МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ БАЗЫ ГЕОДАННЫХ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЧУЙСКОЙ КОТЛОВИНЫ ГОРНОГО АЛТАЯ

Зольников И.Д., Смоленцева Е.Н., Королюк А.Ю., Лямина В.А., Мартысевич У.В., Добрецов Н.Н.

Разработана система многопараметрического описания ландшафтных комплексов на микро и мезо-иерархических уровнях. По результатам полевых исследований, проведённых по этой системе в 2006-2007 годах, были получены ландшафтные выделы микро- и мезоуровня, имеющие точные координатные привязки и атрибутивные базы данных. Они содержат качественные и количественные характеристики основных ландшафтных компонентов (рельеф, породы, почвы, растительность) Чуйской котловины. Полученные выделы могут быть использованы как эталонные полигоны для дешифрирования и интерпретации ДДЗЗ при картографировании и мониторинге наземных экосистем.

ВВЕДЕНИЕ

Данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ) активно используются для картографирования и мониторинга наземных экосистем, так как последние являются тематическими объектами, которые относительно легко распознаются на космических снимках. При автоматическом дешифрировании ДДЗЗ нередко возникает ряд затруднений связанных с тематической интерпретацией результатов классификации. Одной из причин, вызывающих эти затруднение, является пространственная гетерогенность естественных ландшафтов различных иерархических уровней. Наши исследования ориентированы на создание технологий учёта вклада различных компонентов наземных экосистем (рельефа, геологического строения и состава пород, почв, растительности). низшего иерархического уровня в яркостные характеристики мультиспектральных космических снимков, а также на разработку алгоритмов их объединения в объекты более высокого ранга для моделирования наземных экосистем среднего (мезо- и макро-) иерархического уровня. Разработка баз геоданных представляет собой один из этапов технологической последовательности создания геоинформационных моделей гетерогенных ландшафтов, отвечающих по иерархии среднему масштабу картографирования.

При проведении наземных исследований основным объектом и, одновременно, таксономической единицей является элементарный микроландшафт (конкретный биогеоценоз), который отражается однотипным спектральным откликом на ДДЗЗ и проявляется на снимках группами пикселей, спектральные кривые которых достаточно схожи и однородны. Элементарный микроландшафт имеет внешние и внутренние свойства. Внешние свойства отражаются в таких признаках, как: геопривязка, размер, форма, ориентировка в пространстве (для неизометричных объектов), характер взаимоотношения со смежными микроландшафтами. Внутренние свойства отражаются в признаках, характеризующих основные компоненты микроландшафта (рельеф, коренные породы, рыхлые отложения, почвы, растительность). Первичная атрибутивная база данных описывает как внутренние, так и внешние свойства элементарных микроландшафтов, которые различным образом комбинируясь в пространстве, образуют типовые мезоландшафты территории.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЕЛДОВАНИЯ

Одной из основных задач междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 56 являлась разработка методики создания геоинформационных моделей наземных экосистем с приоритетным учётом признаков, вносящих вклад в формирование спектрального отклика ландшафтов, фиксируемых на ДДЗЗ.

Предлагаемая работа посвящена решению этой задачи на примере Чуйской котловины Горного Алтая. Она является обособленной в ландшафтном аспекте территорией, ограниченной горными хребтами, массивами и плато и, соответственно, имеет конечный и вместе с тем довольно разнообразный набор наземных экосистем.

Для выделения таксономических подразделений в нашем исследовании использовано представление о «элементарных гомогенных и разнокачественных ареалах» [1] применительно к определённому иерархическому уровню ландшафтов. Здесь же подчеркнём, что при геоэкологических исследованиях часто упускается тот факт, что космический снимок по пространственному разрешению, как правило, соответствует какому-то одному иерархическому уровню природных объектов, а смежные уровни иерархии остаются за пределом анализа ДДЗЗ. В связи с этим разработанная классификация объектов, их элементов и признаков нацелена на создание геоинформационных моделей типовых ландшафтных обстановок, которые можно было бы

использовать для экосистемных исследований на основе ДДЗЗ в рамках одного уровня иерархии природных объектов.

