

УДК 630*58

М. А. Ильючик, начальник отдела приема и обработки
космической информации (РУП «Белгослес»);
С. С. Цай, инженер отдела приема и обработки
космической информации (РУП «Белгослес»)

ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ЭТАЛОННО-КАЛИБРОВОЧНЫХ УЧАСТКОВ ДЛЯ ТЕМАТИЧЕСКОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

В статье рассматриваются вопросы создания базы данных эталонно-калибровочных участков для тематического дешифрирования данных дистанционного зондирования. Приводятся методики подготовительных и полевых работ, дается описание структуры базы данных эталонно-калибровочных участков.

The questions of creating calibration sites data base for thematic classification of remote sensing data are considered in the article. The techniques of preparatory and field work and the structure of a calibration sites data base are given in the paper.

Введение. Использование материалов дистанционного зондирования в лесном хозяйстве, в особенности для целей картографирования поврежденных лесных участков, контроля рубок, а также для целей экологического мониторинга является в настоящее время актуальным во всем мире. Так как космическая съемка высокого разрешения по стоимости дешевле, чем аэрофотосъемка, а по охвату территории значительно больше, то ее использование для решения вышеуказанных задач позволяет получить значительный экономический эффект.

Но полноценное использование материалов дистанционного зондирования (ДЗ), в том числе и полученных со спутниковых систем, невозможно без наличия алгоритмов автоматизированного дешифрирования, позволяющих выполнять тематическую классификацию таких материалов. Наиболее надежными методами тематической классификации являются методы, построенные на использовании обучающих выборок (классификация с обучением). Для реализации таких методов необходим набор обучающих образцов, по которым проводится настройка алгоритма программы. Поэтому создание базы данных таких образцов (эталонно-калибровочных участков) является важным этапом в формировании технологии комплексной обработки данных дистанционного зондирования Земли.

Цель и задачи. В 2009 г. сотрудниками отдела приема и обработки космической информации (РУП «Белгослес») совместно с сотрудниками кафедры лесоустройства (БГТУ) выполнялись работы по формированию базы данных эталонно-калибровочных участков для тематического дешифрирования материалов космической съемки.

Работы выполнялись в рамках задания по теме «Разработать технологию комплексной обработки данных дистанционного зондирования Земли для

решения задач лесного хозяйства», подпрограмма «Применение космической информации в интересах лесного хозяйства» Национальной программы исследования и использования космического пространства в мирных целях. Целью работы являлось формирование базы данных эталонно-калибровочных участков (ЭКУ), на основе которых формировались бы обучающие выборки, необходимые для проведения тематической классификации материалов ДЗ.

Для достижения поставленной цели необходимо было предусмотреть решение следующих задач:

- разработать тематический классификатор основных видов земель и растительности лесного фонда, представляющий номенклатуру земных покрытий;
- в ходе подготовительных работ в камеральных условиях на картографических материалах и материалах космической съемки определить места расположения участков с определенным видом земель или растительности (на основе разработанного классификатора);
- провести полевое обследование отобранных участков с описанием количественных и качественных характеристик;
- выполнить камеральную обработку полевых материалов с определением спектрально-яркостных характеристик изображений эталонизируемых участков;
- сформировать базу данных эталонно-калибровочных участков.

Используемые материалы и программные средства. Наиболее подходящими материалами дистанционного зондирования для целей формирования тематических карт, на наш взгляд, являются данные со спутниковой системы *ALOS (ALOS AVNIR, ALOS PRISM)* по следующим причинам.

Это одни из наиболее дешевых материалов дистанционного зондирования, при достаточно

высоком разрешении: *ALOS AVNIR* – 10 м (мультиспектральная съемка), *ALOS PRISM* – 2,5 м (панхроматическая съемка).

Пространственное разрешение и спектральные характеристики этих материалов близки к заявленным характеристикам готовящегося белорусского спутника, поэтому в большинстве случаев именно они и использовались для получения спектрально-яркостных характеристик обучающих выборок. В ряде случаев использовались и мультиспектральные данные со спутниковых систем *QuickBird* и *Ikonos*.

В процессе выполнения работ широко использовались векторные лесостроительные материалы и поведельная база данных.

В качестве основного программного продукта, на основе которого выполнялась обработка материалов дистанционного зондирования и были получены спектрально-яркостные характеристики, использовался программный комплекс *ENVI*. При работе с векторными данными также использовались ГИС *MapInfo* и *ArcView*.

Тематический классификатор видов земель и растительности. В процессе разработки структуры тематического классификатора принимались во внимание сложившиеся подходы и концепция, реализованные в европейском классификаторе *CORINE* [1] для картирования поверхности Земли на основе материалов космосъемки. Кроме того, насколько было возможно и целесообразно, учитывались сложившиеся в лесостроительной практике классификационные шкалы.

