

УДК 574 + 551:477(75)

*Бобра Т.В., Лычак А.И.*

## МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ ВОСТОЧНОГО ЮЖНОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА

Неизменная или слабо измененная биота является единственным компонентом, способным стабилизировать и восстанавливать природное экологическое равновесие в географической оболочке, компенсируя последствия антропогенного влияния. Именно это положение является основой современных наиболее прогрессивных глобальных стратегий и концепций экологически безопасного развития (стратегия «тотальной очистки»; стратегия ограничения потребления; концепция устойчивого развития биосферы и пр.).

Лесные биоценозы при этом играют особо важную роль, поскольку являются мощнейшим регулятором содержания углекислого газа в атмосфере Земли и регулятором температурного режима.

В региональном масштабе леса выполняют не только средовоспроизводящие и ресурсовоспроизводящие функции, но и средоохранные (водоохранные, водорегулирующие) и рекреационные функции, а также являются основным звеном экологических сетей и центрами биологического разнообразия.

В более широком смысле можно говорить о том, что леса способствуют обеспечению регионального эколого-социально-экономического баланса.

В Крыму леса занимают 270 тыс. га, т.е. около 10% площади территории региона и сосредоточены в горной части. При этом они находятся на границе ареала своего существования.

В то же время экологическую роль лесов горного Крыма для региона, всего промышленного юга Украины, а также для южной Европы трудно переоценить. Это объясняется тем, что они выступают фактором формирования и регулирования водного баланса; обладают высоким потенциалом самоочищения и нейтрализуют в процессе биологического круговорота загрязняющие вещества, поступающие с трансграничным переносом; являются южно-европейским центром биологического разнообразия и хранилищем генофонда, поскольку в отличие от лесов средиземноморья они в большей степени сохранили природное состояние.

В Крыму преобладают дубовые леса относительно низкого бонитета (3, 4, 5 класса бонитета). Леса большей частью порослевые.

Факторами, определяющими экологическое состояние крымских лесов, являются:

- 1) недостаток влаги в течение 6-7 месяцев, что не способствует естественному возобновлению семенным путем;
- 2) периодическое массовое повреждение листьев и молодых растений энтомофауной, мышевидными грызунами и зайцами, а так же поедание семян и всходов другими животными;
- 3) частая повторяемость пожаров;
- 4) длительное (на протяжении 2-3 веков) антропогенное воздействие: рубки леса, вытаптывание почв, травы и подроста;
- 5) высокие рекреационные нагрузки;

## МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ ВОСТОЧНОГО ЮЖНОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА

---

б) В настоящее время одним из наиболее масштабных факторов, влияющих на экологическое состояние лесов Украины и Крыма, является загрязнение атмосферного воздуха (*в Крыму в основном посредством трансграничного переноса!*)

В связи с этим экологический мониторинг лесов является одним из наиболее важных направлений в структуре комплексного экологического мониторинга на Украине в целом и в Крыму в частности.

В 1989 году были инициированы (*УкрНПО «Лес», наблюдения в 12 областях и в Крыму*) работы по организации сети мониторинга лесов в рамках Международной совместной программы по оценке и мониторингу воздействий загрязнения воздуха на леса, учрежденной Исполнительным органом Конвенции по глобальному загрязнению атмосферы при Европейской Экономической комиссии ООН.

Ведомственный экологический мониторинг лесов на Украине и в Крыму осуществлялся следующими подразделениями (рис. 1)

Согласно «Временных рекомендаций...» (1990) в соответствии с международной методикой мониторинга лесов «*Matural on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and the effects of air pollution on forest, 1986*) в процессе наблюдений

фиксировались: 1) лесоводческие показатели (порода, форма, возраст, бонитет, запас, хоз.меры, подрост, подлесок – 1 раз/год; 2) морфологические и биоиндикационные – 1 раз/год; 3) химические показатели – содержание серы в ассимиляционных органах; рН – 1 раз/5 лет; 4) радиологические - экспозиционная доза на высоте 1 метр и на почве.

В Крыму постоянные наблюдения ведутся Крымской ГЛНИС на тестовых таксационных площадках.

Однако они ориентированы в основном на выявление биотических факторов дигрессии леса (вредители, болезни). Наблюдения ведутся на таксационных выделах. Форма отчета - это сводные таблицы, характеризующие состояние основных лесобразующих пород.

Стационарные, полустационарные и экспедиционные исследования экологического состояния лесов проводятся научными отделами Карадагского ПЗ, Крымского и Ялтинского ПЗ, ПЗ Мыс Мартьян (результаты отражаются в ежегодных Летописях природы).

