

6. Catastrophic shifts in ecosystems / M. Scheffer, S. Carpenter, J.A. Foley // Nature. – 2001. – Vol. 413. – No. 11. – pp. 591-596.
7. Гродзинский М.Д. Стіійкість геосистем до антропогенних навантажень. – К.: Лікей, 1995. – 233 с.
8. Пригожин, И. Время, хаос, квант. К решению парадокса времени / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 240 с.
9. Моделирование динамики геоэкоосистем регионального уровня / П.М. Хомяков, В.Н. Конищев, С.А. Пегов и др.; под ред. П.М. Хомякова и Д.М. Хомякова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000. – 382 с.
10. Свирежев, Ю.М. Устойчивость биологических сообществ / Ю.М. Свирежев, Д.О. Логофет – М.: Наука, 1978. – 352 с.
11. Одум, Ю. Основы экологии / Ю. Одум. – М.: Мир, 1975. – 741.
12. Джиллер, П. Структура сообществ и экологическая ниша / П. Джиллер. – М.: Мир, 1988. – 184 с.
13. Арманд, А.Д. Принцип дополнительности и характерное время в географии / А.Д. Арманд, В.О.Таргульян // Системные исследования. – М., 1974. – С. 146-153.
14. Арманд, А.Д. Механизмы устойчивости геосистем / А.Д. Арманд. – М.: Наука, 1992. – 208 с.
15. Коммонер, Б. Замыкающийся круг / Б. Коммонер. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 280 с.
16. Князева, Е.Н. Синергетика: нелинейность времени и ландшафты коэволюции / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов. – М.: КомКнига, 2011. – 272 с.
17. Голеусов П.В. Концепция ренатурации антропогенно нарушенных геосистем: методологические и прикладные аспекты / П.В. Голеусов // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 11 (часть 3). – С. 556-564; URL: www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=10004828

УДК 504.064.2; 528.88

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БАССЕЙНОВЫХ ГЕОСИСТЕМ НА ОСНОВЕ ЛАНДШАФТНОГО ПОДХОДА

Ермолаев О.П., Иванов М.А.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия

В статье представлена методика геоэкологической оценки состояния речного бассейна (на примере р. Казанки) на основе ландшафтного подхода с использованием геоинформационных систем. В работе реализуется ландшафтный подход при оценке, где в качестве операционно-территориальных единиц выступают типы местности, то есть естественные природно-территориальные комплексы, что обеспечивает объективность полученных результатов. В качестве фактора антропогенной нагрузки используются основные категории землепользования. Для этого, на основе результатов дешифрирования космического снимка, была создана пространственная база данных о функциональном использовании исследуемой территории.

Бассейн реки Казанки расположен на стыке двух ландшафтных зон: большая его часть (все правобережье, среднее и верхнее течение) принадлежит к бореальной

ландшафтной, а правобережье (междуречье Казанки и Меши в среднем и нижнем течении) – к суббореальной северной семигумидной ландшафтной зоне. Большая часть бассейна находится в Казанском возвышенном районе с приуральскими сосново-еловыми (доминирование культур ели и сосны) и широколиственно-еловыми неморальнотравяными, фрагментами широколиственными лесами (с липой и дубом) на светло-серых лесных и дерново-подзолистых почвах [4]. Район расположен в бореальной ландшафтной зоне, подтаежной ландшафтной подзоне. Географически находится на северо-западе РТ (в регионе Западного Предкамья) [3].

В ландшафтной структуре бассейна реки Казанка доминируют средние и нижние части склонов со светло-серыми лесными и дерново-подзолистыми почвами, залегающими на делювиально-солифлюкционных суглинках (33,5 и 13,8 % соответственно). Далее следуют природно-территориальные комплексы приводораздельных частей склонов со светло-серыми лесными почвами на элювиально-делювиальных отложениях (9,5%) и пойменные ландшафты, формирующиеся на аллювиальных дерново-насыщенных почвах (8,2%) [4].

Для количественного анализа характера землепользования на территории бассейна р. Казанка была создана геопространственная база данных функционального использования территории. В качестве исходного материала привлекался космический снимок со спутника "Landsat-5", сделанный в августе 2009 года.

На первом этапе было проведено визуальное дешифрирование космоснимка, в результате которого был определен перечень основных типов использования территории и получен набор дешифровочных признаков, по которым идентифицируются рассматриваемые категории землепользования. За основу была принята классификация Канадской службы защиты лесов [6], дополненная с учетом местных особенностей.

Дешифрирование типов землепользования проводилось различными методами.