Общие принципы формирования тематического классификатора можно сформулировать следующим образом:

- стремление, насколько это возможно и целесообразно, использовать сложившиеся в лесостроительной и лесозащитной практике стандарты и классификационные шкалы;

- формирование структуры тематического классификатора таким образом, чтобы она позволяла вносить изменения и дополнения (актуализироваться) в связи с появлением новых материалов ДЗ с более высокими дешифровочными свойствами;

- при формировании структуры классификатора придерживались принципа избыточности, следуя которому в него вводились элементы, которые в настоящее время достоверно не определяются на существующих (или доступных) материалах ДЗ, но в перспективе, с появлением снимков с лучшими дешифровочными свойствами или новых методов обработки, будут определяться с большей долей вероятности.

Предложенный классификатор характеризуется многоуровневой структурой. При описа-

нии различных типов земных покровов используются от 3 до 5 уровней вложенности. Наиболее подробно описываются лесные земли, где используются до 5 уровней, тогда как урбанизированные территории только обозначаются (3 уровня). Выделяются следующие основные типы земного покрова:

- лесные земли и природные территории, незатронутые (незначительно затронутые) хозяйственной деятельностью;

- заболоченные и переувлажненные земли;

- водные объекты;

- земли сельскохозяйственного назначения;

- урбанизированные и индустриально освоенные территории.

В ходе последующего дробления выделяются классы и подклассы различного уровня: хвойные насаждения; лиственные насаждения; смешанные насаждения; усохшие насаждения; ветровалы; гари; насаждения по болоту; участки, поросшие кустарниковой растительностью; болота и т. д. Каждому элементу классификатора присвоен специфический код.

В соответствии с предложенным классификатором почти для каждого элемента (за исключением урбанизированных территорий) в камеральных условиях осуществлялся подбор природных объектов с целью их натурного описания. В зависимости от типа объекта набор описательных характеристик мог существенно изменяться. В первую очередь выполнялось обследование эталонно-калибровочных участков, описывающих лесные объекты в виду их большей важности и сложности выполнения работ.

Подготовительные работы. На этапе подготовительных работ определялись лесохозяйственные предприятия, на территорию которых имелись относительно свежие материалы космосъемки, а также векторные лесостроительные картографические материалы. Далее выполнялись следующие виды работ:

- геометрическое трансформирование и регистрация указанных материалов (*ALOS*) по уже подготовленным и обработанным материалам съемки (*Landsat 7ETM+*);

- формирование псевдоцветных синтезированных композитов с целью выделения наиболее существенных различий в породной, возрастной структуре древостоев, различий между различными видами земель;

- увязка векторных лесостроительных материалов с материалами съемки;

- выборка из поведельной базы лесхозов данных лесотаксационных описаний для выделов, с целью определения местоположения эталонно-калибровочных участков;

– предварительное определение местоположения эталонно-калибровочных участков и формирование рабочих маршрутов;

– печать снимков и других картографических материалов на районы расположения эталонно-калибровочных участков.

Полевые работы. В процессе полевых работ на эталонно-калибровочных участках выполнялось описание растительности и напочвенного покрова (для природных ландшафтов). При наличии на эталонно-калибровочных участках лесных насаждений выполнялись лесотаксационные измерения с использованием методов перечислительной и глазомерно-измерительной таксации с целью уточнения лесотаксационных характеристик древостоев.

Таксационные показатели древостоев определялись выборочными методами путем закладки круговых площадок постоянного радиуса или же круговых реласкопических площадок с соблюдением требований [2, 3, 4]. В ряде случаев использовался метод перечислительной таксации, предусматривающий сплошной пересчет деревьев на прямоугольных временных пробных площадях и последующий замер высот деревьев по ступеням толщины. На ЭКУ, в которых проводилась перечислительная таксация, дополнительно выполнялась буссольная съемка.

Для эталонно-калибровочных участков на непокрытых лесом и нелесных землях выполнялось описание участков в соответствии с требованиями лесоустроительных нормативов [4].

На каждом ЭКУ выполнялось фотографиярование природного (или техногенного) ландшафта, напочвенного покрова с использованием цифрового фотоаппарата таким образом, чтобы были зафиксированы его наиболее существенные черты и свойства, влияющие на формирование структуры изображения (этого участка) при аэрофото- и космической съемках. Так, например, для лесных насаждений выполнялась фотографическая съемка плотности смыкания крон, а также съемка, фиксирующая горизонтальную сомкнутость древостоя. Местоположение эталонно-калибровочных участков определялось с помощью *GPS*-навигации.

Работы по полевому эталонированию с закладкой эталонно-калибровочных участков выполнялись на территориях Березинского, Молодечненского, Столбцовского, Ивацевичского, Чечерского, Быховского и Смолевичского, Червенского лесхозов. В общей сложности было заложено 234 эталонно-калибровочных участка, на которых выполнено лесотаксационное описание вида земель и лесных насаждений. Распределение общего числа эталонно-калибровочных участков по административным областям и лесхозам представлено в таблице.