В системе Госкомгидромета на некоторых метеостанциях ведутся наблюдения за содержанием в атмосферном воздухе  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , пыли, состоянием озонового слоя и приземного озона, а также за химическим составом осадков.

Однако на сегодняшний день существующая система мониторинга в Крыму не позволяет получать репрезентатбельные данные о экологическом состоянии лесных экосистем, отвечающие требованиям Конвенции 1989 года.



Рис. 1. Система мониторинга экологического состояния лесов

Недостатки существующей ведомственной сети мониторинга лесов:

1. сеть точек мониторинга несовершенна и не учитывает особенности отдельных регионов. В частности, в Крыму при организации такой сети необходимо учитывать географию различных типов леса (дубовые, сосновые, буковые, грабовые, ясеновые и можжевеловые – 96% площади);

## МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ ВОСТОЧНОГО ЮЖНОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА

---

2. фиксируемые показатели касаются в основном биотических факторов;
3. специальные геохимические наблюдения, связанные с выявлением содержания и поведения загрязнителей в разных средах, проводятся нерегулярно. В связи с этим достоверных выводов о влиянии загрязнений на экологическое состояние лесов получить невозможно!
4. низок уровень приборной базы и автоматизации процессов сбора, хранения и обработки экологической информации;
5. устаревшая методическая база и отсутствие методов ранней диагностики экологического состояния лесных экосистем;
6. достаточно поверхностная аналитическая обработка данных, отсутствие балансовых моделей, что, в свою очередь, не дает возможности выходить на достоверные прогнозы изменения экологического состояния лесов и оперативно принимать соответствующие управленческие решения.

В связи с этим особого внимания заслуживают наблюдения за экологическим состоянием лесных экосистем, проводимые с 1993 года учеными-геоэкологами ТНУ совместно с сотрудниками научного отдела Карадагского природного заповедника в рамках задач Карадагской станции фоновое экологического мониторинга и одноименного ландшафтно-экологического стационара (КЛЭС). Элементы экологического мониторинга лесных экосистем показаны на рис. 2.

Экологические исследования и мониторинг изменения состояний геосистем и в том числе лесных геосистем отличаются комплексностью и регулярностью. Они включают мониторинг и анализ 1) биологических параметров леса (фитометрических, биоиндикационных, фенологических); 2) геофизических параметров (для разных компонентов и сред); 3) некоторых геохимических параметров.

На КЛЭС ведется отработка новых методов сбора, анализа и интерпретации экологической информации о состоянии лесных экосистем, а также методов пространственного анализа.

Одним из таких методов является *комплексный подход* [1], основанный на сочетании методов

- наземных полевых исследований по специальным традиционным методикам на ключевых тестовых участках
- компьютерного дешифрирования космических и аэрофотоснимков (составлена универсальная дешифрировочная шкала, позволяющая выделять различные по видовому составу, высоте и сомкнутости лесные биоценозы)
- пространственный анализ, интерполяцию и экстраполяцию данных с помощью ГИС-технологий, а также компьютерное моделирование и картографирование.

Наиболее значимым лимитирующим фактором для произрастания леса восточного южного берега Крыма является увлажнение. Это определяет актуальность изучения водно-теплового режима лесов Крыма. На Карадагской станции экологического мониторинга функционирует автоматизированная система сбора информации об изменении параметров водно-теплового режима лесных экосистем [2].



Рис. 2. Элементы экологического мониторинга лесных экосистем

Пространственный анализ изменения геофизических параметров (рис. 3), интерполяция и экстраполяция данных, проводимые и применением ГИС-технологий, позволяют в дальнейшем получать карты типов растительных сообществ и лесорастительных условий (рис. 4, 7).

**МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
ЛЕСОВ ВОСТОЧНОГО ЮЖНОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА**