Леса, водоемы и сенокосно-пастбищные угодья были выделены с помощью программного продукта объектно-ориентированного дешифрирования "Definiens eCognition" (рис. 1). Методика объектно-ориентированного дешифрирования подразумевает первоначальное выделение на изображении объектов (сегментов) областей относительной однородности цвета (текстуры и яркости). Лишь потом классификация этих объектов проводится по традиционным спектрально-яркостным признакам и по признакам геометрическим (форма, площадь, ориентация и др.), контекстным (вхождение в более крупные объекты или области, близость к объектам определенного класса и др.) и текстурным [1]. Такая система позволяет обрабатывать не только спутниковые снимки, но и другие типы данных дистанционного зондирования. Например, она хорошо подходит для выделения и удаления артефактов в цифровых моделях рельефа [2].

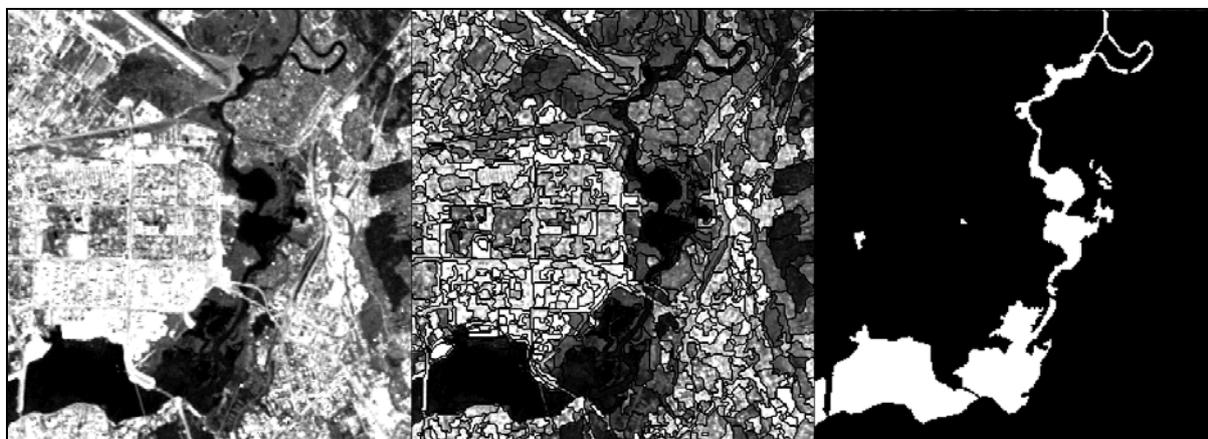


Рис. 1. Пример выделения водных объектов

Для наиболее точного выделения различных типов землепользования целесообразно применять различные уровни сегментации изображения и индивидуально подбирать показатели. Показатели должны быть характерными для соответствующего объекта и в то же время не должны иметь высокого разброса значений в пределах одного класса. Это позволит избежать основных ошибок классификации: отнесения к целевому классу объектов других типов; отнесение объектов целевого класса к другим классам.

В соответствии с такими требованиями был разработан алгоритм идентификации указанных типов функционального использования территории, представляющий собой дерево последовательных процессов (рис. 2) [5].

Для каждого класса по эталонным сегментам были выбраны наборы характерных показателей. Для этого сравнивались распределение значений признаков попарно для всех классов. В качестве характерных были выбраны признаки, диапазоны значений которых для разных классов не пересекаются. Далее были определены точные диапазоны значений выбранных признаков на соответствующих каждому классу уровнях сегментации. Полученное описание каждого типа землепользования в виде набора признаков с заданными диапазонами значений, было прописано внутри каждого класса.

