УДК 528.88 : 574.472

© А. И. Сафонов, С. В. Колесников

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ДИНАМИКИ СТЕПНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ РЛП «ЗУЕВСКИЙ» С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: andrey_safonov@mail.ru; kolesnikov.s@donnu.edu.ua

Сафонов А. И., Колесников С. В. **Оценка современного состояния и динамики степных растительных сообществ РЛП «Зуевский» с помощью технологий дистанционного зондирования.** – Проведена оценка возможностей использования технологий дистанционного зондирования для оценки биологического разнообразия растительных сообществ, выявлена зависимость между фиторазнообразием степных ландшафтов и приростом вегетационного индекса NDVI в период с 1986 по 2011 гг.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, фиторазнообразие, NDVI.

Введение

На этапе модернизации и оптимизации существующих экологических сетей глобального и регионального уровня важным является выявление и включение в состав сети ценных ландшафтов. Так как растительность является одним из главных компонентов экосистем, то биологическое разнообразие, биомасса и другие количественные показатели, характеризующие растительное сообщество, – это одни из ведущих критериев, определяющих ценность ландшафта и важность его сохранения [10].

Донецкая область является регионом, природа которого подвергается сильному антропогенному прессингу: как рекреационному, так и техногенному. Поэтому здесь большую роль имеют объекты природно-заповедного фонда (ПЗФ), выполняющие одновременно рекреационные и природоохранные функции. Проблема изучения современного состояния, биотического потенциала и баланса в таких объектах, а также их динамики под влиянием различных экологических факторов является очень актуальной.

Изучение количественных показателей растительных сообществ возможно либо путем непосредственных полевых исследований, либо на расстоянии, с помощью технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Дистанционный подход позволяет исследовать территории при гораздо меньших затратах времени и средств, однако полученные результаты нуждаются в сравнении или комбинировании данных, полученных в ходе полевых исследований. Поэтому эти два подхода являются не взаимозаменяемыми, а взаимодополняемыми.

Цель данной работы – используя дистанционный подход и полевые исследования, изучить современное состояние и динамику степных растительных сообществ регионального ландшафтного парка «Зуевский».

Материал, методы и характеристика района исследования

Для оценки сезонной и межгодовой динамики растительного покрова использовали вегетационные индексы, отражающие динамику зеленой биомассы и содержание хлорофилла [1]. С применением каналов видимой красной (RED) и ближней инфракрасной (NIR) части спектра рассчитывали нормализованный вегетационный индекс (NDVI), который отражает продуктивность зеленой биомассы:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \qquad (1)$$

Исследования проводили на территории РЛП «Зуевский» в окр. балки Большая Липовая (рис. 1) в течение вегетационного периода 2011 г. Ландшафтный парк расположен на востоке Донецкой области около пос. Зуевка и г. Харцызск. Территория парка расположена на землях Зуевского сельского совета и Макеевского лесничества, в 30 км от областного центра г. Донецка. Среди почв преобладают черноземы типичные гумусные и обычные гумусные на лессовых породах. Согласно геоботаническому районированию

Украины, территория РЛП «Зуевский» находится в Крынско-Нагольном районе Донецкого геоботанического округа полосы разнотравно-типчаково-ковыльных степей Приазовско-Черноморской степной подпровинции Причерноморской степной провинции Европейско-Азиатской степной области [4]. Характерными ландшафтами являются петрофитные (каменистые) степи и байрачные леса. По флористическому районированию, эта территория находится в Крынскому подрайоне Донецкого района Донецкого округа Восточно-Причерноморской подпровинции Причерноморско-Донской провинции Панонсько-Причерноморско-Прикаспийской области Голарктического царства [4, 10]. Для подрайона характерна степная растительность с участием лесных и петрофильных видов, комплекс эндемичных и реликтовых, часто стенотопных видов.

Исследования включали: случайный выбор мониторинговых точек, определение их географических координат с помощью GPS навигатора Mio DigiWalker 269, оценку биоразнообразия растительных сообществ. Всего было выбрано 10 пробных площадей размером 30 × 30 м, размещение которых показано на рис. 1.

Для дистанционных исследований нами были использованы данные ДЗЗ, полученные спутниками Landsat-5 (сенсор Thematic Mapper, TM) и Landsat-7 (сенсор Enhanced Thematic Mapper Plus, ETM+), отснятые в июле 1986-2011 гг. и не имеющие помех в виде дымки и облачного покрова.

