

УДК 581.9(571.150)

**Н.В. Овчарова, А.А. Донцов**

**N.V. Ovcharova, A.A. Dontsov**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ  
ЗЕМЛИ ДЛЯ ГЕОБОТАНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТРАВЯНЫХ  
СООБЩЕСТВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

**THE USE OF REMOTE SENSING DATA FOR GEOBOTANICAL MONITORING OF THE  
GRASS COMMUNITIES IN ALTAI KRAI**

Исследование направлено на решение фундаментальной научной проблемы экологии и биологии – изучение биоразнообразия в целях создания системы его эффективной охраны и рационального использования. В качестве исследуемых участков выбраны территории Баевского района Алтайского края. В ходе экспедиции 2014 г. выполнены геоботанические описания травяной растительности района исследования. Получен расчет NDVI по данным космических аппаратов Landsat для Баевского района Алтайского края. Представлены результаты динамики распределения площадей фитоценозов (км<sup>2</sup>) на исследуемой территории. Для определения площадей, которые занимает та или иная растительность, была произведена процедура классификации спутниковых снимков – процесс извлечения классов объектов, отображенных на растровом изображении. Для проведения процедуры классификации были использованы модули *i.gensigset* и *i.smap* ГИС GRASS.

Сохранение биологического разнообразия является одним из важнейших условий перехода мирового сообщества, стран и регионов к модели устойчивого развития. Биологическое разнообразие обладает многомерной ценностью, в том числе и как источник экологических услуг по сохранению экосистем и биосферы в целом. Все это определяет высокую актуальность исследований по изучению биологического разнообразия на уровне видов и особенно растительных сообществ, маркирующих экосистемы и предопределяющих состав гетеротрофной биоты. Исследовательские работы по дешифрированию и картографированию сохранившихся участков степной и луговой растительности по космическим снимкам в настоящее время всё больше становятся актуальными как за рубежом, так и в российских исследованиях (Аковецкий, 1983; Книжников и др, 2004; Ковалевская, 2005). Применение дистанционных методов позволяет оперативно получать достаточно полный объем сведений о состоянии растительных экосистем на исследуемой территории. Большой интерес представляет моделирование динамики по результатам многократной съемки.

Исследование направлено на изучение динамики растительности травяных фитоценозов (в том числе залежных земель) Баевского района Алтайского края на основе дешифрирования разновременных космических снимков. По предварительно подготовленным космическим снимкам в район изучения была организована в 2014 году полевая экспедиция. В рамках экспедиции был собран гербарный материал для уточнения видов растений и выполнены полные геоботанические описания как естественных «нетронутых» фитоценозов (сохранившиеся участки степей), так и заброшенных залежных земель.

Район исследования расположен в северо-западной части Алтайского края. Граничит с Каменским, Тюменцевским, Завьяловским, Благовещенским, Суетским и Панкрушихинским районами края. Рельеф – слабоволнистая равнина приобской лесостепи. Климат континентальный. Средняя температура января – 18,7 °С, июля + 19,4 °С, годовое количество атмосферных осадков – 320–350 мм. На территории района расположено более 130 озёр и естественных водоёмов, в том числе Лена, Баево, Долгое, Мостовое, Камышное и др. Протекают реки Кулунда, Прослаушка, Чуман, Пайвёнок. С севера на юг территорию района пересекает Кулундинский магистральный канал. Почвы черноземные, встречаются солончаки. В северной части района находятся берёзовые колки, в восточной – смешанный лес, западная и южная – степные. В районе произрастает берёза, осина, тополь, сосна, боярышник, шиповник, калина и др.

Применение методов дистанционного зондирования Земли из космоса поможет определить изменения площадей обрабатываемой пашни и залежных земель, засоленных участков, лесных насаждений. Анализ результатов исследований травяных сообществ Алтайского края позволит обосновать новые подходы к их рациональному использованию.

В работе были использованы данные, полученные со спутниковых аппаратов серии Landsat. Программа Landsat – наиболее продолжительный проект по получению спутниковых снимков Земли (Grass GIS, 2015). Первый из спутников был запущен в рамках программы в 1972 году; последний, на сегодняшний день, Landsat-8 – 11 февраля 2013. Для анализа состояния растительности Баевского района Алтайского края были использованы данные с 1990 по 2014 гг. космических аппаратов Landsat-5 и Landsat-8.

