

УДК 912.43:63

Е. В. Казяк,
аспірант кафедри геодезії
і картографії БГУ

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ АГРОЭКОСИСТЕМ НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Введение. Мониторинг, оценка и прогноз изменений природной среды являются основой современных географических исследований, которые базируются на изучении различных географических систем и их компонентов.

В связи с тем, что сельское хозяйство является одной из важнейших отраслей экономики Республики Беларусь и политика государства направлена на повышение ее эффективности, особую актуальность приобретает изучение антропогенных территориальных комплексов, в частности агроэкосистем. Экосистемный подход в сельском хозяйстве развивается в течение последних двух десятилетий и связан с началом интенсификации аграрного сектора, внедрением методов рационального природопользования и ведения сельского хозяйства [1].

Согласно определению, установленному Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН (ФАО), агроэкосистемы – это искусственно созданные и регулируемые человеком биотические сообщества культурных растений с их экотопами (местоположениями) с целью получения сельскохозяйственной продукции [2]. Выделяют пять типов агроэкосистем: земледельческие (полевые), плантационно-садовые, пастбищные, промышленные и смешанные [3].

Наиболее эффективным методом изучения структуры и динамики экосистем является картографирование. При этом изучение и картографирование земледельческих агроэкосистем сопряжено с особыми трудностями, что обусловлено высокой динамичностью их основного компонента – посевов сельскохозяйственных культур. Сельскохозяйственная растительность претерпевает как регулярную ежегодную смену на полях (севооборот), так и значительные физиономические изменения вследствие прохождения ряда фенологических фаз развития в течение вегетационного периода (сельскохозяйственного сезона).

Традиционные методы проектирования и создания карт не в состоянии оперативно зафиксировать указанные изменения и обеспечить широкий круг потребителей (в первую

очередь сельскохозяйственные организации и органы, отвечающие за контроль землепользования) необходимыми данными. Ситуацию усложняет установившаяся в стране традиционная система сбора информации. Так, сведения о выращиваемых на полях культурах и их предшественниках помещаются в книги истории полей (есть в каждом хозяйстве). Однако представленная в них информация не всегда является достоверной, так как собирается только со слов агрономов и в силу различных причин часто искажается. При этом информация представлена в ограниченной, неудобной для изучения, анализа и контроля форме, а именно: в текстовом формате без каких-либо схем или карт, отображающих пространственное положение посевов на полях. Отсутствие картографических источников данной тематики делает практически невозможным полноценное изучение структуры и динамики агроэкосистем. Сложившаяся ситуация влечет за собой целый ряд экологических и экономических последствий, и в первую очередь сказывается при планировании научно обоснованного чередования культур на полях. Зачастую культуры на полях высаживаются с нарушением правил севооборота, что ведет к снижению плодородия и деградации почв, возрастанию потребностей во внесении азотных удобрений, удорожанию защитных мероприятий, снижению урожайности и т. д.

Мировой опыт свидетельствует о том, что одним из наиболее эффективных источников информации о структуре и состоянии сельскохозяйственных посевов являются данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) [4–5; 8]. Начаты работы по внедрению ГИС И ДДЗ в аграрный сектор Беларуси [6–7].

В связи с этим основной целью данного исследования являлось картографирование структуры посевных площадей на уровне отдельных полей, по материалам ДДЗ. В качестве тестовых полигонов были определены агроэкосистемы, расположенные в пределах пахотных угодий одного из хозяйств Смолевичского района Минской области (рисунок 1).

Основная часть. В качестве исходных данных ДДЗ использовалась серия многозональных снимков с пространственным разрешением от 15 до 30 метров на пиксель, полученных со спутника Landsat 8. Данные снимки являются бесплатными, доступ к ним организован через специальные веб-сервисы Национальной геологической службы США (EarthExplorer, GloVis и LandsatLook Viewer).

Благодаря тому, что тестовый полигон имел относительно небольшую площадь (8,5 тыс. га) и при этом находился в зоне перекрытия двух полос съемки (рисунок 2), на территорию исследования был составлен архив из 12 снимков Landsat 8 за период с 23 марта по 30 августа 2014 г. (рисунок 3), при этом только 2 из них имели высокий процент облачности (около 50 %).