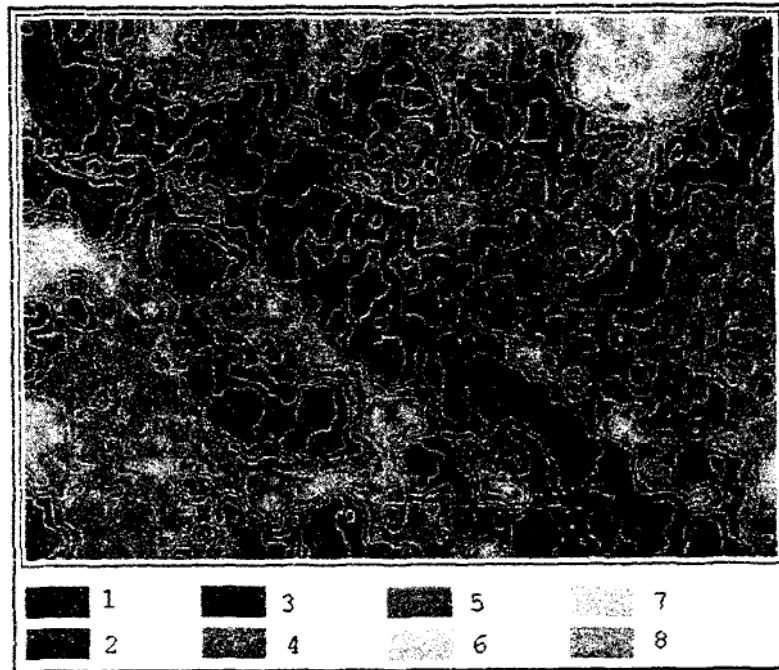


Рис. 3. Пространственная дифференциация геофизических условий (температура воздуха, фрагмент)

1 - 24°-26°;	5 - 32°-34°;
2 - 26°-28°;	6 - 34°-36°;
3 - 28°-30°;	7 - 36°-38°;
4 - 30°-32°;	8 - 38°-40°.

Изучение фитометрии и вертикальной структуры разных типов лесных экосистем проводятся на тестовых площадках по традиционным методикам [3].

Рассчитаны leaf area index (LAI)- листовой индекс и величины плотности фитомассы (LAD) (табл. 1).

LAI определяется по формуле:

$$LAI = \int (l_1 + l_2) dz; \quad (1), \quad \text{где}$$

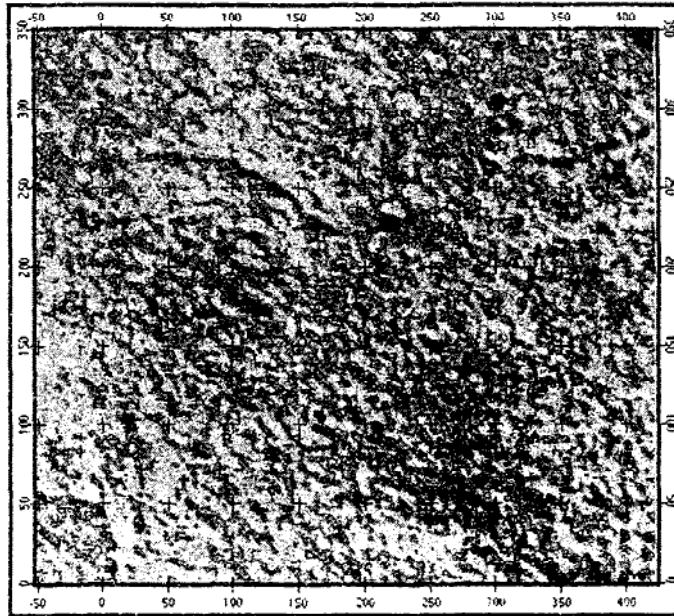
$l_1 = d\omega_1/dz$ ;  $l_2 = d\omega_2/dz$  – относительная площадь фитомассы в единичном слое соответственно для зеленой массы -  $\omega_1$  и нелистовой части  $\omega_2$ .

Таблица 1

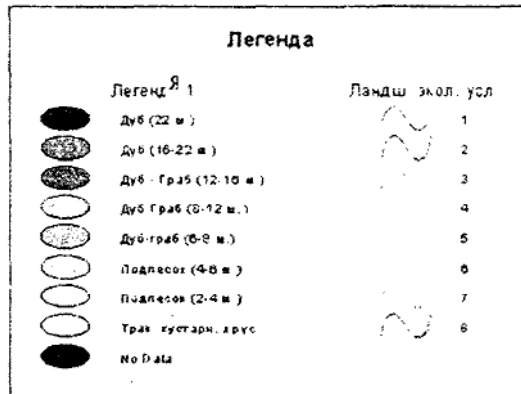
Вертикальное распределение относительной поверхности фитомассы и листовой индекс у древостоя из дуба пушистого - *Quercus pubescens* (тестовый участок «Верхние трассы, Карадаг»)

