

УДК [502:37.03]:004.4

А. С. СОКОЛОВ, О. В. КОВАЛЁВА

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»

г. Гомель, Республика Беларусь

alsokol@tut.by

sanakovaleva@mail.ru

В статье представлены возможности разработанного курса «Применение ГИС-технологий в экологическом образовании», который был создан в рамках проекта

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Tempus EcoBRU. Он используется в очной форме обучения и дистанционных курсах для непрерывного обучения учителей предметам, связанным с экологией, соответствующим основным направлениям государственных программ в области экологического образования в контексте многоуровневой системы образования.

Введение. В настоящее время в Беларуси практически отсутствуют какие-либо учебно-методические материалы для учителей, касающиеся геоинформационных технологий и их использования в экологическом образовании и экологических исследованиях. Абсолютное большинство педагогов незнакомы с данным вопросом, с методами работы с ГИС-системами, с возможностями, которые они открывают для учебной и учебно-исследовательской работы. Между тем, возможности ГИС-технологий по созданию экологических карт, получению, визуализации, анализу самой разнообразной экологической информации огромны и с каждым годом продолжают расти.

Использование геоинформационные технологий позволяет резко разнообразить и обогатить формы работы и возможности в экологическом образовании, сделать экологическое образование и исследования соответствующими современным запросам общества и интегрированными с мировыми тенденциями в данной отрасли.

Основное содержание программы по обучению применению ГИС-технологий в экологических исследованиях. Обучение применению ГИС-технологий для экологического образования имело целью получить результат, выражающиеся в формировании у педагогических работников следующих умений:

- возможность самостоятельного создания трёхмерных моделей любых географических объектов от глобальных до локальных; имея перед глазами как традиционную карту, так и её трёхмерную модель, учащиеся значительно быстрее научатся «видеть» пространственную трёхмерную информацию на плоских двухмерных картах;

- возможность быстрого преобразования существующего плоского двухмерного изображения (карты, космического снимка) в трёхмерную модель;

- создание тематических карт с использованием свободного программного обеспечения и всех видов картографических изображений, выбор и реализация любого оформления карт;

- бесплатное получение карт административного деления любого уровня всех стран;

- получение космических изображений любой территории и различного разрешения с разных спутников, а также обработанных материалов космической съёмки с ресурсов профильных организаций (например, актуальная карта облачности, лесных пожаров, ледовой обстановки, загрязнений акваторий морей и океанов, динамики арктических льдов, опустынивания и др.);

- возможность бесплатного получения и работы с исходными материалами космической съёмки (снимков, разделённых по съёмочным каналам), освоение многих учебных и учебно-исследовательских возможностей работы с такими материалами;

- освоение методов пространственного анализа, реализуемых с использованием ГИС-технологий (расчёт морфометрических показателей, расчёт расстояний между объектами, построение буферных зон, операции наложения карт друг на друга и создание результирующей карты, присоединение к электронной карте дополнительных материалов – изображений, текстовых, видео-, аудиофайлов и т.д.);

- использование геосоциальных сервисов, медиасервисов для получения актуальных и наглядных материалов по различным темам и иллюстрирующих природные и социально-экономические особенности различных регионов Земли;

- освоение методов работы с глобальными электронными картами (в том числе анимационными), которые особенно активно появляются в последние годы (карты

метеорологических и гидрологических показателей, геологии, лесных ресурсов, истории формирования политической карты и др.);

– использование других открытых источников экологической и географической информации.

В качестве примера ниже приведена программа освоения тем, связанных с использованием в экологическом образовании и исследованиях материалов космической съёмки и возможности, получаемые обучаемыми при её освоении.

Выполнение экологических исследований и проектов с помощью материалов дистанционного зондирования Земли. Материалы дистанционного зондирования Земли (космические снимки, цифровые модели рельефа и др.) могут быть использованы для получения информации о структуре землепользования различных территорий, ареалах наиболее трансформированных участков, закономерностях пространственного распространения экосистем, природных и социально-экономических объектов и явлений. Именно такие данные являются основой для экологических оценок территорий, их динамики и выполнению учебных и исследовательских проектов в образовательном процессе.