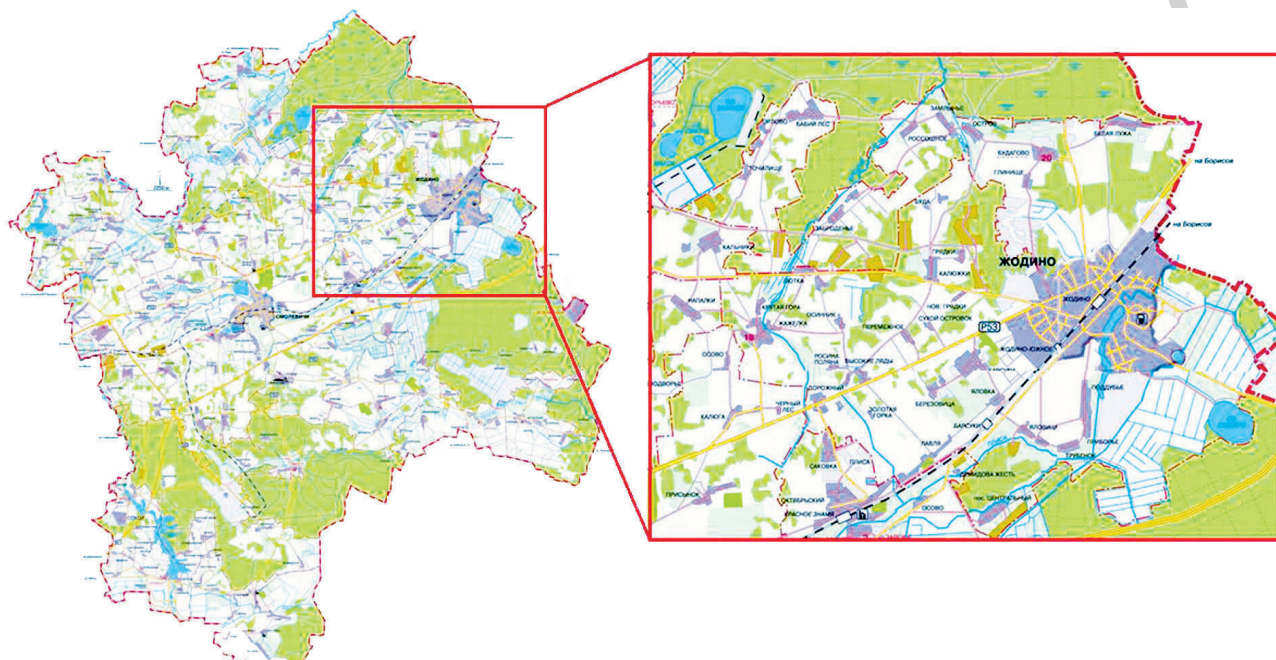


Рисунок 1 – Географическое положение территории исследования

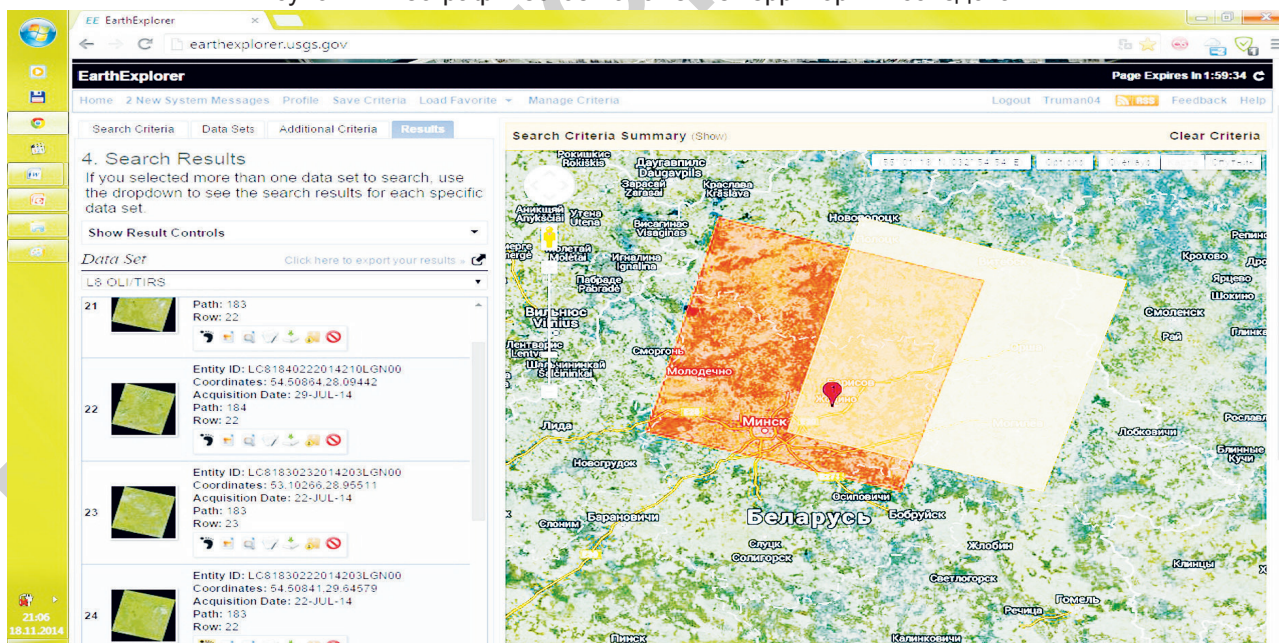


Рисунок 2 – Расположение тестового полигона в зоне перекрытия двух полос съемки (Path 183 /Row 22 и Path 184 /Row22)