Z	$l_1$	$l_2$
0.05	0.40	0.018
0.10	0.94	0.045
0.20	1.52	0.08
0.30	0.80	0.072
0.40	0.42	0.054
0.50	0.12	0.060
0.60	0.01	0.048
0.70	0.00	0.037
0.80	0.00	0.030
0.90	0.00	0.020
	$\sum$ 4.21	0.464
<b>LAI= 4.684</b>		
<b>H<sub>cp</sub> = 8 м</b>		
<b>H<sub>cp</sub> = 3 м</b>		

**МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
ЛЕСОВ ВОСТОЧНОГО ЮЖНОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА**



30 0 30 Meters



4. Типы растительных сообществ по высоте древесно-кустарникового яруса и сложности вертикальной структуры



На рис. 5 показаны дифференциальные кривые распределения зеленой массы и нелистовой скелетной части для дубового древостоя.

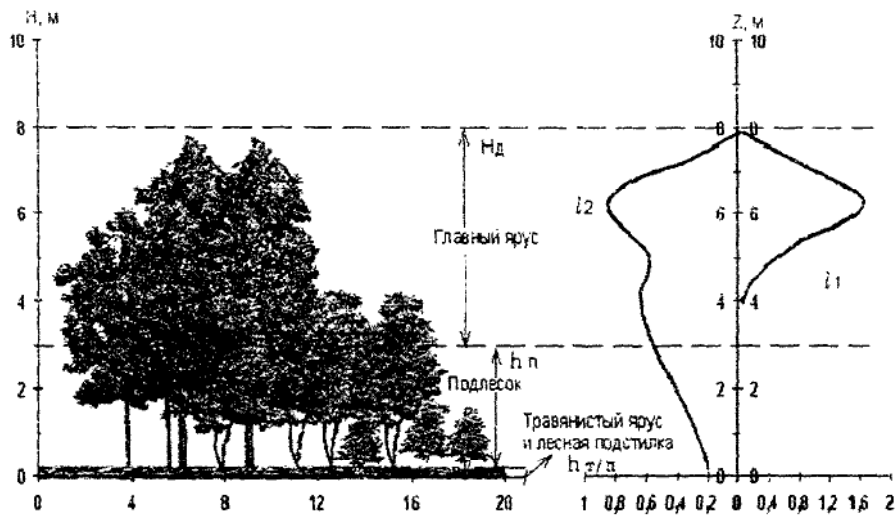


Рис.5. Распределение зеленой массы и нелистовой скелетной части для дубового древостоя

Выявление горизонтальной структуры растительного покрова и лесорастительных условий осуществлялось на основе комплексного подхода: детального анализа результатов полевого ландшафтного картографирования, дешифрирования и анализа аэрофотоснимков, изучения пространственного распределения ландшафтно-геофизических параметров с использованием возможностей ГИС-технологий.

Используя полученные карты пространственного распределения различных типов растительных сообществ (см. рис.4 ) и возможности GIS-технологии Arc View – Spatial Analysis и HImage++97 был рассчитан **показатель сомкнутости** древесно-кустарникового яруса, который используется как **индикатор оценки экологического состояния лесных экосистем**. Алгоритм состоит в расчете расстояния от центроидной точки каждого ранее выделенного контура до его периферии (границы) с учетом перекрытия крон. Рисунок 6 демонстрирует пространственное изменение сомкнутости лесных сообществ в пределах тестового участка. Показатель сомкнутости меняется от 0 до 10 (полная сомкнутость). Светлым тоном на рисунке отображены лесные сообщества, имеющие для исследуемой территории наибольшую сомкнутость – 7,5.

