически нестабильных участков на трансформируемых болотах. Исследованы особенности ретроиндикации процессов и картографирования антропогенной нарушенности ландшафтов. Изложена методика индикационного дешифрирования аэрокосмических снимков, ланд-

шафтного картографирования и индикационной интерпретации ландшафтных карт. Завершает модуль глава об ограничениях применения индикации.

По сравнению с [1], преподавание индикационного картографирования потребовало разработки ещё двух модулей.

– Дешифрирование операционных эктоярусов и их картографической интерпретации. Опознавание и локализация эктоярусов осуществляется по установленным дешифровочным признакам и с использованием данных, предшествующих тематических съемок. Интерпретация эктоярусов выполняется по индикационно-дешифровочным схемам, разработанным для всех физико-географических провинций Беларуси, на основе анализа огромного и фактического материала (литературные и фондовые источники) и данных 35-летних полевых индикационных исследований автора.

– Динамическое картографирование, рассматриваемое как ретроиндикацию динамики геосистем на различных временных срезах. Построение динамических карт осуществляется путем наложения структуры компонентов ландшафта. Легенды таких карт отражают динамику границ и локализацию лесов, лугов, болот, в том числе участки сохранения, деградации и новообразования.

Лекционный материал по курсу иллюстрируется дешифровочными эталонами, изготовленными по аэрокосмическим снимкам, тематическими картами, графиками и рисунками.

Практические и лабораторные занятия по курсу проводятся по 9 темам. Первое занятие – индикация почвогрунтов и грунтовых вод в лесах: пользуясь тестовыми таблицами и схемой лесорастительных условий студенты определяют экотоп типов леса и генезис почв, а также решают обратную задачу – по экотопу определяют почвенно-грунтовые и гидрологические условия. Следующие два задания посвящены дешифрированию земельных угодий и растительных индикаторов почвенно-грунтовых условий. В результате составляются индикационно-дешифровочные таблицы. В задании 4 по аэрокосмическим снимкам оконтуриваются типы антропогенной нарушенности ландшафтов и дается их классификация. Аналогичные задания выполняются о следующей теме с использованием топокарт. В заключительных практикумах студенты осваивают методику составления ландшафтных карт и их индикационные интерпретации, осваивают методику составления динамических карт по физиономическим компонентам ландшафта.

По каждому модулю разработана серия проверочных вопросов (более 300). Тесты по курсу составлены в закрытой форме с вариантами: один из множества, подмножество из множества, порядок множества.

Заключение. Дисциплина индикационного картографирования читается впервые в мире. Двухлетний опыт ее преподавания показывает, что модульное изложение учебного материала является оптимальным и отражает основные задачи и содержание курса. Следует отметить его сложность, в усвоении которого студенту необходимо увязывать методы дистанционного зонирования и картографирования со всем спектром наук о географическом ланд-

шафте – от глубинной геодинамики до геоботаники. В дальнейшем необходимо устранить некоторую диспропорцию в количестве лекционных и лабораторных часов, расширить иллюстративную часть дисциплины, в первую очередь, за счет белорусского фактического материала, доработать существующий ОМК по ландшафтной индикации, усилив его картографическую составляющую.

Библиографические ссылки

1. Дистанционное зондирование природной среды: теория, практика, образование. Науч. ред. Ю. М. Обуховский. Минск: РИВШ, 2006, с. 190-192.
2. Салищев К. А. Картоведение. М.: МГУ, 1982. С. 290.
3. Обуховский Ю. М. Ландшафтная индикация. Учебное пособие. Минск: БГУ, 2008. 255 с.
4. Обуховский Ю. М., Самсоненко И. П., Жидкова Т. А. Космоландшафтное картографирование и оценка экологического состояния природных комплексов Брестского района. Земля Беларуси. 2013. № 4. С. 35–41.
5. Обуховский Ю. М., Жидкова Т. А., Самсоненко И. П., Шалыт П. Д. Космоландшафтное картографирование и оценка экологического состояния Гомельского района. География. 2015. № 11. С. 36–41.