Для определения площадей, которые занимает та или иная растительность, была произведена процедура классификации спутниковых снимков – процесс извлечения классов объектов, отображенных на растровом изображении. Данная процедура позволяет использовать полученные снимки для создания тематических карт.

Спутниковые снимки Landsat, предоставляемые конечным пользователям, проходят обработку, включающую радиометрическую коррекцию и масштабирование полученных значений яркости пикселей на шкалу возможных значений яркости элемента изображения. Эти данные зависят от радиометрического разрешения матрицы (количества уровней яркости) и представляют собой величины, пропорциональные количеству приходящего излучения (т. н. DN – digital numbers).

Важным этапом подготовки снимка к процедуре классификации является конвертация исходных значений яркости DN снимка (которые изменяются от 0 до 255 для Landsat TM (ETM+)) в реальные значения приходящего излучения. Значения DN безразмерны и пропорциональны количеству попадающего на сенсор излучения, которое измеряется в Вт/(м<sup>2</sup>·стерадиан·мкм). Для реализации этой процедуры была использована утилита `i.landsat.toar` системы обработки географической информации GRASS (Geographic Resources Analysis Support System) (Grass GIS, 2015). В большинстве случаев при классификации изображений использовать истинные значения излучения не обязательно, вполне достаточно значений масштабированных DN. Но для более точной классификации, когда в работе используются одновременно данные, полученные с нескольких разных приборов (TM-ETM+, MSS-TM и т.д.), лучше произвести конвертацию, так как следует понимать, что разные камеры калибруются по-разному. Это достигается за счет перевода данных из DN в реальные значения приходящего излучения (Gowarda, Masekb, 2001; Leimgruber, 2005).

Работа с GRASS возможна через командную строку, графический интерфейс или при помощи программного API для высокоуровневых языков программирования, таких как Python, R, C, C++. Для решения задачи подготовки данных к классификации с использованием программного интерфейса GRASS был разработан специальный программный модуль, его работу можно разделить на следующие этапы:

- загрузка растров – модуль `r.in.gdal`;
- конвертация исходных значений яркости DN в реальные значения приходящего излучения – модуль `i.landsat.toar`;
- добавление к мультиспектральным каналам панхроматического канала (для снимков Landsat-8);
- расчет NDVI;
- автоматическое улучшение цветовой карты – модуль `i.landsat.rgb`.

Процедуру классификации можно разделить на два этапа. Первый этап – выявление техногенных и природных объектов, которые не имеют отношения к исследованию. Второй этап – непосредственно сама классификация растительности. Для реализации процедуры классификации на первом этапе был рассчитан индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности – показатель количества фотосинтетически активной биомассы, один из самых распространенных индексов для решения задач, использующих количественные оценки растительного покрова, вычисляющийся по следующей формуле:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED),$$

где NIR — отражение в ближней инфракрасной области спектра, RED — отражение в красной области спектра.

Расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра (0,6–0,7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области (0,7–1,0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур листа. Высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной.

Для отображения индекса NDVI используется стандартизованная непрерывная градиентная или дискретная шкала, в которой отображены значения в диапазоне от – 1 до 1 в % или в так называемой масшта-

бированной шкале в диапазоне от 0 до 255 (используется для в некоторых пакетах обработки ДЗЗ, соответствует количеству градаций серого), или в диапазоне от 0 до 200 (от – 100 до 100). Что более удобно, так как каждая единица соответствует 1 % изменения показателя. Благодаря особенности отражения в NIR-RED областях спектра, природные объекты, не связанные с растительностью, имеют фиксированное значение NDVI, что позволяет использовать этот параметр для их обнаружения. Данная особенность NDVI была использована в работе для идентификации техногенных (дороги, здания и др.), водных и прочих природных объектов, не связанных с исследуемыми в работе (рис. 1, табл. 1).

Непосредственно сама классификация основывалась на анализе композитных изображений, составленных на основе стандартных комбинаций каналов Landsat «искусственные цвета», 5, 4, 1 (для Landsat-5) или 6, 5, 2 (для Landsat-8) и 4, 5, 3 (для Landsat-5) или 5, 6, 4 (для Landsat-8). Эти комбинации каналов прибора применяются, главным образом, для изучения состояния растительного покрова, мониторинга дренажа и почвенной мозаики, а также для изучения агрокультур.