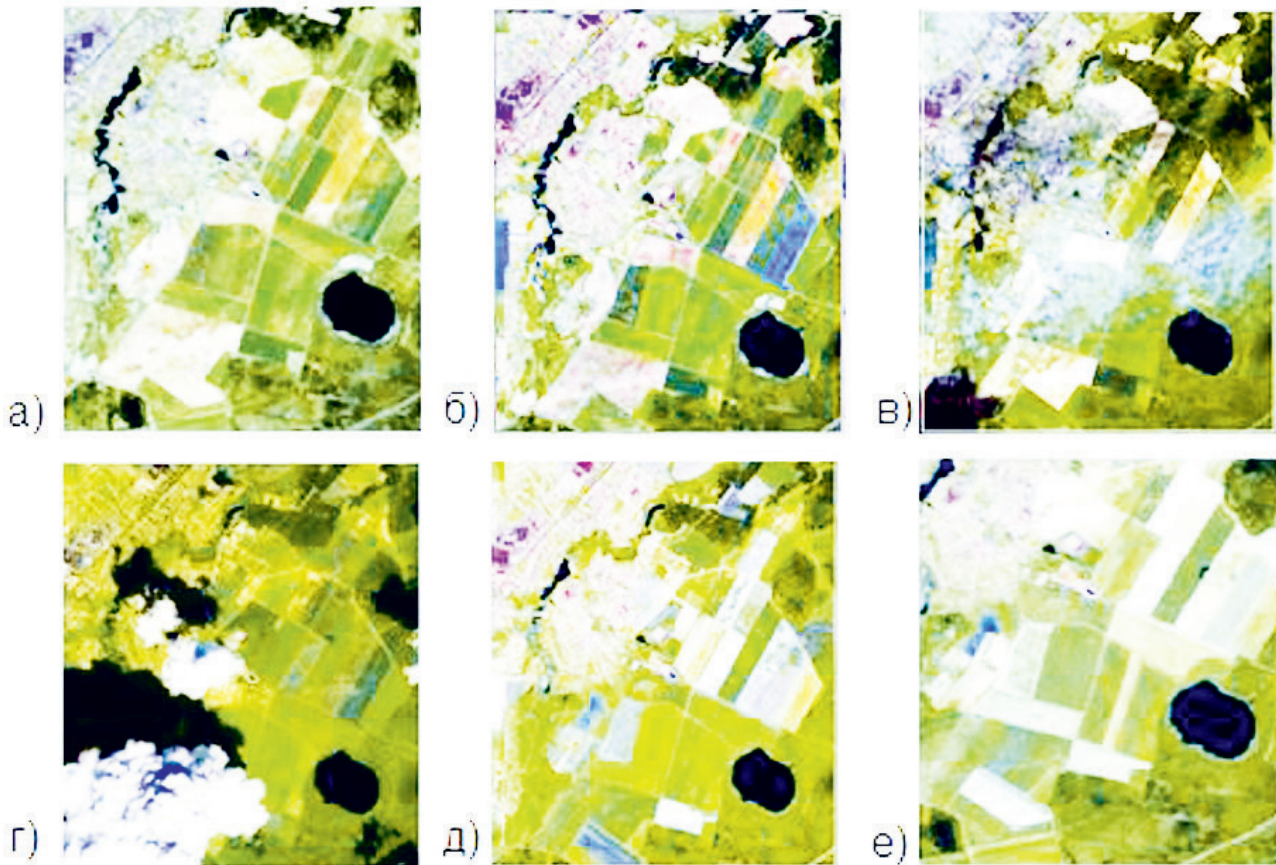


Рисунок 3 – Фрагменты космических снимков Landsat 8 на исследуемую территорию за даты: а) 24.04.2014 г.; б) 19.05.2014 г.; в) 26.05.2014 г.; г) 06.07.2014 г.; д) 22.07.2014 г.; е) 14.08.2014 г. (комбинация каналов 7–5–3)

Экспериментальные исследования проводились для агроэкосистем со следующим видовым составом растительности: *озимая пшеница, озимый тритикале, озимый рапс, яровой ячмень, яровая пшеница, кукуруза и многолетние травы*. Перечисленные культуры являются типичными для агроэкосистем Минской области и страны в целом.

На первом этапе работ на основе картографических материалов аэрофотоплана и данных онлайн-сервисов (GoogleEarth, Яндекс-карты и др.) в программном пакете ArcGIS были оцифрованы тестовые полигоны и создана векторная карта полей. С помощью программы ENVI 5.2. была проведена радиометрическая калибровка и атмосферная коррекция снимков, созданы синтезированные мультиспектральные изображения на район работ.

Для посевов исследуемых агроэкосистем был составлен фенологический календарь развития (включающий также информацию о датах посева и сбора урожая). Анализ данной информации показал, что у большинства исследуемых культур фазы развития и сроки вступления в каждую из них различны. От фазы развития зависит высота растений, объем биомассы, поглощательная способность фитопигментов (хлорофилла, каротиноидов

и др.) и, как следствие, спектральная отражательная способность посевов. Таким образом, фенологические особенности развития культур в течение сезона вегетации могут выступать в качестве основного индикатора для дешифрирования сельскохозяйственных культур. В результате сопоставления