УДК 528.8+528:378.016

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

А. А. Топаз

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, topaz_antonina@mail.ru

Изложены подходы к внедрению технологий цифровой обработки материалов дистанционного зондирования Земли в университетский образовательный процесс. Приведен опыт использования программных продуктов ERDAS Imagine и ENVI в учебном процессе на факультете географии и геоинформатики.

Ключевые слова: дистанционное зондирование; программное обеспечение; цифровая обработка.

Введение. Современное состояние развития науки предъявляет более высокие требования к качеству образования. Особый интерес представляют области на стыке с информационными технологиями. В связи с этим актуальным становится внедрение в образовательный процесс технологий цифровой обработки материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

В настоящее время в Республике Беларусь создана Белорусская космическая система дистанционного зондирования (БКСДЗ), основная цель которой – обеспечение пользователей требуемыми данными ДЗЗ или результатами их обработки. Необходимым элементом БКСДЗ, обеспечивающим её устойчивое развитие, является создание системы постоянной подготовки кадров в областях науки, связанных с получением, обработкой и практическим

использованием данных космического зондирования. Подготовка таких специалистов осуществляется в Белорусском государственном университете на факультете географии и геоинформатики, где в 2011 г. была открыта специальность «Космоаэрокартография».

Основная часть. Современный уровень подготовки специалистов-картографов подразумевает изучение дисциплин, обеспечивающих формирование знаний и навыков работы с материалами дистанционных съемок. Однако, учитывая, что сегодня работа с данными ДЗЗ — это одна из областей компьютерных технологий, поэтому с возможностями автоматизации процесса тематической интерпретации дистанционной информации студенты знакомятся в рамках дисциплины «Цифровая обработка аэрокосмоснимков». Содержание данного курса охватывает вопросы теории и методов обработки изображений ДЗЗ, позволяющих извлечь из них полезную информацию. Цель изучения дисциплины — формирование у студентов знаний по технологии и методике дешифрирования цифровых снимков, навыков работы с программным обеспечением для обработки данных ДЗЗ, умений использовать на практике приемы цифровой обработки изображений для целей тематического картографирования. Изучение данной дисциплины предусматривает использование современных программных средств при выполнении практических занятий.

Следует отметить, что для работы с дистанционными данными и извлечения из них содержательной информации требуются специальные методы обработки, что обусловлено спецификой материалов ДЗЗ. Все методы обработки изображений ДЗЗ могут быть разделены на две основные группы, предназначенные для частичного или полного компьютерного решения поставленной задачи:

1. *Улучшение изображений* (предварительная обработка изображений, коррекция изображений). Это методы, обеспечивающие преобразования снимков, направленные на облегчение визуального дешифрирования, повышение его объективности и достоверности, а также подготовку снимков к последующему автоматизированному дешифрированию и созданию карты. Выделяют три основных вида коррекции изображений, включающих геометрические, радиометрические и яркостные преобразования. В целом, операции блока предварительной обработки снимков направлены на улучшение визуально-интерпретационных свойств спутниковых изображений, а также на достижение требуемой позиционной точности, за что отвечают геометрическая коррекция и ортотрансформирование.

2. *Тематическая обработка изображений* (извлечение информации из изображений ДЗЗ). Это методы автоматизированного дешифрирования — классификации объектов по снимкам с использованием априорной информации о признаках выделяемых классов или без нее [1]. При автоматизированном дешифрировании широко применяются контролируемая (с обучением), неконтролируемая, экспертная и объектно-ориентированная классификации.

В процессе выполнения практических работ цифровая обработка изображений ДЗЗ выполняется с использованием программного обеспечения

ERDAS Imagine и ENVI и включает полный цикл обработки спутниковых данных – от предварительной обработки до получения необходимой информации и ее интеграции с данными ГИС.

Тематику практических работ условно можно разбить на следующие основные блоки:

1. Геометрические преобразования цифрового снимка.
2. Спектральные преобразования многозональных снимков.
3. Построение классификационных изображений.