Процесс обработки спутниковых изображений включал калибровку, атмосферную коррекцию и вычисление вегетационного индекса NDVI, которые производили с помощью программных пакетов Quantum GIS и GRASS GIS, находящихся в свободном доступе.

При камеральной обработке данных изучен видовой состав флоры на мониторинговых точках (на основе собранного гербарного материала); проведены систематический и ценотический анализы флоры на пробных площадках.

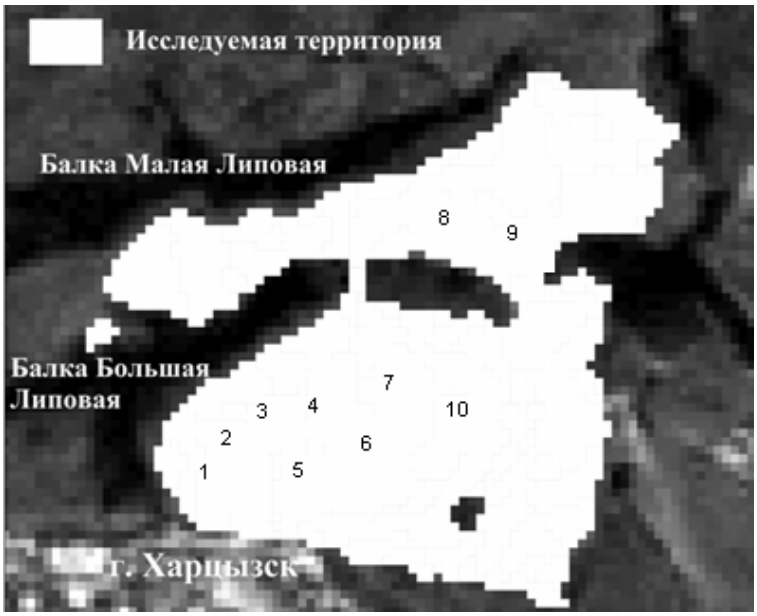

Рис. 1. Расположение исследуемой территории. Числами указана локализация мониторинговых точек (© Landsat-5, внесены изменения).

В ходе исследований нами была проанализирована тенденция временного изменения NDVI на исследуемой территории для каждого пикселя используемых спутниковых изображений (размер пикселя эквивалентен квадрату 30 × 30 м на местности).

Индекс NDVI вычисляли по формуле (1), где NIR – значение инфракрасного (4-го) канала сенсоров TM и ETM+, а RED – значение красного (3-го) канала.

Для определения величины изменения NDVI в период 1986-2011 гг. использовали значение угла наклона аппроксимирующей изменение NDVI прямой. Для его вычисления

был применен метод наименьших квадратов (2), где i – дата используемого снимка, $NDVI_i$ – значение NDVI в данном пикселе во время i, n – количество используемых снимков, x – угол наклона прямой. Положительные значения соответствуют тенденции увеличения NDVI в период 1986-2011 гг., отрицательные – уменьшению. Значение tg(x) пропорционально темпам его изменения.

$$tg(\mathrm{x}) = \frac{\sum (i * NDVI_i) * n - \sum i * \sum NDVI_i}{\sum i^2 * n - \left(\sum i\right)^2} \qquad (2)$$

Результаты и обсуждение

На основе полученных данных была составлена карта (рис. 2) – пространственное распределение значений тангенса угла аппроксимирующей изменение NDVI прямой.