информации о фазах и особенностях отображения культур на космических снимках были установлены периоды максимального различия их спектральных яркостей и выявлены временные интервалы, наиболее удобные для распознавания в первом приближении групп посевов (яровые, озимые, многолетние травы), а затем отдельных видов культур.

Так, отражательные характеристики большей части посевов (рапс, кукуруза, общая группа озимых и группа яровых культур) наибольшие различия имеют с конца мая до первой половины июня. Посевы многолетних трав можно с высокой достоверностью определить по серии снимков, отделив их сначала от всех яровых культур (снимок за конец апреля), а затем от озимых культур (по снимку за конец июля). Хуже дешифрируются между собой яровая пшеница и ячмень, которые близки по своим спектральным характеристикам, а также имеют схожие сроки сева, фенологического развития и сбора урожая. Таким образом, для

дешифрирования растительности агроэкосистем необходимо проанализировать снимки, полученные в конце апреля, конце мая (или начале июня), конце июля и начале августа. Путем уменьшения временных интервалов между космическими съемками можно повысить точность распознавания отдельных видов посевов.

Тем не менее ключевым элементом повышения эффективности результатов дешифрирования является проведение спектральных преобразований многозональных снимков [8–9]. В данном исследовании на основе исходных снимков были рассчитаны картограммы спектральных индексов по методу главных компонент, методу «колпачка с кисточкой» (Tasseld Cap) и нормализованному разностному вегетационному индексу (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) [10].