С геометрическими преобразованиями цифрового снимка студенты знакомятся в ходе выполнения практического задания по координатной привязке и геометрическому трансформированию снимка.

Задание включает: выбор геометрической модели трансформирования, создание набора опорных точек, оценку их качества, преобразование координат изображения на основе выбранной геометрической модели, трансформирование растрового изображения в соответствии с преобразованными координатами. Конечной целью геометрических преобразований является представление цифрового снимка в определенной проекции и системе координат.

Спектральные преобразования многозональных снимков включают такие операции как улучшение пространственного разрешения изображения, преобразование изображений по методу главных компонент, применение спектральных индексов для анализа изображений.

Целью операции по улучшению пространственного разрешения изображения является слияние панхроматического снимка с многозональным для получения многозонального изображения с высоким пространственным разрешением [2]. В результате слияния этих двух снимков получается изображение с пространственным разрешением панхроматического снимка и спектральными характеристиками многозонального снимка.

Преобразование изображений по методу главных компонент (Principal Components Analysis) – позволяет «уплотнить» избыточные данные в меньшее количество групп. Смысл метода заключается в преобразовании исходного многозонального снимка путем создания новых зон — компонент, корреляция между которыми практически отсутствует. Обработка многозонального снимка на основе метода главных компонент позволяет получить новое изображение, для которого первая зона (компонента) имеет наибольший спектральный контраст и поэтому наиболее информативна. В следующих компонентах содержательная информация убывает, а старшие компоненты содержат только информацию о различных шумах и систематических погрешностях съемочной системы.

Для работы со спектральной информацией часто прибегают к созданию так называемых «индексных» изображений. На основе комбинации значений яркости в определенных каналах, информативных для выделения исследуемого объекта, и расчета по этим значениям «спектрального индекса» объекта строится изображение, соответствующее значению индекса в каждом пикселе, что и позволяет выделить исследуемый объект или оценить его состояние. Среди спектральных индексов выделяют множество вегетационных индексов, т.е. индексов, несущих информацию о состоянии растительного покрова [3]. Для расчета индексов в программных продуктах предназначены отдельные инструменты: в ENVI – Vegetation Index Calculator, NDVI, в Erdas Imagine – модуль Image Interpreter (раздел Spectral Enhancement).

Построение классификационных изображений по многозональным снимкам включает выполнение двух основных видов классификаций – неконтролируемой (без обучения) и контролируемой (с обучением).

В программном обеспечении ERDAS Imagine и ENVI реализованы такие алгоритмы неконтролируемой классификации, как K-means и Isodata, контролируемой – правило параллелепипедов (Parallelepiped decision rule), минимального спектрального расстояния (Minimum distance), расстояния Махаланобиса (Mahalanobis Distance), максимального правдоподобия (Maximum likelihood), метод спектрального угла (Spectral Angle Mapper), двоичное кодирование (Binary Encoding), дерево принятия решений (Decision Tree), нейронная сеть (Neural Network).

Заключение. Широкий инструментарий пакетов Erdas Imagine и ENVI позволяет использовать их для самых различных задач эколого-географического картографирования, включая картографирование растительности, почв, ландшафтов, использования земель и т.п.

Таким образом, освоение методов дистанционного зондирования позволяет студентам овладеть теорией и практикой использования космических снимков, а также современными техническими средствами их обработки и дальнейшей тематической интерпретации. В целом же, использование в учебном процессе методов и приемов компьютерной обработки снимков позволило проводить лабораторные занятия на качественно новом уровне, активизировать познавательную деятельность студентов, повысить интерес к спецкурсам, связанным с интерпретацией и анализом дистанционной информации.

Библиографические ссылки

1. Лурье И. К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков: учебник. И. К. Лурье. М.: КДУ, 2010. 424 с
2. Кравцов С. Л. Обработка изображений дистанционного зондирования Земли (анализ методов). Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2008. 256 с.
3. А. С. Черепанов Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы. Геоматика. 2009. № 3.