Таблица 1

Показатели индекса NDVI для различных типов объектов

Тип объекта	Значение NDVI
Густая растительность	0,7
Разреженная растительность	0,5
Открытая почва	0,025
Облака	0
Снег и лед	– 0,05
Вода	– 0,25
Искусственные материалы (бетон, асфальт)	– 0,5

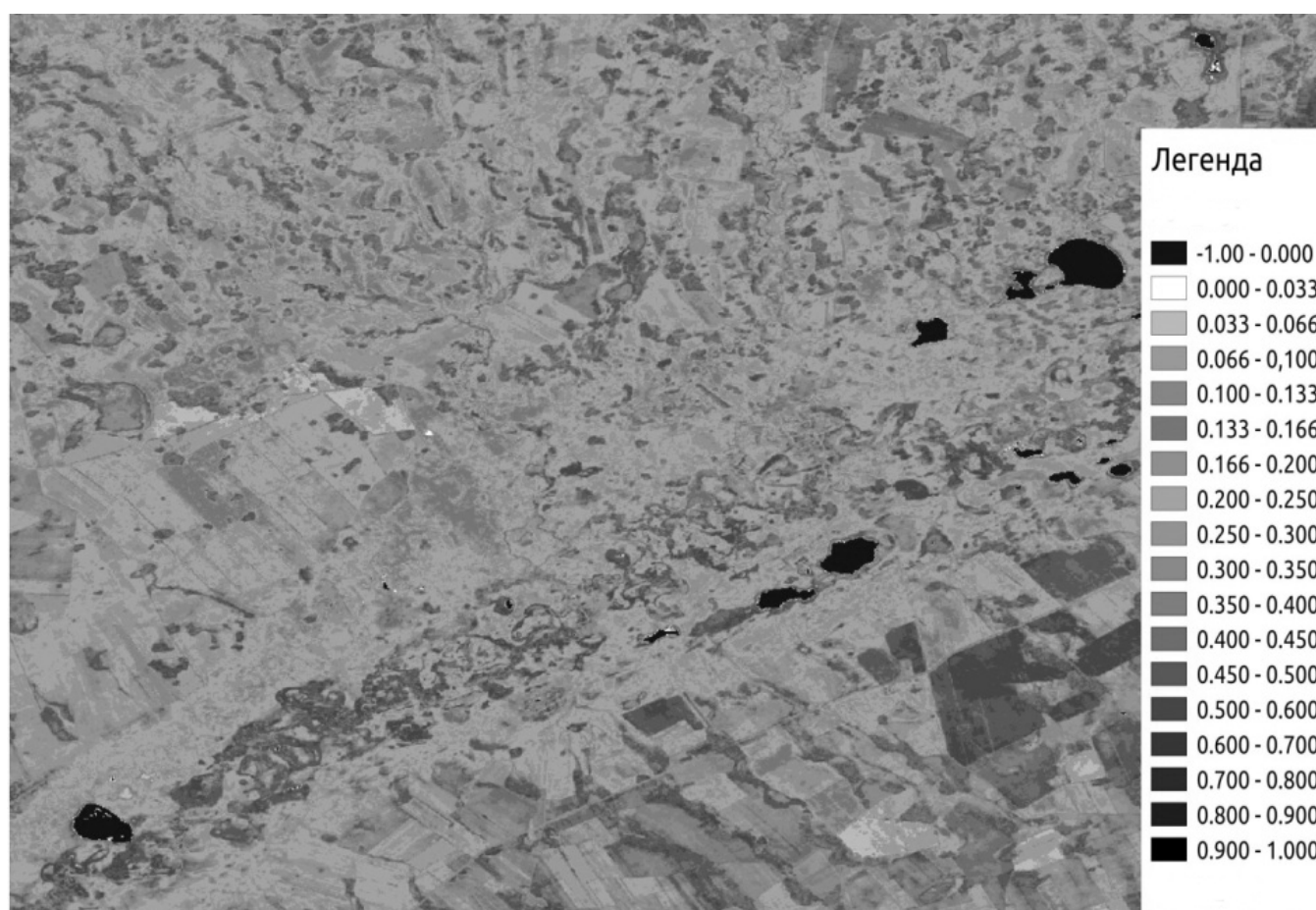


Рис. 1. Значения NDVI для различных типов объектов.

### Классификация космических снимков

Для проведения процедуры классификации были использованы модули *i.gensigset* и *i.smap* ГИС GRASS. Модуль *i.gensigset* рассчитывает сигнатуры с учетом спектральной яркости пикселей, а модуль *i.smap* производит сегментацию изображения с учетом того, что расположенные рядом пиксели с большой степенью вероятности имеют один и тот же класс. Результатом является классификация с меньшим количеством шумов и большими однородными областями, занятыми одним классом. Количество классов и сами классы задаются пользователем в ручную.