Распределение эталонно-калибровочных участков по административным областям и лесхозам

| Наименование лесхоза | Количество ЭКУ, шт. |
|----------------------------|---------------------|
| Минская область | |
| Березинский | 27 |
| Молодечненский | 37 |
| Вилейский | 7 |
| Столбцовский | 30 |
| Смолевичский | 34 |
| Червенский | 7 |
| Итого по Минской области | 142 |
| Гомельская область | |
| Чечерский | 26 |
| Могилевская область | |
| Быховский | 33 |
| Брестская область | |
| Ивацевичский | 33 |
| Всего по республике | 234 |

Как видно из таблицы, эталонно-калибровочные участки расположены в основном в центральной, юго-восточной и южной части республики.

Камеральные работы по обработке полевых материалов. В ходе камеральных работ проводилась обработка данных, полученных в полевых условиях:

– перевод собранных данных в форму электронных документов;

– расчет спектрально-яркостных характеристик изображений эталонируемых участков, а также анализ разделимости ряда информационных классов (в программном комплексе *ENVI*);

– формирование базы данных эталонно-калибровочных участков.

Структура базы данных эталонно-калибровочных участков основных видов земель и растительности. Построение базы данных эталонно-калибровочных участков выполнялось на уровне проекта в геоинформационной среде *ArcView*. Основные информационные компоненты, необходимые для ее реализации, следующие:

– материалы космической съемки высокого разрешения со спутниковых систем (*ALOS*, *Terra/Aster*, *Landsat*, *Ikonos*, *QuickBird* и др.) в растровом формате *tif/geotif*;

– векторные лесоустроительные картографические материалы, отражающие структурное разделение покрытых лесом земель на лесотаксационные участки (в формате *shape*, *ESRI*);

– повыведельная база данных с описанием таксационных характеристик выделов (формат таблиц *dbf*);

– векторные данные, отражающие географическое положение центров эталонно-калибровочных площадок (в формате *shape*, *ESRI*);

– краткая база данных по эталонно-калибровочным участкам, содержащая нумерацию ЭКУ в пределах лесхоза, тип ЭКУ в соответствии с классификатором видов земель и растительности, координаты, краткое текстовое описание участка (формат таблиц *dbf*);

– данные, содержащие исчерпывающее текстовое описание эталонно-калибровочных участков, а также материалы фотосъемки объектов в натуре, сохраненные в двух форматах: формат текстового редактора *doc* (*MS Word*); формат электронных WEB- документов *mht*.

Интеграция вышеуказанных информационных ресурсов осуществлялась на базе геоинформационной системы *ArcView/ArcGIS*. Богатый функциональный инструментарий этой системы, позволяет реализовывать разнообразные запросы к атрибутивной базе данных (при необходимости возможно использование SQL-запросов), отображать географические объекты по запросу, организовывать динамические связи между географическими объектами на экране и другими объектами-приложениями.

Использование вышеуказанных функций геоинформационной системы *ArcView/ArcGIS* позволило связать описательную информацию, характеризующую ЭКУ с географическим объектом, отображающим местоположение ЭКУ на карте: при нажатии щелчка мыши по объекту выполняется запуск интернет-браузера Internet Explorer и в окне этой программы отображается текстографическая информация, содержащая данные о выбранном эталонно-калибровочном участке.

Выводы и рекомендации. В результате выполнения исследований была предложена методика подготовительных и полевых работ по формированию базы данных описательных характеристик эталонно-калибровочных участков.

Сформирован тематический классификатор видов земель и растительности для целей использования при выделении калибровочных участков.

Выполнены полевые работы по закладке эталонно-калибровочных участков в количестве 234 штук на территории Минской, Гомельской, Брестской и Могилевской областей.

Подготовлены ГИС-проекты на территорию лесхозов, в которых производилась закладка ЭКУ с указанием месторасположения таких участков.

Сформирована база данных эталонно-калибровочных участков на территорию указанных выше лесхозов и предприятий. На основе данных, полученных вследствие обработки материалов дистанционного зондирования (космическая съемка высокого разрешения со спутниковой системы *ALOS/AVNIR*) и описательных характеристик ЭКУ получены тематическая карта видов земель и групп пород для Березинского лесхоза.

Предложенная технология может быть использована для дальнейшего формирования базы данных эталонно-калибровочных участков с целью выполнения классификации в автоматизированном (и полуавтоматизированном) режиме не только с использованием материалов космической съемки *ALOS*, но в перспективе и данных, которые предполагается получать с белорусского спутника.

Литература

1. CORINE Land Cover [Electronic resource]. – Режим доступа: <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>. – Дата доступа: 27.01.2010.
2. Справочник таксатора / под ред. В. С. Мирошникова [и др.]. – Минск: Ураджай, 1980. – 360 с.
3. Нормативные материалы для таксации леса Белорусской ССР / под общ. ред. В. Ф. Багинского. – М., 1984. – 308 с.
4. Инструкция по проведению лесоустройства государственного лесного фонда / Лесоустроительное республиканское унитарное предприятие «Белгослес». – Минск, 2002. – 88 с.

Поступила 14.04.2010