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД В ФОРМИРОВАНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «КОСМОАЭРОКАРТОГРАФИЯ»

А. П. Романкевич ¹⁾, Ф. А. Левша ²⁾, С. А. Забагонский ³⁾, О. Н. Балицкий ⁴⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, rom.bsu@mail.ru

²⁾ Государственное предприятие «Белгеодезия», г. Минск, Беларусь,
fedor.levsha@gmail.com

³⁾ Государственное предприятие «Белгеодезия», г. Минск, Беларусь, info@belgeodesy.by

⁴⁾ Государственное предприятие «БелПСХАГИ», Минский район,
а/г Прилуки, mail@belaerogis.by

Формирование профессиональных компетенций студентов специальности «Космоаэрокартография» требует взаимодействия высшей школы с производством на основе современных принципов освоения профессией. В данной статье рассмотрена реализация основных направлений обучения в сфере высшего образования для картографо-геодезической отрасли. Реализация обучения осуществляется по следующим направлениям: методическое обеспечение учебного процесса; теоретическая подготовка; организация и проведение учебных, производственных и преддипломной практик. Практико-ориентированный подход в обучении студентов позволяет готовить специалистов в соответствии с современными требованиями картографо-геодезического производства.

Ключевые слова: практико-ориентированный подход; базовые предприятия; картографо-геодезическая отрасль; филиал кафедры.

Введение. Повышение качества результатов изучения (освоения) студентами дисциплин образовательных программ в связи с внедрением новых образовательных стандартов высшего образования предполагает использование практико-ориентированного подхода в обучении будущих специалистов для картографо-геодезической деятельности. Актуальные аспекты компетентностной модели подготовки студентов по специальности 1-31 02 03 «Космоаэрокартография» факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета предполагают тесную связь с производственными предприятиями. Такими предприятиями в системе подготовки специалистов являются предприятия, входящие в состав (структуру) Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь – государственное предприятие (ГП) «Белгеодезия», республиканское унитарное предприятие (РУП) «Белкартография», ГП «БелПСХАГИ» и 31 Навигационно-топографический центр Министерства обороны Республики Беларусь (далее – базовые предприятия).

Основная часть. В настоящее время обучение по специальности «Космоаэрокартография» 1 ступени образования составляет 5 лет, а с 2018-2019 учебного года – 4 года. При переводе обучения с пятилетней учебной программы на четырёхлетнюю требовалось решить следующие задачи: проана-

лизировать возможности оптимального соотношения теоретической и практической подготовки студентов картографо-геодезического профиля; найти определенное сочетание традиционных и инновационных методов обучения по данной специальности, а также выявить преимущества при реализации практико-ориентированного подхода применительно к специфике работы базовых предприятий.

С 2015 года в целях укрепления научно-практических связей БГУ с базовыми предприятиями и усиления практической направленности подготовки специалистов в конкретных производственных условиях на основе современных технологий успешно функционирует филиал кафедры геодезии и космоаэрокартографии и компьютерный класс в ГП «Белгеодезия». С участием руководства и ведущих специалистов предприятий разрабатываются и согласовываются планы работы филиала, составляются и рецензируются учебные программы, формируется тематика курсовых, дипломных работ и магистерских диссертаций с учетом специфики производства. В образовательный процесс внедряются новые дисциплины, отвечающие современным потребностям картографо-геодезического производства.

Регулярно в компьютерном классе филиала кафедры проводятся лекционные и лабораторные занятия по следующим дисциплинам: геодезическое инструментоведение (2 курс), проектирование и составление карт, оформление карт и компьютерный дизайн (3 курс), фотограмметрия (4 курс), математическая картография, технология картографического производства, компьютерная графика (4 курс), технические средства дистанционного зондирования, издание карт и основы полиграфического производства, организация и экономика картографического производства (5 курс).

Ежегодно студенты проходят производственные (картографическая – 3 курс, дистанционного мониторинга – 4 курс) и преддипломную практики в соответствии с учебными планами специальности и направлением деятельности предприятий. Руководителями практик являются сотрудники базовых предприятий.