Алгоритм классификации включает следующие шаги:

- создание обучающего слоя;
- импорт исходного растра и обучающего слоя в GRASS;
- классификация;
- фильтрация шумов классификации и векторизация.

Классификация растров в GRASS состоит из двух этапов: расчета первичной статистики и классификации. Модуль *i.gensigset* производит расчет спектральной статистики по космическому снимку внутри эталонных полигонов, создавая так называемый файл сигнатур для классификации с использованием модуля *i.smap*. Результатом работы модуля *i.smap* является растровый слой с результатами классификации. После классификации и фильтрации «шумов» растровый снимок переконвертируется в векторный формат, и затем разбивается на векторные полигоны соответствующие классам объектов исходного изображения. На рис. 2 и в таблице 2 представлены результаты определения динамики распределения площадей фитоценозов (км<sup>2</sup>) на территории Баевского района Алтайского края.

Таким образом, из таблицы 2 видно, что площадь агроценозов на исследуемой территории сократилась (в 1990 г. – 174,6 км<sup>2</sup>, в 2014 – 145,6 км<sup>2</sup>), тогда как доля естественных фитоценозов (луга и степи) не-

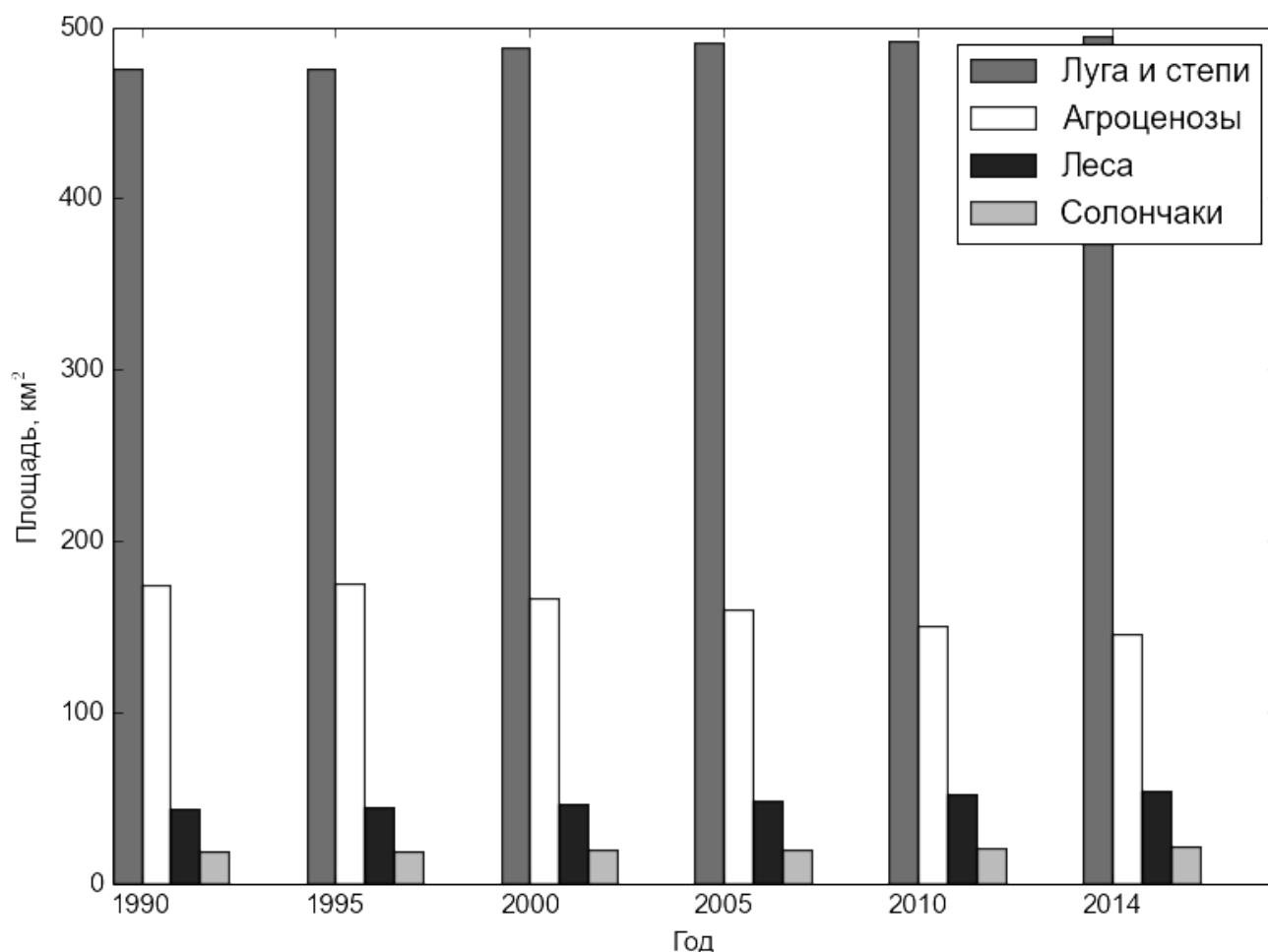


Рис.2. Динамика площадей фитоценозов Баевского района (Алтайский край) (в черно-белый вид).



Таблица 2

Результаты динамики распределения площадей фитоценозов (км<sup>2</sup>) на территории Баевского района Алтайского края за период с 1990 по 2014 гг. по данным космических снимков Landsat

Год	Луга, км <sup>2</sup>	Аграценозы, км <sup>2</sup>	Лесные и кустарниковые сообщества, км <sup>2</sup>	Солончаки, км <sup>2</sup>
1990	475,7	174,6	42,3	19,6
1995	476,1	175,8	43,1	19,2
2000	487,8	166,6	45,1	19,8
2005	490,8	160,6	48,1	20,1
2010	491,9	150,4	51,4	21,5
2014	495,6	145,6	53,4	21,9

значительно увеличилась (в 1990 г. – 475,7 км<sup>2</sup>, в 2014 – 495,6 км<sup>2</sup>). Наблюдается увеличение площадей засоленных участков (солончаков) с 19,6 км<sup>2</sup> в 1990 г. до 21,9 км<sup>2</sup> в 2014 г.

Именно многолетние наблюдения за последовательными сменами растительности на травяных сообществах имеют важное теоретическое и практическое значение, они дают представление о направлении и возможных конечных результатах сукцессий, протекающих при разных экологических условиях и режимах, помогают выработать стратегию управления этими сукцессиями и систему природопользования в нарушенных местообитаниях.