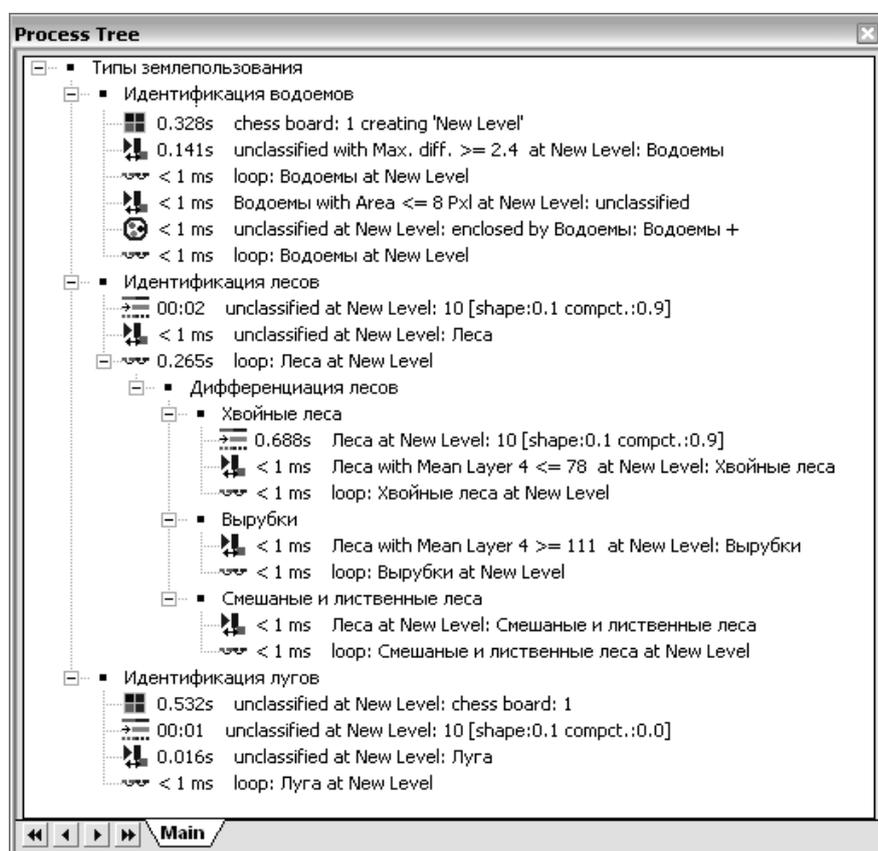


Рис. 2. Дерево процессов, разработанное в программе eCognition

При создании алгоритма важно продумать последовательность выделения классов с тем, чтобы, исключив классифицированные объекты из дальнейшей обработки изображения, упростить идентификацию оставшихся классов. Следует отметить, что в разработанном алгоритме процесс идентификации каждого типа землепользования включает комплекс процедур:

1. сегментация изображения;
2. выделение класса;
3. удаление «дыр» (если необходимо)

4. генерализация результата классификации;
5. объединение соседних объектов одного класса в единые полигоны.

Остальные категории землепользования были векторизованы вручную в программе Easy Trace. Все полученные в результате автоматизированного дешифрирования и ручной векторизации векторные слои были откорректированы в соответствии с требованиями правил топологии [7].

В результате работ была получена пространственная база данных об основных типах землепользования в бассейне и рассчитаны их площади (для площадных объектов) и длины (для линейных объектов) (табл. 1). Также была построена тематическая карта функционального использования земель.

Далее была проведена количественная оценка существующих антропогенных нагрузок на ландшафты бассейна реки Казанки. Применялась следующая методика на базе ГИС-технологий [4].

1. Различным типам функционального использования земель экспертно были присвоены баллы, отражающие степень прямого или косвенного воздействия данного типа землепользования на геосистему (табл. 2). Баллы принимают значение от 1 до 5, возрастая по мере увеличения воздействия (от слабого к сильному).

Таблица 1

Распределение функционального использования земель по результатам дешифрирования

Площадные объекты			
Категория земель		Площадь, га	Площадь, %
Земли с/х назначения	Сенокосно-пастбищные угодья	41090	14,6
	Пашня	159400	56,7
Леса	Лиственные и смешанные леса	28480	10,1
	Хвойные леса	9989	3,6
	Вырубки, просеки	2049	0,7
Населенные пункты	Городская застройка	9269	3,3
	Промзоны, стойплощадки	4147	1,5
	Поселки сельского типа	17440	6,2
	Поселки дачного типа	4434	1,6
	Зеленые зоны	1348	0,5
	Аэропорт	239,4	0,1
Земли водного фонда	Танковый полигон	762,3	0,3
	Водоемы	2245	0,8
Всего		280892,7	100,0
Линейные объекты			
Категория земель		Протяженность, км	
Земли транспорта	Шоссейные автодороги	403,3	
	Грунтовые автодороги	1127,0	
	Железные дороги	108,4	
Земли водного фонда	Реки	1650,0	

2. На основе карты функционального использования земель исследуемой территории был создан растровый слой антропогенной нагрузки, в ячейках которого записаны баллы нагрузки в соответствии с таблицей 3. Размер ячеек растра составляет 30 × 30 метров.

3. В качестве оценки антропогенного воздействия на ландшафтный выдел использовалось среднее значение баллов нагрузки ячеек растра, соответствующих этому выделу. Построена соответствующая карта антропогенной нагрузки на ландшафты.

4. Известно, что различные парагенетические части бассейновых геосистем (водораздел – склон – пойма) обладают разной степенью устойчивости к антропогенным нагрузкам, активизирующим экологически неблагоприятные процессы. Для учета местоположения ландшафтных выделов, различным типам местности экспертно были присвоены баллы, отражающие степень их устойчивости к оказываемому антропогенному воздействию (табл. 3). Баллы принимают значение от 1 до 3, возрастая по мере увеличения восприимчивости к воздействию (от слабой к сильной). В соответствии с этой оценкой составлена карта устойчивости к антропогенной нагрузке ландшафтов бассейна Казанки.