Предприятия активно содействуют укреплению материально-технической базы кафедры. В частности, для проведения полевой геодезической практики ГП «Белгеодезия» передан комплект для производства цифрового нивелирования Leica.

Теоретические и практические знания, профессиональные компетенции студентов закрепляются при проведении совместных научных исследований с использованием учебно-научной базы кафедры геодезии и космоаэрокартографии и научно-производственного потенциала базовых предприятий. С 2018 года в рамках научно-исследовательской работы проводятся совместные полевые изыскания по инструментальному обследованию и отысканию центров геодезических пунктов восточной части триангуляции К.И.Теннера, входящей в Центральноевропейское градусное измерение 52° параллели.

Руководители и ведущие специалисты предприятий активно участвуют в работе Государственной экзаменационной комиссии по приему государственных экзаменов и защите дипломных работ (проектов).

В целях обеспечения эффективной практической подготовки студентов осуществляется постоянная связь кафедры с базовыми предприятиями, что закрепляется договорами о сотрудничестве. Проводятся научно-практические конференции, совместные заседания студенческого научного кружка кафедры геодезии и космоаэрокартографии, учебно-методические семинары.

Совместно с представителями Госкомимущества, руководством и ведущими специалистами базовых предприятий в марте 2019 года проведен объединенный семинар «Концептуальные подходы в системе подготовки студентов по специальности «Космоаэрокартография и перспективы развития картографии в Беларуси». Рассмотрены вопросы: согласование дисциплин учебного плана 2-ой ступени образования (магистратура), создание картографического информационного сервиса факультета географии и геоинформатики на базе изданных карт для школ и вузов, атласная информационная система «Национальный атлас Беларуси» как составная часть ИПД Республики Беларусь.



Заседание картографического студенческого научного кружка кафедры геодезии и космоаэрокартографии

В качестве эксперимента в летнее время в 2019 году 6 студентов 3-4 курсов специальности «Космоаэрокартография» были трудоустроены и привлечены к работам, выполнявшимся в ГП «Белгеодезия» по тематике: «Формирование слоя дорожной сети Республики Беларусь для навигационной карты масштабов 1: 10 000 и 1:100 000».

За время работы филиала кафедры в структурные подразделения базовых предприятий распределено 18 выпускников – специалистов для картографо-геодезической отрасли.

Заключение. Таким образом, практико-ориентированный подход в формировании профессиональных компетенций студентов специальности «Кос-

моаэрокартография» применительно к специфике работы базовых предприятий, позволяет эффективно влиять на ход учебного процесса и учитывать при разработке учебно-методических планов инновационные потребности картографо-геодезического производства. Практико-ориентированные направления обучения и сотрудничества востребованы и дают реальные результаты.

Библиографические ссылки

1. Концептуальные подходы к развитию системы образования Республики Беларусь до 2020 года и на перспективу до 2030 года. Приказ Министра образования Республики Беларусь 29.11.2017 № 742.
2. Романкевич А. П., Балицкий О. Н., Левша Ф. А., «О концептуальных основах подготовки студентов по специальности «Космоаэрокартография». Земля Беларуси № 4, 2016. С. 37–41.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. Геодезия и пространственные данные