Обучение применению космических материалов в экологических исследованиях включало ряд этапов. Первый этап – получение космических материалов из свободных источников. Для этой цели могут использоваться сайты Геологической службы США (<http://earthexplorer.usgs.gov>), University of Maryland (<http://glcf.umd.edu>), Геопортал Роскосмоса (<http://gptl.ru>) и т. д. С помощью этих сервисов можно получить многозональные космические снимки – сцены Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI, Aster, EO-1 ALI, EO-1 HYPERION. Канопус-В, Ресурс-ДК1, SPOT 5, Formosat-2, Ikonos.

Снимки представляют собой наборы изображений, выполненных в различных спектральных диапазонах. Например, сцена Landsat 7 включает панхроматический снимок в диапазоне 520-900 нм с разрешением 15 м, инфракрасный тепловой снимок в диапазоне 10400-12500 нм с разрешением 60 м и мультиспектральный снимок, состоящий из 6 изображений (в диапазонах 1 – 450-515; 2 – 525-605; 3 – 630-690; 4 – 760-900; 5 – 1550-1750; 6 – 2080-2350 нм) с разрешением 30 м, радиометрическим разрешением 8 бит.

Следующим этапом обучения является синтез цветного изображения мультиспектрального снимка и его последующий всесторонний анализ. В качестве программного обеспечения для этих целей нами предлагается свободно распространяемая программа MultiSpec (<https://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/>), предназначенная для компьютерной обработки мультиспектральных и гиперспектральных снимков. Имеет широкий набор функций – любая версия включает: импорт данных, вывод снимков на экран, построение гистограмм распределения яркости, изменения формата данных, создание новых слоев данных по существующим, кластеризация снимка, определение характеристик классов, определение наилучших спектральных зон, классификация выбранного снимка или его части, вывод результатов классификации, вывод графиков спектральных яркостей, цветное представление корреляций выбранного класса со спектральными зонами исходного снимка, дополнительные утилиты, в том числе экспорт значений яркости пикселей для обработки в других пакетах и др.

Синтез цветного изображения заключается в том, что изображениям в трёх из съёмочных каналов присваивается свой цвет, при этом используется система RGB. В зависимости от того снимкам в каких диапазонах присваиваются цвета, может быть выделено большое количество вариантов цветосинтезированных комбинаций съёмочных каналов, каждая из которых позволяет получить определённую информацию об объектах на земной поверхности и их экологических характеристиках [2].

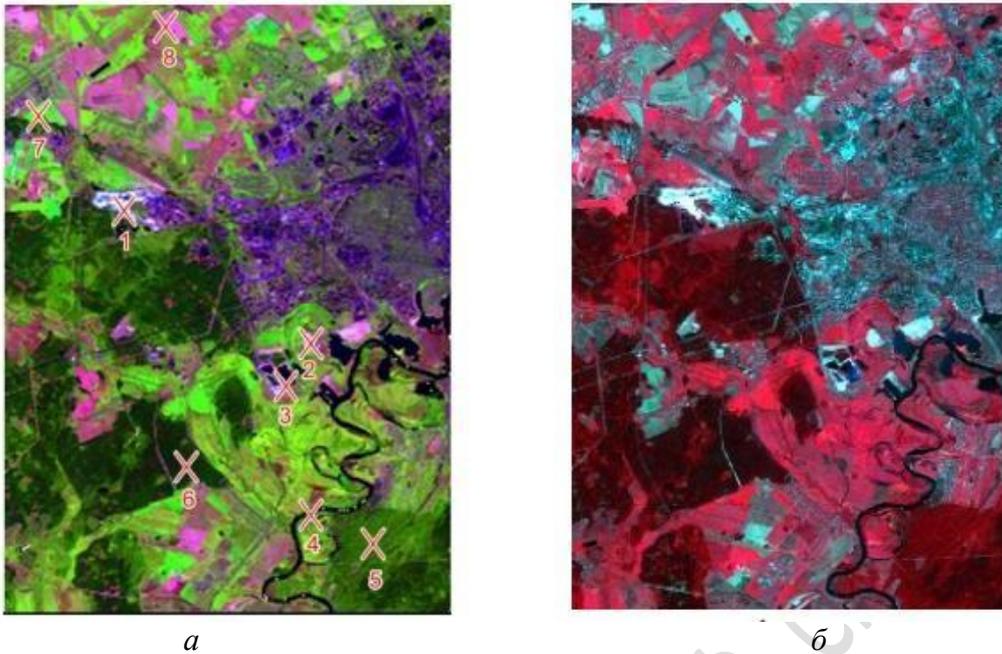


Рисунок 1 – Синтез цветного изображения снимка Landsat 7 (западная часть города Гомель и окрестности): *a* – комбинация 5–4–3; *b* – комбинация 4–3–2