Распознавание посевов на преобразованных снимках проводилось путем контролируемой классификации по правилу максимального правдоподобия, так как тестовые полигоны отбирались специально для агроэкосистем семи видов (то есть заранее можно было установить необходимое для дешифрирова-

ния количество классов). В основе контролируемой классификации лежит использование признаков объектов (эталонов), принадлежность которых к определенному классу на местности известна. В случае данного исследования процесс эталонирования заключался в выделении на анализируемом изображении эталонных областей, соответствующих конкретным видам сельскохозяйственных посевов. Данные были взяты из книги истории полей, поэтому во избежание ошибок из-за возможных неточностей информации, по космоснимку был проведен дополнительный визуальный контроль отбираемых эталонов. Затем в автоматизированном режиме проводилось сравнение значения яркости каждого пикселя с эталонами, после чего каждый пиксель относится к наиболее подходящему классу объектов [10].

На основе результатов автоматизированного дешифрирования и их последующей геоинформационной обработки была создана карта, отражающая фактическую структуру посевов сельскохозяйственных культур изучаемых агроэкосистем (рисунок 4).

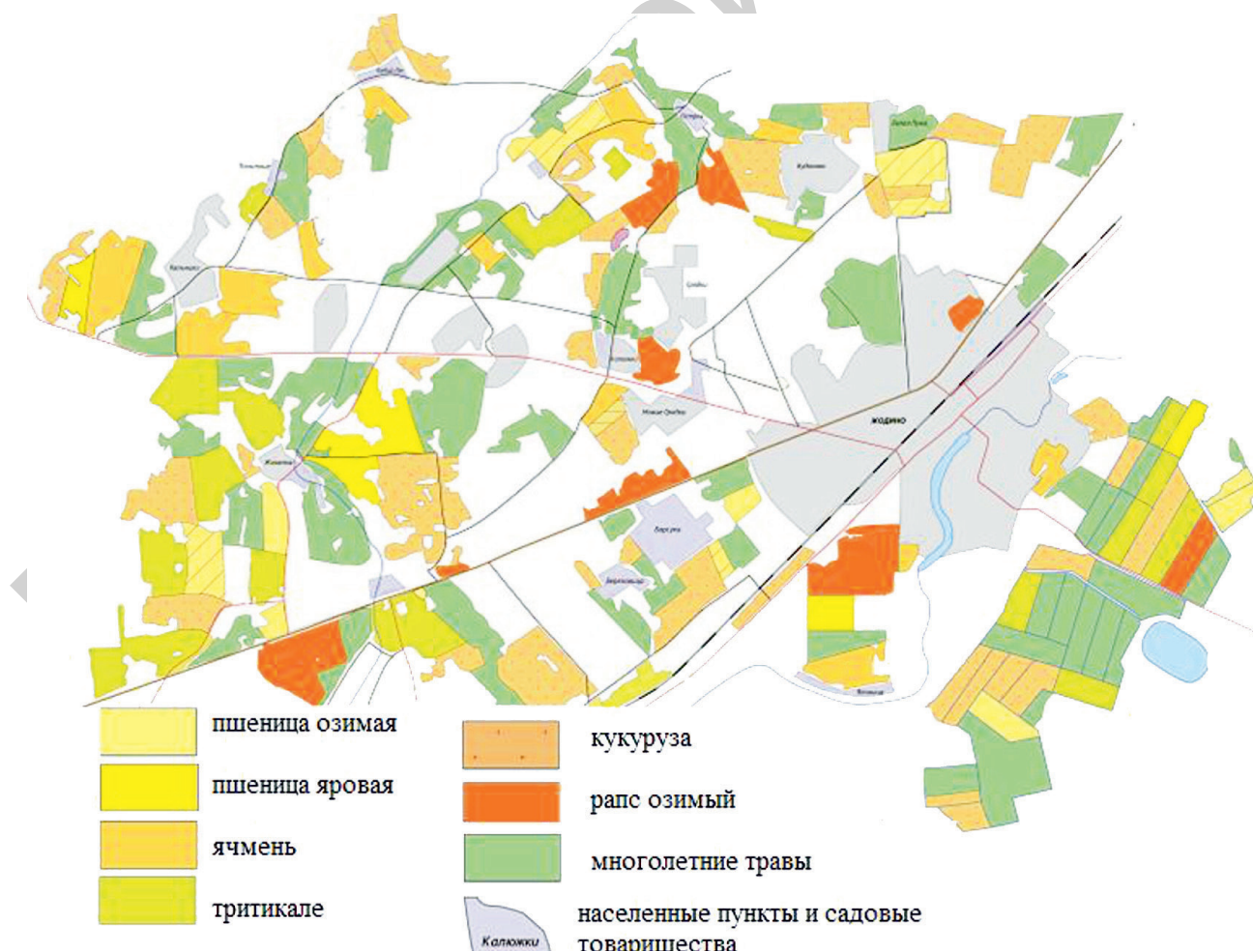


Рисунок 4 – Карта структуры посевов, составленная по результатам дешифрирования

Получение информации о структуре посевов в систематизированной, сопоставимой и наиболее наглядной форме – в виде геоинформационной сельскохозяйственной карты – позволило значительно упростить анализ пространственного расположения агроэкосистем. А в результате сопоставления карты, полученной путем дешифрирования снимков, с данными из книги истории полей, были установлены некоторые несоответствия фактической структуры агроэкосистем с агрономическими данными. Так, например, на трех тестовых полигонах вместо записанной яровой пшеницы произрастали посевы рапса, а ряд участков, отведенных под многолетние травы, был занят посевами кукурузы. Общая площадь такого рода нарушений составила 325 га.

Заключение. Проведенные исследования наглядно демонстрируют, что материалы ДДЗ являются надежным источником получения объективной информации о структуре посевов сельскохозяйственных культур. Разработанный подход и обнаруженные на его основе особенности распознавания агроэкосистем могут быть применены для проведения детального дешифрирования сельскохозяйственных угодий, объяснения хода вегетационных кривых агроэкосистем. Созданная в результате автоматизированного дешифрирования карта может быть использована при планировании научно обоснованных севооборотов и определения площадей, занятых сельскохозяйственными посевами. Наличие серии таких карт за разные годы позволит проводить качественный анализ, эффективное планирование и контроль землепользования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миркин, Б. М. Что такое растительные сообщества / Б. М. Миркин. – М. : Наука, 1986. – 280 с.