Работа представляет первичные данные исследуемой территории. Данные изображения демонстрируют возможности использования NDVI для мониторинга реального использования земель, выявление заброшенных полей, оценка эффективности сельхоз оборота, отслеживание зарастания и закустаривания, слежение за эрозионными и другими динамическими процессами в зоне целинных земель. NDVI позволяет эффективно, с незначительными затратами решать одну из основных задач таксации пастбищ и выпасов в зоне активного животноводства – расчет продуктивности биомассы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Аковецкий В.И.* Дешифрирование снимков – М.: Недра, 1983. – 374 с.
- Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В.* Аэрокосмические методы географических исследований. – М.: Академия, 2004. – 334 с.
- Ковалевская Н.М., Королюк Ю.А., Dkost Н.Ж., Grigoras I., Булатов В.И., Кириллов В.В., Романова И.Н., Черных Д.В.* Использование космической информации для картирования растительности (район оз. Чаны) // Сибирский экологический журнал, 2005. – № 2. – С. 215–220.
- Grass GIS [Electronic resource]. URL: <http://grass.osgeo.org/>. 2015
- Gowarda S.N., Masekb J.G.* The Landsat 7 mission: Terrestrial research and applications for the 21st century // Remote Sensing of Environment, 2001. – Vol. 78. – P. 3–12.
- Leimgruber P., Christen C.A., Laborderie A.* The Impact of Landsat Satellite Monitoring on Conservation Biology Environmental Monitoring and Assessment // Remote Sensing of Environment, 2005. – Vol. 106. – P. 81–101.

#### SUMMARY

The study is referred to solve the fundamental scientific problems of ecology and biology - the study of biodiversity in order to create an effective system of its protection and sustainable use. As the study sites we selected Baevsky district in the Altai krai. In 2014 during the expedition mission we made geobotanical descriptions of herbaceous vegetation of the study area. We received the calculation NDVI based on data from Landsat satellites for Baevsky district of Altai krai. The results of the dynamics of the area distribution of phytocenoses (km<sup>2</sup>) on issued territory are presented. To determine the area occupied by one or other vegetation, the classification procedure of the satellite imagery was performed – the process of objects classes extracting displayed on the raster image. For the procedure of classification modules and i.gensigset i.smap GIS GRASS were used.