Наиболее часто для синтезирования используются зоны спектра 0,4-0,5; 0,5-0,6 и 0,6-0,75 мкм (то есть в приведённом примере с мультиспектральным снимком Landsat 7 – снимки 1–2–3), которым присваивают соответственно синий, зеленый и красный цвета. Этот вариант синтеза называют стандартным (натуральная цветопередача).

На [рисунке 1](#) показаны примеры синтеза снимка с искажённой цветопередачей. Вариант синтеза 5–4–3 ([рисунком 1а](#)) дает дешифровщику очень много информации и цветовых контрастов. Здоровая растительность выглядит ярко зеленой, а почвы – розовато-лиловыми. Эта комбинация дает возможность анализировать сельскохозяйственные угодья и очень удобна для изучения растительного покрова, широко используется для анализа состояния лесных сообществ.

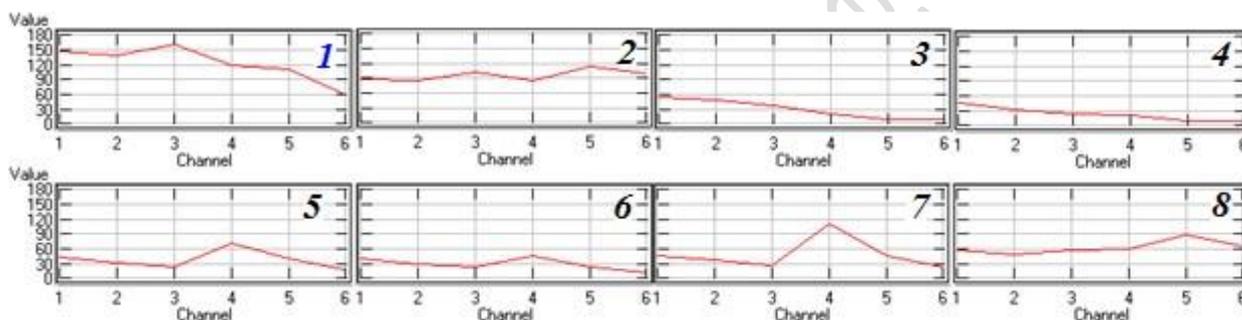
В комбинации 4–3–2 ([рисунком 1б](#)) растительность отображается в оттенках красного, городская застройка – зелено-голубых, а цвет почвы варьируется от темно до светло коричневого. Лед, снег и облака выглядят белыми или светло голубыми (лед и облака по краям). Хвойные леса будут выглядеть более темно-красными или даже коричневыми по сравнению с лиственными. Эта комбинация очень популярна и используется, главным образом, для изучения состояния растительного покрова, мониторинга дренажа и почвенной мозаики, а также для изучения агрокультур. В целом, насыщенные оттенки красного являются индикаторами здоровой и (или) широколиственной растительности, в то время как более светлые оттенки характеризуют травянистую или редколесья/кустарниковую растительность.

Для экологических исследований могут применяться также и другие варианты синтеза, используемые для изучения геологических процессов, характеристик атмосферы, водных объектов, дым, вырубки лесов, влажности почв и т.д.

Третьим этапом является освоение методов распознавания объектов на снимках с помощью их дешифровочных признаков. На снимках можно различить населённые пункты, сельскохозяйственные угодья, леса, водоёмы, луга и другие природные и техногенные объекты [3]. Совмещение снимков с картами административно-территориального или природного (ландшафты, речные бассейны, геоморфологические объекты) деления

позволяют определить соотношение типов земель в пределах отдельных подразделений территории, оценить их экологическое состояние, сравнить различные территории между собой и установить зависимость между природными свойствами территории, уровнем антропогенного воздействия на неё и её экологическим состоянием. В этот же этап включается и освоение возможностей получения векторных shape-файлов единиц административного деления различных уровней всех стран (сайт <https://gadm.org>) и создания файлов природного районирования с помощью ГИС-пакетов.