<i>Гордейчук Е. Г.</i> Анализ освещенности вопроса определения пространственных деформаций инженерных сооружений геодезическими методами.....	3
<i>Макарова М. В.</i> Зарубежный опыт нормативно-правового обеспечения установления границ административно-территориальных единиц	6
<i>Михайлов В. И., Мысливчик Е. Ю., Кабацкий А. В.</i> Изучение техногенных просадок в Солигорском промышленном районе аэрокосмическим и геодезическим методами ...	9
<i>Олехнович В. Ч.</i> Особенности картографо-геодезического обеспечения демаркации Государственной границы Республики Беларусь	12
<i>Ольгомец В. В.</i> Создание интерактивной карты градусных измерений на территории Беларуси на основе обзора сервисов	16
<i>Подшивалов В. П., Кабацкий А. В.</i> Выбор проекции для картографо-геодезического обеспечения строительства линейных сооружений	19
<i>Подшивалов В. П., Кабацкий А. В.</i> Теоретические основы координатных методов детальной разбивки оси трассы линейных сооружений.....	22
<i>Романкевич А. П., Храмов В. М., Чадович Д. М., Красуцкий В. М., Гордиук А. И., Смирнов И. В.</i> Обследование геодезических пунктов Центральноевропейской дуги параллели (восточная часть триангуляции Теннера).....	26
<i>Руденков О. В.</i> Повышение точности и оперативности топогеодезической привязки	31
<i>Чадович Д. В., Красуцкий В. М.</i> Поисковые работы на пункте Дрисвяты – южном окончании Дрисвятского основания (базиса).....	34
<i>Юзефович К. Ю., Калугин Д. Н.</i> Портал метаданных Госкартгеофонда	39

Секция 2. Картография, тематическое и атласное картографирование

<i>Герман А. Р.</i> Отображение элементов архитектурных форм при создании перспективных картографических изображений	43
<i>Жумарь П. В.</i> Картографические документы фондов Национального исторического архива Беларуси и проблемы их использования в геоинформационных системах.....	47
<i>Компанец Л. В., Юзефович К. Ю.</i> Топографическая карта масштаба 1:100 000, как часть Национального атласа Республики Беларусь и открытого государственного картографического ресурса	50
<i>Толпинский А. С.</i> Особенности изображения рельефа при мультимасштабном картографировании	55
<i>Шишканова О. С., Стрельчень Е. В.</i> Навигационные карты, как особый вид картографической продукции	58
<i>Дробиз М. В.</i> Матрично-параметрическая методика оценки трансформации потенциала природопользования Калининградской области (по материалам топографических карт)	61

<i>Еловичева Я. К.</i> Тематическое картографирование для практического использования в палинологии и палеогеографии	65
<i>Обуховский Ю. М.</i> Космоландшафтное картографирование административных районов Беларуси	70
<i>Пейхвассер В. Н., Храмов В. М.</i> Современный взгляд на Национальный атлас Республики Беларусь	Ошибка! Закладка не определена.
<i>Розжаловец О. А.</i> Картографирование населения Минской области	77
<i>Пейхвассер В. Н.</i> Вклад Минской картографической фабрики в национальное атласное картографирование.....	80
<i>Пейхвассер В. Н., Садовская Г. Г.</i> Развитие картографии в Республике Беларусь.....	83
Секция 3. Дистанционное зондирование и фотограмметрия	
<i>Беляев Б. И., Сосенко В. В., Хомицевич А. Д.</i> Авиакосмические системы и технологии в дистанционном зондировании Земли	87
<i>Губин В. Н.</i> Методы дистанционного зондирования при поисках месторождений нефти.....	91
<i>Гуцаки М. А.</i> Использование беспилотных летательных аппаратов в целях землеустройства и градостроительства и перспективы их применения в сфере bim- и sim-технологий	94
<i>Евпак Н. Ю.</i> Дистанционное зондирование планет и объектов Солнечной системы ..	99
<i>Князева С. В., Королева Н. В., Эйтлинка С. П., Сочилова Е. Н.</i> Дистанционная оценка динамики растительного покрова после воздействия сибирского шелкопряда	102
<i>Курьянович М. Ф., Шалькевич Ф. Е.</i> Использование спутниковой информации для почвенного районирования	107
<i>Давидович Ю. С., Литвинович Г. С., Шалькевич Ф. Е.</i> Изменение спектральной отражательной способности сельскохозяйственных культур в зависимости от степени увлажнения почв.....	111
<i>Никитина А. Д., Князева С. В., Королева Н. В., Гаврилюк Е. А., Эйтлинка С. П.</i> Применение метода пороговой сегментации изображений для определения параметров древесной растительности по спутниковым данным сверхвысокого пространственного разрешения.....	114
<i>Рыкин И. С., Паниди Е. А.</i> Определение границ и продолжительности вегетационных сезонов по данным рядов спутниковых съёмок с высоким временным разрешением – применение облачных вычислений	118
<i>Топаз А. А., Волосяк А. И.</i> Использование открытого программного обеспечения при мониторинге лесной растительности по спутниковым данным Sentinel 2.....	122
<i>Хрущёва Е. О., Лукашик А. А.</i> Мультиспектральная съёмка с беспилотных летательных аппаратов.....	125
<i>Черняков Г. В., Романкевич А. П.</i> Применение беспилотных летательных аппаратов при выполнении инженерно-геодезических изысканий.....	129