При определении уровня иерархии основных таксономических ландшафтных единиц, а также при выявлении степени их гомогенности или гетерогенности мы в данной работе ограничились уровнем среднемасштабного картографирования (1:100 000 - 1:300 000). В соответствии с решаемой задачей, в качестве критерия при определении степени однородности или неоднородности ландшафта, рассматривалась структура изображения ДДЗЗ, как параметр, отражающий характер ландшафтных особенностей. В пределах Чуйской степи на космических снимках среднего пространственного разрешения (Landsat ETM) выделяются как гомогенные, так и гетерогенные ландшафты.

Для проведения наземных исследований и сбора данных была разработана система многопараметрического комплексного описания ландшафта. Используемое ранее междисциплинарное описание [2, 3], составленное путём простого объединения результатов геолого-геоморфологических, почвенных, ботанических наблюдений оказалось не очень пригодным для геоинформационного моделирования ландшафтов в связи со слишком узкой специализацией количественных характеристик и преобладанием качественных, в основном текстовых комментариев. Требовалось выбрать наиболее существенные параметры для качественной характеристики компонентов и одновременно значимые для формирования спектральных кривых яркости (усреднённые значения по группе пикселей). Поэтому была проведена унификация стандарта описания, в результате чего был подобран и утверждён набор индивидуально-индикационных, количественных и полуколичественных признаков, характеризующих типовые ландшафтные обстановки, иерархически отвечающих уровню среднемасштабных карт и схем (1:100 000 – 1:300 000), а также снимкам с пространственным разрешением от 10–60 м. Эта унификация проводилась в виде многоитерационных последовательных приближений на протяжении нескольких полевых и камеральных сезонов на разных полигонах юга Западной Сибири [3].

Стандарты многопараметрического комплексного описания базовых составляющих элементарного ландшафта, его геолого-геоморфологического строения, почв и растительности разрабатывались совместно сотрудниками ГИС-центра ИГМ СО РАН, ЦСБС СО РАН, Института Почвоведения и Агрохимии СО РАН. Непосредственно в поле по этим описаниям были сделаны конкретные тематические описания по точкам и полигонам, а в камеральный период созданы базы геоданных.

Приведём принципиальное пример описания строения и состава такой многопараметрической системы. Аналогичная таблица является семантическим описанием геокодированного точечного объекта.

Пример описания:

Шифр: Ch_L_001

Макрорельеф: денудационно-останцовый массив коренных пород

Геопривязка: Координаты середины полигона

N= 49,83284

E= 88,74661

H=1924 м

Мезорельеф: делювиальный шлейф

Тип полигона по составу: сложный

Количество элеменарных ландшафтов, составляющих полигон: 3

Текстурный тип полигона: пятнистый

Тип ландшафта: несомкнутые группировки растительности на криоаридных супесчаных почвах на делювиальных шлейфах.

1 КОМПОНЕНТ: Ch_L_001_1

Тип микроландшафта: ковыльно-чиевая сухая степь на криоаридной эолово-аккумулятивной супесчаной почве

Удельная площадь микроландшафта: 5%

Форма: округлые пятна 10-12 м в диаметре

Растительность: 20%

Тип растительности: ковыльно-чиевая сухая степь

Описание растительности: 7-170

Доминанты растительности: чий (Achnatherum splendens), ковыль Крылова (Stipa krylovii)

Лишайник: 0%

Ветошь: 0%
Генетический тип: делювий
Литотип: суглинок лёгкий пылевато-песчаный с дресвой и редким щебнем, покрытый надувом супеси 10 см толщиной.
Тип почвы: криоаридная эолово-аккумулятивная супесчаная
Почва: 60%
Литсостав почвы: супесь песчаная
Каменистость: 20%
Состав грубозёма: дресва
Коренные: 0%
Состав коренных:
Примечание по снимку: наиболее темные контура на QB.