2. Codex Alimentarius: Organically Produced Foods. Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization. Rome, Italy, 2001. – 220 p.
3. Зяцькова, Л. К. Геомониторинг природной среды : монография : в 2 т. / Л. К. Зяцькова, И. В. Лесных. – Новосибирск : СГГФ, 2004. – Т. 1. – 376 с.
4. Мышляков, С. Г. Системы космического мониторинга сельскохозяйственных земель ЕС, США, Китая / С. Г. Мышляков // Геоматика. – 2012. – № 2. – С. 87–89.
5. Барталев, С. А. Исследования и разработки ИКИ РАН по развитию методов спутникового мониторинга растительного покрова / С. А. Барталев, Е. А. Лупян // Современные проблемы дистанционного зондирования из космоса. – Т. 10. – 2013. – № 1. – С. 197–214.
6. Золотой, С. А. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Взгляд из космоса / С. А. Золотой, И. В. Лямшева // Геоматика. – 2011. – № 2. – С. 77–79.
7. Мышлякоў, С. Г. Картаграфаванне пасаваў сельскагаспадарчых культур па касмічных здымках для ўнутрыгаспадарчага землеўпарадкавання і аўтарскага нагляду / С. Г. Мышлякоў // Земля Беларусі. – 2012. – № 1. – С. 52–56.
8. Hill, M. J. Estimating spatio-temporal patterns of agricultural productivity in fragmented landscapes using AVHRR NDVI time series / M. J. Hill, G. E. Donald // Remote Sensing of Environment. – 2003. – V. 84. – P. 367–384.
9. Терехин, Э. А. Информативность спектральных вегетационных индексов для дешифрирования сельскохозяйственной растительности / Э. А. Терехин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – Т. 9. – 2012. – № 4. – С. 243–348.
10. Кочуб, Е. В. Анализ методов обработки материалов дистанционного зондирования Земли / Е. В. Кочуб, А. А. Топаз // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. – 2012. – № 16. – С. 132–140.

SUMMARY

The article presents the concept of agro-ecosystems and discusses the methods of remote sensing as a modern and efficient tool to study them. Based on the example of the test site, located in Smolevichi district, Minsk region, the possibility of using multi-spectral satellite images of medium spatial resolution Landsat 8 for geoinformation mapping of the structure of crops is examined (as the most dynamic component of agroecosystems).

Поступила в редакцию 16.01.2015 г.