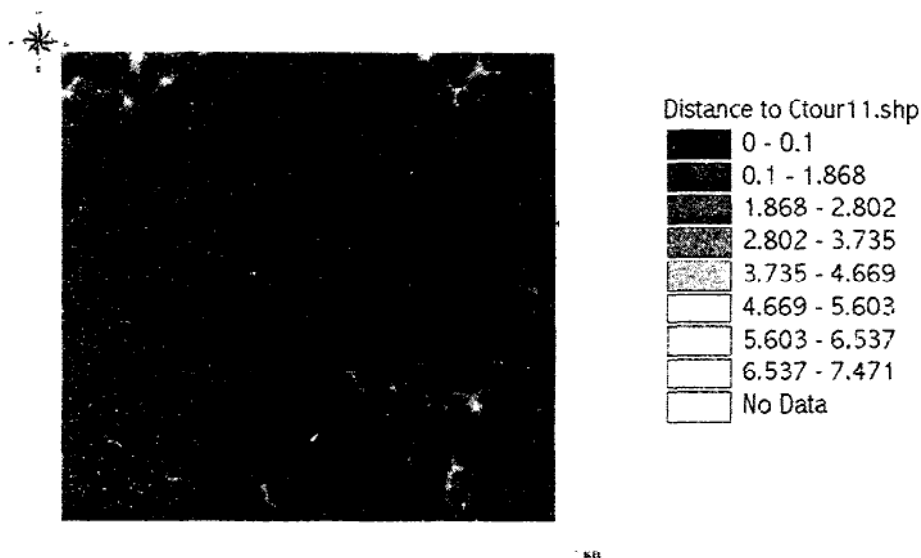


Рис. 6. Сомкнутость лесных сообществ (тестовый участок Сурб-Хач, Старый Крым)

Интеграция пространственного изменения растительных сообществ по высоте древесно-кустарникового яруса, характеру вертикальной структуры и сомкнутости позволили осуществить зонирование территории, выделив 5 типов лесных экотопов (рис. 7). Лесные сообщества с более высоким древостоем, сложной вертикальной структурой и большей биомассой расположены по днищам балок и в нижней части закрытых склонов бассейнов оврагов и балок. В буковых лесах (*Fageta sylvaticae* ssp. *moesicae*) наблюдается наиболее высокая сомкнутость древостоя. Мощность лесной подстилки в этом типе леса составляет 5-10 см, а проективное покрытие травянистого яруса изменяется от 30 до 60%.

Леса из дуба скального (*Querceta petraea*) имеют тоже высокую сомкнутость древостоя, но меньшую высоту и листовую массу. Проективное же покрытие травянистого яруса гораздо выше и нередко достигает 80-90%.

Наибольшая пространственная дифференциация характеристик наблюдается в лесах из дуба пушистого (*Querceta pubescentis*), занимающих нижний высотный пояс (до 300 м), что объясняется большей расчлененностью рельефа и разнообразием ландшафтно-экологических условий.

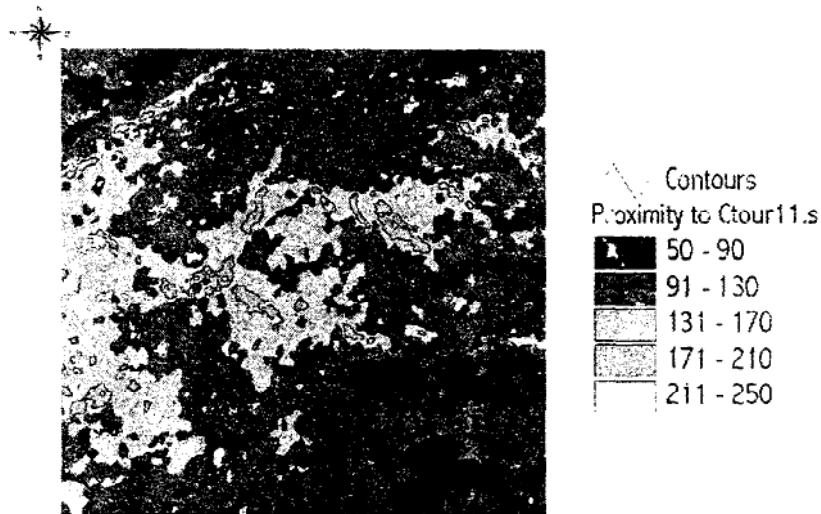


Рис. 7. Пространственная структура лесных сообществ зонирование территории по типам лесных сообществ тестовый участок Сурб-Хач, Старый Крым)

Полученные на тестовых участках восточного южного побережья Крыма данные, апробированные методики выявления лесорастительных условий и экологического состояния лесных экосистем позволяют создать основу для функционального зонирования лесов горного Крыма, проектирования и организации природоохранных сетей, а также для разработки рекомендаций по проведению лесоустроительных работ, норм возможных антропогенных нагрузок и т.п.

#### Список литературы

1. Бобра Т.В. *Ландшафтные границы: подходы к анализу и картографированию.*- Симферополь: Таврия-Плюс, 2001.- 165 с.
2. Бобра Т.В., Боков В.А., Вель И.П. и др. *Ландшафтно-геофизические условия произрастания лесов юго-восточной части горного Крыма / Под ред В.А. Бокова.*- Симферополь: Таврия-Плюс, 2001.- 133 с.
3. Дылис Н.В. *Программа и методика биоценологических исследований.*- М.: Наука, 1974.- 400 с.

*Поступило в редакцию 12.10.2004*