Многопараметрическая ландшафтная характеристика, полученная при проведении наземных исследований в полевой период и сгруппированная по представленной схеме, является одновременно атрибутивной (семантической) составляющей базы геоданных, которая содержит информацию для последующего обобщения и формирования характеристик и названий ландшафтов мезоуровня. Всего было проведено описание 80 элементарных микроландшафтов (биогеоценозов), часть из которых представляет собой компоненты гетерогенных ландшафтов. В тех случаях, когда ландшафтный выдел представлен одним элементарным микроландшафтом, мы имеем дело с гомогенным объектом. Гетерогенные ландшафты изученной территории представлены обычно двух или трёх компонентными системами.

В камеральный период на основе дальнейшей обработки всех многопараметрических стандартов полевых описаний, которая заключалась в уточнении названий почв и фитоценозов и дополнении результатами лабораторных анализов (например, данными анализа гранулометрического состава почв и пород) формировалось окончательное семантическое описание объектов. Далее на основе описаний микроландшафтов средствами ArcView проводилось их геокодирование, а с помощью табличного процессора Exel - объединение конкретных биоценозов в системы более высокого иерархического уровня, одновременно с формированием семантических характеристик.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основой для группировки ландшафтов на макроуровне послужили геолого-геоморфологические особенности территории.

Гляциокомплекс постмаксимального оледенения. В Чуйской котловине он приурочен к её южному обрамлению. Формирует крупный контур в виде «языка» от долины Ирбисту на юго-востоке до долины Чаган-Узуна на северо-востоке. Второй язык располагается в бассейне рек Кокозек и Тархата. Структура данного ландшафта проста. Он слагается из двух постоянно повторяющихся типичных микроландшафтов и одного нетипичного. Это:

1. Пустынные и опустыненные степи на литозёмах на моренном диамиктоне являются фоновым типом. Они занимают вершины и склоны моренных гряд. Площадная доля этого компонента составляет 60-70%.
2. Пустынные и опустыненные степи на пелозёмах на моренном диамиктоне вкраплены в общий фон в виде регулярных пятен и полос по днищам понижений. Их площадная доля составляет 20-30%.
3. Пустынные и опустыненные степи на пелозёмах на озерно-ледниковом алеврите (гляциолимний) в виде контуров различного размера и формы нерегулярно встречаются в эрозионных окнах. Их доля в ландшафте возрастает по мере приближения к долинам рек и достигает 10%.

Лимно-гляциальный комплекс цунгового бассейна. Данный ландашфт в виде крупных контуров встречается в бассейне р.Чаган-Узун. Он состоит из тех же элементов что гляциокомплекс постмаксимального оледенения, охарактеризованный ранее, но их площадное соотношение изменяется. Господствуют пустынные и опустыненные степи на пелозёмах на озерно-ледниковом алеврите (компонент 3 гляциокомплекса постмаксимального оледенения). Пустынные и опустыненные степи на литозёмах на моренном диамиктоне приурочены к фрагментам моренных гряд и холмов. Соотношение этих компонентов составляет 80% и 20% соответственно.

Гляциокомплекс максимального оледенения. Основная часть комплекса расположена в западной части котловины, как в левобережной, так и в правобережной части Чуи. Представляет

собой гомогенное образование, слагающееся пустынными и опустыненными степями на литозёмах на моренном диамиктоне. В отличие от морен постмаксимального оледенения рельеф здесь более сглажен, ложбины выражены слабо и заняты одним типом растительных сообществ и почв. Такой вариант характерен для левобережья Чуи. Северо-западный участок в правобережье Чуи представляет наклонную равнину, осложнённую мелкими эрозионными формами.