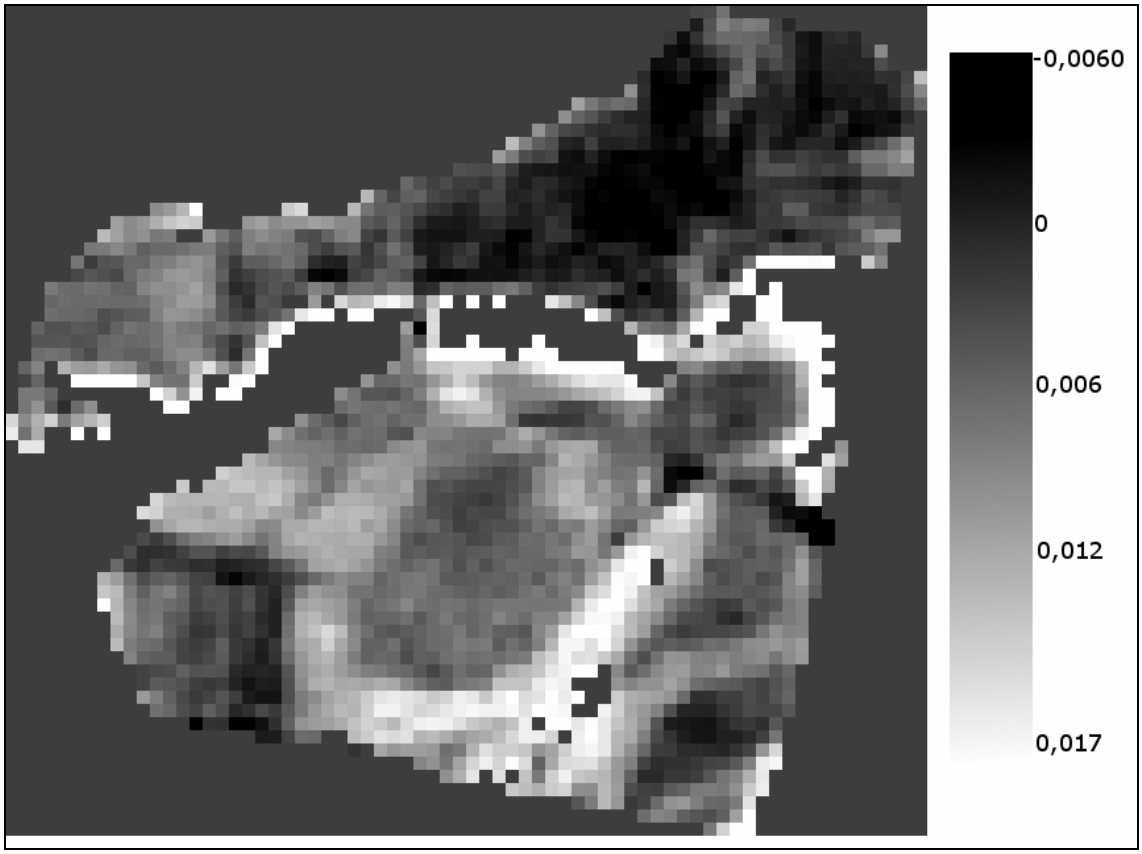

Рис. 2. Распределение значений изменения NDVI за период 1986-2011 гг. Значения представлены в тангенсах угла наклона аппроксимирующей изменение прямой.

Согласно данным карты, прирост NDVI на исследуемой территории характеризуется неоднородностью. Наименьший прирост данного показателя соответствует территориям, регулярно подвергающимся выгоранию.

На всех мониторинговых точках было зафиксировано 102 вида высших цветковых растений, относящихся к 79 родам и входящих в состав 25 семейств (табл. 1).

Доминирующими семействами во флоре всех мониторинговых точек являются Asteraceae (21 вид), Poaceae (14 видов) и Fabaceae (10 видов). Соотношение классов Liliopsida и Magnoliopsida составляет 1 : 6,4, что характерно для современного этапа флорогенеза [2]. Наиболее богатыми в видовом отношении родами являются *Viola* (3), *Veronica* (3), *Plantago* (3). Общий родовой коэффициент составляет 77,45%, что свидетельствует о значительном участии миграционных элементов в формировании флоры исследуемой территории.

Таблица 1

Видовое разнообразие растительности мониторинговых точек

№ пробной площадки	Количество видов	Количество родов	Количество семейств	Рудеранты, %	Относ. прирост NDVI, tg(x)
1	16	14	12	82	0
2	17	15	12	79	0
3	24	20	15	69	0,0021
4	26	22	17	75	0,0021
5	16	14	11	80	-0,0016
6	18	17	15	80	-0,0026
7	14	14	11	85	-0,0016
8	20	17	13	76	-0,0016
9	20	16	13	82	-0,0016
10	33	25	19	52	0,0038
$K_к$	0,84	0,82	0,74	-0,82	

Примечание. $K_к$ – коэффициент корреляции соответствующего параметра с относительным приростом NDVI.

По результатам ценотического анализа, проведенного на основе данных, взятых из [9], виды рудеральной ценоморфы представлены 69% от общего их количества.

Результаты флористического и ценотического анализов 2011 г. соответствуют результатам более ранних исследований, проведенных нами на данной территории в период с 2005 по 2009 гг. [6, 7].

Согласно результатам исследований, наибольшее количество видов характерно для пробной площадки № 10, наименьшее – для пробной площадки № 7. Для мониторинговой точки № 10 также характерен наибольший относительный прирост NDVI.