Секция 4. Геоинформационные системы и технологии

<i>Аль-Дарабсе А. М. Ф., Маркова Е. В., Денисова Т. В.</i> Мобильные технологии и геоинформационные системы для улучшения систем здравоохранения	133
<i>Дымкова В. М., Ковальчик Н. В.</i> Составление ментальных карт для анализа восприятия городского пространства Минска	136
<i>Жуковская Н. В., Мейлук Е. В.</i> ГИС-инструменты в исследовании связей в географическом пространстве	140
<i>Киндеев А. Л., Сазонов А. А.</i> Разработка сети мониторинга почвенного покрова с помощью инструментов геостатистического моделирования Гаусса	144
<i>Наливайко С. В., Ковалевская О. М.</i> Применение ГИС-технологий для изучения временной динамики пространственного расположения гидрологических объектов республиканского ландшафтного заказника «Налибокский»	148
<i>Ничипорович З. А., Микуцкий В. С.</i> Опыт автоматизированной классификации растительности реабилитируемых торфяников по ДДЗ с использованием специальных программных средств	152
<i>Marković N.</i> At the intersection of emotions and cartography – emotional cartographies.	155
<i>Myslyva T., Kutsaeva O.</i> Spatial analysis of soil acidity using geostatistical models based on GIS	160

Секция 5. Образование в сфере геоматики

<i>Аль-Дарабсе А. М. Ф., Маркова Е. В., Денисова Т. В.</i> ИАТУ проект по высшему образованию в области, касающейся геоматики, как поддержка мобильности студентов и педагогов	166
<i>Брилевский М. Н.</i> Применение цифровых карт в образовательном процессе в учреждениях среднего образования	169
<i>Сидорина И. Е., Паниди Е. А., Позднякова Н. А., Андреева Т. А.</i> Образование в сфере геоинформационного картографирования в СПбГУ	173
<i>Заблоцкий В. Р.</i> Обучение студентов МИИГАиК языку программирования C++ на основе решения геодезических задач	176
<i>Иванов Д. Л., Скоромная С. С.</i> От землемера-каморника до инженера-землеустроителя: история землеустроительного образования в Беларуси	180
<i>Обуховский Ю. М.</i> Преподавание дисциплины «Индикационное картографирование» на географическом факультете БГУ	184
<i>Топаз А. А.</i> Опыт использования технологий цифровой обработки материалов дистанционного зондирования земли в учебном процессе	187
<i>Романкевич А. П., Левша Ф. А., Забагонский С. А., Балицкий О. Н.</i> Практико-ориентированный подход в формировании профессиональных компетенций студентов специальности «Космоаэрокартография»	191

Научное издание

**ГЕОМАТИКА: ОБРАЗОВАНИЕ,
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА**

**Материалы международной научно-практической конференции,
посвященной 50-летию кафедры геодезии и космоаэрокартографии
и 85-летию факультета географии и геоинформатики БГУ**

**Республика Беларусь, Минск
20–22 ноября 2019 г.**

На русском и английском языках

В авторской редакции

Ответственный за выпуск *А. П. Романкевич*
Компьютерная верстка *А. С. Толпинский, Е. О. Хрущева*
Художественное оформление обложки *В. М. Храмова*

Электронный ресурс 8,5 Мб

Белорусский государственный университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/270 от 03.04.2014.
Пр. Независимости, 4, 220030, Минск.