Для дешифрирования объектов и их свойств на космических снимках помимо использования дешифровочных признаков используются графики спектральной яркости – графическое отображение связи между длиной волны и значениями коэффициентов отражения у анализируемого объекта ([рисунок 2](#)). По оси X указываются номера диапазонов мультиспектрального снимка, в которых с помощью программы MultiSpec определяются уровни яркости. По оси Y – значения яркости в рассматриваемых зонах спектра по шкале от 0 до 255. Каждый тип объектов на земной поверхности характеризуется строго индивидуальными показателями яркости в различных диапазонах. В качестве примера на [рисунок 2](#) показаны графики спектральной яркости, составленные для участков на восьми природных и техногенных объектах снимка ([рисунок 1а](#)), отмеченных на снимке и пронумерованных.



1– отвалы фосфогипса, 2 – песчаный карьер, 3 – вода со взвесями, 4 – вода чистая, 5 – широколиственные леса, 6 – хвойные леса, 7 – сельскохозяйственные угодья с убранным урожаем, 8 – сельскохозяйственные угодья с убранным урожаем

Рисунок 2 – Графики спектральной яркости природных и техногенных объектов

Графики спектральной яркости помогают безошибочно дешифрировать различные типы объектов, даже визуально неотличимые друг от друга. Так, для представленного примера можно отметить следующие особенности спектральной яркости объектов. Для кривой спектральной яркости отвалов фосфогипса Гомельского химического завода, уровень яркости в каналах оптического диапазона максимален среди всех проанализированных объектов, затем в инфракрасной части спектра он стремительно снижается с увеличением длины волны, и в шестом канале яркость наименьшая. Для карьера по добыче песка максимум яркости приходится на пятый канал, в целом форма графика повторяет предыдущий случай, но яркость во всех каналах ниже, кроме того, здесь, в отличие от отвалов фосфогипса, яркость в пятом канале превышает яркость в четвертом.

Для водных объектов яркость минимальна и убывает с увеличением длины волны, но для загрязнённых водоёмов яркость во всех каналах видимого диапазона выше, чем для чистых. Графики для хвойных и лиственных лесов отличаются большим значением яркости в 4 и 5 канале для лиственных лесов. Кривая пашни с убранным урожаем имеет схожий характер с кривой для пашни с необработанным урожаем, однако отсутствует пик в пятом и увеличивается яркость в первом, третьем, пятом и шестом каналах.

Четвёртым этапом обучения является освоение методов создания производных изображений на основе космического снимка. К числу таких изображений могут относиться карты классификации, карты кластеризации и карты распределения показателей, вычисляемых на основе использования значений яркости пикселей в каждом канале.

Карта классификации представляет собой результат автоматизированного дешифрирования снимков методом «с обучением», то есть исследователь сначала выделяет эталонные участки тех объектов, которые отобразились на снимке, а затем программа классифицирует остальные пиксели изображения, сравнивая их с эталонами.

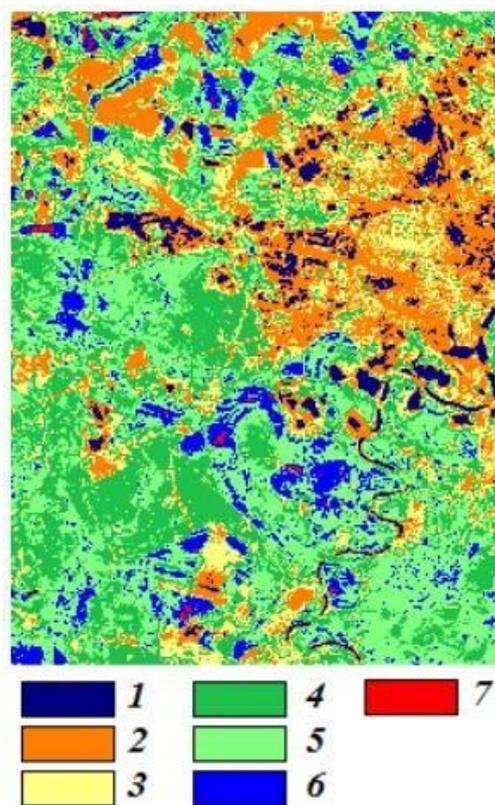


Рисунок 3 – Территориальное распределение вегетационного индекса NDVI:
1 – менее 0; 2 – 0-0,2; 3 – 0,2-0,3; 4 – 0,3-0,4; 5 – 0,4-0,5; 6 – 0,5-0,6; 7 – более 0,6