Лимнокомплекс на алевритовом основании. Встречается в подножье Курайского хребта по наклонным подгорным поверхностям. Один довольно крупный контур, прорезаемый многочисленными временными водотоками, расположен к северу от посёлка Кош-Агач. Ландшафтный комплекс состоит из следующих компонентов:

1. Пустынные степи на литозёмах на суглинистом щебнисто-галечниковом лимнии – зональный (фоновый) тип.
2. Пустынные степи и полукустарничковые пустыни на пелозёмах на суглинистом (алевритовом) лимнии – по дефлированным участкам и промоинам.
3. Делювиально-пролювиальные крупнообломочные шлейфы с группировками кустарников и полукустарников.
4. Соотношение площадей, занимаемое этими компонентами, составляет 60%, 30% и 10% соответственно.

Автоморфный лимнокомплекс на песчанистом основании. Является одним из основных типов ландшафта, представляющих равнину по днищу Чуйской котловины и состоит из следующих компонентов:

1. Опустыненные степи на криоаридных почвах на супесчаном лимнии.
2. Опустыненные степи на литозёмах на песчано-супесчаном щебнистом лимнии.
3. Пустынные и опустыненные степи на криоаридных почвах на супесчаном щебнистом лимнии.

Поскольку комплекс занимает довольно большую территорию, то соотношение компонентов зависит от конкретных литологических условий, в частности от характера микрорельефа и от гранулометрического состава верхней толщи (30-40 см) рыхлых отложений. Поэтому оно варьирует в различных частях котловины.

Галогидроморфный лимнокомплекс на песчанистом основании. Представлен одним массивом в центральной части котловины к северу от денудационного останцового массива коренных пород Курман-Карашан. Своеобразие данной территории определяется близким залеганием грунтовых вод и постоянной подпиткой слабо-средне минерализованными источниками. На этой территории были выделены и описаны следующие микроландшафты:

1. Пустынные степи на бурых аридных засолённых почвах на супесчаном щебнистом лимнии занимают повышения, эоловые надувы, и примыкают к горным шлейфам.
2. Галофитная растительность на бурых аридных засолённых почвах на песчаном и супесчаном дресьвянистом лимнии является фоновым типом, вероятно под постоянным воздействием грунтовых вод.
3. Галофитная растительность на солончаках на песчаном и супесчаном дресьвянистом лимнии.

Два последние микроландшафта представляют собой места аккумуляции солей за счет выпотного водного режима. Происходит формирование солевых корок на поверхности почв. Максимальная поверхностная аккумуляция токсичных солей за счёт близкого расположения к поверхности грунтовых вод и их испарения с последующей концентрацией солей создаёт местообитания со специфическими условиями.

Эллювиально-коллювиальный комплекс. Ландшафтные комплексы этого типа приурочены к переходной зоне от денудационных к аккумулятивным частям склонов горного обрамления и денудационных останцов коренных пород. Состоит из трех типов микроландшафтов, первые два из них основные, в разных частях массивов соотношение их площадей может значительно меняться.

1.Петрофитные группировки на выходах коренных пород. Почвы не развиты.

2.Петрофитные группировки и фрагменты каменистых пустынных и опустыненных степей на петроземах гумусовых по элювиально-коллювиальным плащам.

3.Пустынные и опустыненные степи на литоземах по делювию. Малозначимый тип, более широко представленный в зоне контакта с делювиально-пролювиальными шлейфами.

Делювиально-пролювиальные шлейфы хребтов горного обрамления и денудационных останцов коренных пород. Делювиально-пролювиальные шлейфы распространены повсеместно в зоне контакта горных сооружений и равнинных пространств. Чаще всего они представлены полосой разной ширины в подножье горных хребтов. Вблизи останцовых массивов мы наблюдаем сложные системы смыкающихся шлейфов. В зоне контактов отдельных шлейфов образуются бессточные западины или вытянутые лощины. Когда размеры этих понижений достаточно большие и имеют значительный водосбор, в них формируются слабо засоленные почвы, покрытые сазовыми. Мезоландшафт состоит из следующих компонентов:

1.Пустынные и опустыненные степи на криоаридных почвах на супесчаном щебнистом делювии – фоновый тип, преобладающий по площади.