Коэффициенты корреляции между показателями, полученными в результате флористического анализа (количество видов, родов, семейств и процентное соотношение рудерантов в составе флоры), и показателями относительного прироста NDVI, вычисленными согласно формуле (2), имеют значения > 0,8 (кроме количества семейств), что свидетельствует о наличии значительной связи между соответствующими параметрами.

Таким образом, показатель относительного прироста NDVI можно использовать для определения флористической ценности отдельных участков ландшафтов и выявления участков с разной степенью дегрессии.

Выводы

Флора исследуемой территории разнообразна, репрезентативна для флористического анализа. Показатели, полученные в результате флористического анализа (количество видов, родов, семейств и процент рудерантов в составе флоры), и показатели относительного прироста NDVI характеризуются достоверным коэффициентом положительной корреляции.

Полученные данные свидетельствуют о возможности использования карты, показывающей относительный прирост NDVI, для определения флористической ценности отдельных территорий и необходимости проведения дальнейших исследований.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность доцентам кафедры ботаники и экологии ДонНУ, кандидатам биологических наук Д. Я. Зацепиной и Л. Н. Хоботковой за помощь в определении растений.

Список литературы

1. *Huete A. R.* Suitability of spectral indices for evaluating vegetation characteristics on arid rangelands / A. R. Huete, R. D. Jackson // Remote Sensing of the Environment. – 1987. – 23 (2). – P. 213–232.

2. *Бурда Р. И.* Антропогенная трансформация флоры / Р. И. Бурда. – К.: Наук. думка, 1991. – 168 с.

3. *Воробейчик Е. Л.* Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень) / Е. Л. Воробейчик, О. Ф. Садыков, М. Г. Фарафонтов. – Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. – 281 с.

4. Геоботанічне районування Української РСР. – К.: Наук. думка, 1977. – 302 с.

5. *Грисюк Н. М.* Дикорастущие пищевые, технические и медоносные растения Украины / Н. М. Грисюк, И. Л. Гринчак, Ю. А. Елин. – К.: Урожай, 1989. – 200 с.

6. *Колесников С. В.* Стан рекреаційної природоохоронної зони РЛП Зуївський за флористичними показниками / С. В. Колесников, І. В. Кир'янова // Фундаментальні та прикладні дослідження в біології: матер. І міжнар. наук. конф. студентів, аспірантів та молодих учених. – Донецьк: Вид-во «Вебер», 2009. – Т. 1. – С. 333–334.

7. *Колесников С. В.* Оцінка рівня рекреаційної порушеності урочища Липове РЛП «Зуївський» за флористичними показниками / С. В. Колесников // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів: зб. доп. XXI Всеукр. наук. конф. аспірантів і студентів. – Донецьк: ДонНТУ, ДонНУ, 2011. – Т. 2. – С. 30–31.

8. Конспект флоры юго-востока Украины. Сосудистые растения / Е. Н. Кондратюк, Р. И. Бурда, В. М. Остапко. – К.: Наук. думка, 1985. – 272 с.

9. *Тарасов В. В.* Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Судинні рослини. Біолого-екологічні характеристики видів / В. В. Тарасов. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2005. – 276 с.

10. *Остапко В. М.* Фитосозологическая оценка регионального ландшафтного парка «Зуевский» (Донецкая обл.) / В. М. Остапко, А. К. Поляков // Промышленная ботаника. – 2003. – Вып. 3. – С. 44–51.

Сафонов А. І., Колесников С. В. **Оцінка сучасного стану і динаміки степових рослинних угруповань РЛП «Зуївський» за допомогою технологій дистанційного зондування.** – Проведено оцінку можливостей використання технологій дистанційного зондування для оцінки біологічного різноманіття рослинних угруповань, виявлено залежність між фіторізноманіттям степових ланшафтов і приростом вегетаційного індексу NDVI в період з 1986 до 2011 рр.

Ключові слова: дистанційне зондування, фіторізноманіття, NDVI.

Safonov A. I., Kolesnikov S. V. **Assessment of current status and trends of steppe plant communities in RLP «Zuevsky» using remote sensing technologies. –** In the work we assessed the possibilities of using remote sensing techniques to assess the biological diversity of plant communities. We found the relationship between the steppe landscapes biodiversity and growth of vegetation index NDVI from 1986 to 2011.

Key words: remote sensing, biodiversity, NDVI.