Карта кластеризации – это результат автоматизированного дешифрирования без обучения». В этом случае программа самостоятельно делит все пиксели на заданное число классов, используя алгоритм ISODATA.

Знания о связи структуры и состояния растительности с ее отражательными способностями позволяют использовать космические снимки для идентификации типов растительности и их состояния [4]. Для этого применяется вегетационный индекс – показатель, рассчитываемый в результате операций с разными спектральными диапазонами (каналами) данных дистанционного зондирования, и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка. Эффективность индекса определяется особенностями отражения; эти индексы выведены, главным образом, эмпирически.

В настоящее время существует около 160 вариантов вегетационных индексов. Они подбираются экспериментально, исходя из известных особенностей кривых спектральной отражательной способности растительности и почв.

Расчет большей части вегетационных индексов базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках кривой спектральной отражательной

способности растений. На красную зону спектра (0,62 - 0,75 мкм) приходится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, а на ближнюю инфракрасную зону (0,75 - 1,3 мкм) максимальное отражение энергии клеточной структурой листа. Т. е. высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с большой фитомассой растительности) ведет к более низким значениям коэффициентов отражения в красной зоне спектра и большим значениям в ближней инфракрасной. Как это хорошо известно, отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять растительность от прочих природных объектов.

Наиболее популярный и часто используемый вегетационный индекс – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), который для растительности принимает положительные значения, и чем больше зелёная фитомасса, тем он выше. NDVI рассчитывается по формуле $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$, где *NIR* – интенсивность излучения в ближнем инфракрасном диапазоне (для снимков спутника Landsat 7 – 760-900 нм), *RED* – интенсивность излучения в красном диапазоне (630-690 нм).

В качестве примера была построена карта распределения вегетационного индекса NDVI на территории на [рисунке 1](#). Для этого была использована опция New Channel from General Algebraic Transformation программы MultiSpec. Визуализация результатов ([рисунк 3](#)) с разбиением пикселей на диапазоны по значению индекса осуществлялась в ГИС Global Mapper.

Составление карты вегетационного индекса позволяет выделить участки экосистем с повышенной величиной биомассы, что отражается в высоком значении индекса.

Заключение. Обучение по различным тематикам, связанным с экологией, использованием земельных и водных ресурсов обусловлено потребностью страны в квалифицированных педагогах, специалистах и экологически образованных руководящих кадрах, занимающихся управлением, использованием и охраной природных ресурсов. Немаловажную роль в этом играет повышение квалификации учителей по современным образовательным программам, в том числе, по применению ГИС-технологий в учебном процессе и исследовательской деятельности.

Список литературы

- 1 Моисеева, Л.В. Теоретико-методологические основы экологической педагогики / Л.В. Моисеева // Успехи современного естествознания. – 2004. – №7. – С. 67-69.
- 2 Шовенгердт, Р. Дистанционное зондирование. Методы и модели обработки изображений / Р. Шовенгердт. – Москва: Техносфера, 2013. 592 с.
- 3 Лабутина, И.А. Дешифрирование аэрокосмических снимков / И.А. Лабутина. – Москва: АСПЕКТ-ПРЕСС, 2004. – 184 с.
- 4 Черепанов, А.С. Вегетационные индексы / А.С. Черепанов // Геоматика. – № 2. – 2011. – С. 98-102.

A. S. SOKOLOV, O. V. KOVALOVA

APPLICATION OF GIS-TECHNOLOGIES IN ECOLOGICAL EDUCATION

The article presents the opportunities of the developed course «Application of GIS-technologies in ecological education» that was created as a part of Tempus EcoBRU project. It is used in full-time training and distant courses for teachers' continuing education of ecology-related subject corresponding to principle directions of state programmes in the sphere of ecological education within the context of multilevel system of education.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