2.Сазовые степи на криоаридных слабо засоленных супесчаных почвах по днищам бессточных лощин – формируют вкрапления вытянутой формы.

3.Опустыненные степи на криоаридных почвах на суглинистом делювии.

4.Пустынные и опустыненные степи на литоземах по участкам с близким залеганием коренных пород – подчиненный элемент ландшафта, более обычный в зоне контакта с элювиально-коллювиальными ландшафтами.

Аллювиальные комплексы. Эти ландшафты являются наиболее сложными и разнообразными по структуре. Они занимают значительные площади, наиболее крупный массив приурочен к центральной части Чуйской котловины. В аллювиальных комплексах сочетаются различные типы экосистем – от болотных до пустынно-степных. Один из возможных путей типизации аллювиальных комплексов связан с разделением их по вмещающему их ландшафту.

1.Долины и русла временных водотоков на наклонных поверхностях. Это транзитные системы, они характеризуются сильной каменистостью и отсутствием тонкодисперсных пойменных осадков.

2.Долины и русла временных водотоков на равнинных поверхностях. По мере приближения к центру котловины – долине реки Чуя – они постепенно превращаются в континентальные дельты. Они являются транзитно-аккумулятивными системами, в поймах этих рек откладывается песчаный и пылеватый аллювий.

3.Долины и русла постоянных водотоков в центральной части котловины с хорошо выраженным пойменным режимом (много болот и лугов) и пылевато-илистым аллювием.

4.Участок долины р. Чуи с термокарстовым типом рельефа.

5.Участок долины р. Чуи в западной части котловины, характеризующийся развитием лавротополевых лесов.

6.Долины и русла постоянных водотоков в восточной и юго-восточной части котловины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, разработанные базы геоданных являются одним из этапов единого технологического цикла от полевых исследований до создания тематических ландшафтных карт банков данных при использовании ДДЗЗ для картирования и мониторинга наземных экосистем. Все полученные описания мезоландшафтов можно использовать в качестве основных классов при проведении автоматических классификаций и для разработки легенд к ландшафтным и тематическим среднемасштабным картам.

Работа выполнена при финансовой поддержке междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 56, фонда РФФИ (грант 08-04-00055).

Литература

1. *Сочава В.Б.* Теоретическая и прикладная география. Новосибирск: Наука, 2005. 288 с.
2. *Айриянц А.А., Борисенко А.С., Добрецов Н.Н., Зольников И.Д. Кривоногов С. К., Мистрюков А.А.* Опыт создания баз данных и метаданных Алтайского экорегиона // Геоинформатика, 2003, N 4, С. 13-19
3. *Добрецов Н.Н., Зольников И.Д., Королюк А.Ю., Мистрюков А.А., Смоленцев Б.А., Смоленцева Е.Н., Мартысевич У.В., Макунина Н.И., Мальцева Т.В.* Разработка системы комплексного описания полигонов для интерпретации данных космической съёмки // Сибирский экологический журнал. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2005, Т. XII, №6. С. 1031-1038.

GEODATABASES FOR MAPPING AND MONITORING OF TERRESTRIAL ECOSYSTEMS OF THE CHUYSKAYA VALLEY IN THE GORNY ALTAI

Zolnikov I.D., Smolentseva E.N., Koroluk A.U., Ljamina V.N., Martisevich U.V., Dobrezov N.N.

Polyvalent system has been elaborated for description of landscape complexes at micro- and mesohierarchical levels. On the basis of field research, conducted by this system in 2006-2007, the landscape individuals of micro- and mesolevels have been obtained. Such individuals have exact position data and attributive databases. They contain qualitative and quantitative characteristics of principal landscape components of the Chyuiskaya valley (relieve, rocks, soils, vegetation). The individuals obtained can be used as standard area for earth remote sensing interpretation while mapping and monitoring of terrestrial ecosystems.