Таблица 2

Балльная нагрузка различных типов функционального использования земель на геосистемы

Категория земель		Балл нагрузки
Земли сельскохозяйственного назначения	Сенокосно-пастбищные угодья	2
	Пашня	4
Земли лесохозяйственного назначения	Лиственные и смешанные леса	1
	Хвойные леса	1
	Вырубки, просеки	4
Селитебные земли	Городская застройка	5
	Промзоны, стройплощадки	5
	Поселки сельского типа	4
	Поселки дачного типа	3
	Зеленые зоны	2
	Аэропорт	5
Земли водного фонда	Танковый полигон	5
	Водоемы и реки	1
Земли транспорта	Шоссейные автодороги	5
	Грунтовые автодороги	4
	Железные дороги	5

Таблица 3

Балльная устойчивость различных ландшафтов (типов местности) к антропогенному воздействию

Тип местности	Балл устойчивости
Водоразделы, террасовые комплексы	1
Склоновые комплексы	2
Поймы	3

5. Оценка антропогенной нагрузки на ландшафт, учитывающая его устойчивость к оказываемому воздействию, получена путем понижения балла нагрузки на 1, если ландшафтный выдел расположен на водоразделе или террасовом комплексе, или повышения на 1, если ландшафтный выдел расположен в пойме. Балльная нагрузка склоновых ландшафтов оставлена без изменений. Результатом стала итоговая карта антропогенной нагрузки на ландшафты с учетом степени их устойчивости (восприимчивости) к антропогенному воздействию [4].

Подводя итог, можно сказать, что применение геоинформационных технологий и современных методов обработки материалов космической съемки в сочетании с ландшафтным подходом, подразумевающим использование в качестве операционно-территориальных единиц естественных природных комплексов, включающих в себя комплексную информацию о геологическом строении, рельефе, растительности и т.д., является удобным инструментом для оперативного получения актуальных данных об экологическом состоянии территории [7].

Такие данные являются необходимыми как для естественных географических и экологических исследований, так и для целей мониторинга, территориального планирования и оптимизации хозяйственной деятельности в соответствии с концепцией устойчивого развития.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РНФ № 15-17-10008

Литература

1. Андрианов В. Ю. Новые технологии дистанционного зондирования и работы с ДДЗ // ArcReview, 2005. №3. С. 1-2.
2. Ермолаев О.П., Мальцев К. А., Иванов М. А. Автоматизированное построение границ бассейновых геосистем для Приволжского федерального округа//География и природные ресурсы 2014 № 3 С. 32–39. (O. P. Ermolaev, K. A. Mal'tsev and M.A. Ivanov Automated Construction of the Boundaries of Basin Geosystems for the Volga Federal District // Geography and Natural Resources, 2014, Vol. 35, No. 3, pp. 222-228. DOI: 10.1134/1875372814030044)
3. Ермолаев О.П., Игонин М.Е., Бубнов А.Ю., Павлова С.В., 2007. Ландшафты Республики Татарстан. Региональный ландшафтно-экологический анализ. Казань: "Слово", 411 с.
4. Мозжерин В.И., Ермолаев О.П., Мозжерин В.В., 2012. Река Казанка и ее бассейн. Казань: "Orange key", 280с.
5. Martin Baatz, Ursula Benz, Seyed Dehghani. Definiens eCognition. User guide. Munich, 2004, pp: 486.
6. Wulder M., Nelson T., 2003. EOSD Land Cover Classification Legend Report. Date Views 09.07.2014 cfs.nrcan.gc.ca/publications/?id=33752.
7. Yermolaev O.P., Ivanov M.A. Environmental Assessment of Basin Geosystems Based on the Landscape Approach // Biosciences Biotechnology Research Asia, November 2014. Vol. 11(Spl.Edn.), p.257-263.doi: <http://dx.doi.org/10.13005/bbra/1472>.

УДК 379.85

КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОТУРИСТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА

Королева И.С., Петин А.Н., Таволжанская А.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия

Зарождение экологического туризма в Америке связано с именем мексиканского экономиста-эколога Гектора Цебаллоса-Ласкурейна (Ceballos - Lascuain) и датируется 1980 г. Появление экологического туризма как самостоятельного направления связано с определенными критериями – потребностью в общении с природой; потерей природой своей первозданности; отдалением человека от природы; индустриализацией общества; появлением глобальных экологических проблем. Зарождение экологического туризма в