

ОЦЕНКА НАРУШЕННОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ТАЛДОМСКОГО РАЙОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

А.М. Костикова, М.Г. Макарова

*Экологический факультет, Российский университет дружбы народов,
Подольское ш., 8/5, 113093, Москва, Россия*

Работа посвящена оценке «вторичной» нарушенности лесных экосистем Талдомского района Московской области и разработке методов такой оценки на основе использования материалов дистанционного зондирования.

Проблема исчезновения и деградации основных типов лесных экосистем на территории Московской области стоит особенно остро в связи с постоянной интенсивной антропогенной нагрузкой и эксплуатацией лесного фонда. В связи с этим актуальной задачей является разработка критериев оценки степени антропогенной нарушенности и создание методик, позволяющих провести объективную оценку состояния лесных экосистем.

Современные леса, расположенные на территории Московской области (в том числе Талдомского района) и большей части Русской равнины классифицируются как антропогенные леса (Рысин, 1999; Колесников, 1974). В настоящее время существует несколько определений понятия «антропогенный лес». Так, В.Н. Сукачев, рассматривая в своей работе категории естественности лесов, сформулировал понятие антропогенный лес следующим образом: «...называя сукцессии, которые вызваны воздействием человека, антропогенными, следует этот термин применять только в том случае, когда воздействие человека непосредственно сказалось на биогеоценотическом процессе и определило его направление. Сюда будут относиться сукцессии, вызванные вытаптыванием, разными рубками, созданием посевом или посадкой лесного насаждения и т.п.».

Схожим образом определил понятие антропогенного леса Б.П. Колесников. К таким лесам он относил те леса, которые «испытывали неоднократные и разнообразные хозяйственные воздействия общества, находятся в сфере его постоянного влияния, осложняющего и видоизменяющего природный лесообразовательный процесс (биогенез осложнен антропогенезом), частично созданы человеком, характерны для индустриальной эпохи техногенеза».

В своей работе он подразделил такие леса на три категории: производные — образованные в результате интенсивного хозяйственного воздействия; хозяйственные — находящиеся под постоянным контролем со стороны общества; культурные — созданные в соответствии с требованиями лесоводства, но часто без должного учета особенностей лесообразовательного процесса и даже вопреки им (сосняки, ельники с сосной, дубравы на территории Московской области).

Самое лаконичное определение понятию «антропогенный лес» дал Л.П. Рысин: антропогенный лес — это лес, неоднократно испытывающий влияние хозяйственной деятельности в период формирования и развития одного поколения древостоя.

Таким образом, несмотря на некоторые различия, понятие «антропогенный лес» большинством исследователей, в целом понимается однозначно, как лес, испытавший воздействие со стороны человека, которое оказало непосредствен-

ное влияние на биогеоэкологический процесс и определило направление развития этого процесса.

Под «вторичной» нарушенностью антропогенных лесов понимаются те изменения, которые происходят в антропогенных лесных биоценозах в настоящее время и приводят к их изменениям вплоть до деградации.

Наиболее оперативным источником сведений о состоянии природы крупных регионов и составляющих ее компонентов являются данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗ), получаемые из космоса. Вот уже почти 30 лет эти материалы успешно используются в лесном хозяйстве. Существующие методики оценки состояния лесов с помощью ДДЗ направлены, главным образом, на изучение состояния малонарушенных лесных территорий и естественных лесов, в частности, выявление лесных пожаров, гарей, поврежденных лесов вредителями и т.д. (Аксенов и др., 2003). При этом работ, целью которых являлась бы разработка методики оценки «вторичной» нарушенности антропогенных лесов, практически нет.

Современную, «вторичную» нарушенность антропогенных лесных экосистем связывают с воздействием следующих факторов (Рысин, 1999; Колесников, 1974; Аксенов, 2003):

- вырубки;
- пожары;
- прокладка различных типов инфраструктуры;
- загрязнение атмосферного воздуха, почв, грунтовых и поверхностных вод;
- вред, наносимый насекомыми-вредителями и болезнями.

Предварительные исследования показали, что основными факторами современного воздействия на лесные экосистемы Талдомского района являются вырубки, пожары и строительство дорог. Загрязнение атмосферного воздуха, почв, подземных и поверхностных вод особенно сильно сказывается на состоянии лесных экосистем, расположенных на территории крупных городов и вблизи промышленных предприятий, которых в Талдомском районе нет. Данные лесхозов Талдомского района не фиксируют существенного воздействия на леса вредителей. Поэтому при разработке показателя состояния антропогенных лесов Талдомского района нами было принято решение использовать только первые три фактора.

Для расчета такого показателя был выработан следующий алгоритм.

Создана сетка (рабочий слой), покрывающая всю территорию Талдомского района с размером ячейки 500*500 метров (площадь ячейки 250000 м² (± 250 м²) (пакет ARC/INFO)). При выборе размера ячейки основным критерием были средние размеры рубок и гарей, имеющие до 400 м в длину и ширину, т.е. занимающие площади не больше 250000 м². В результате, общее число ячеек на территории Талдомского района составило чуть менее 6,5 тысяч. Для каждой ячейки была рассчитана площадь, занятая рубками, площадь, занятая гарями, и суммарная длина пересекающей ячейку инфраструктуры, которые явились значимыми степенями конкретного вида нарушения.

Значение степени нарушенности может быть описано определенной точкой в трехмерном пространстве с координатами x , y , z , где каждому из этих параметров соответствует значение конкретного вида нарушения по одной из осей. Еще раз отметим, что в нашем случае такими видами нарушений были сплошные вырубки, гари, инфраструктурная нарушенность.

Для того, чтобы описать данную точку (соответствующую в нашем случае каждой ячейке), необходимо из начала координат провести вектор до искомой точки. Длина полученного вектора будет уникальным образом характеризовать по-

ложение каждой точки. Расстояние до точки в трехмерном пространстве с известными координатами x , y и z может быть рассчитано по формуле (1):

$$Z = \sqrt{(x^2) * (y^2) * (z^2)},$$

где Z — расстояние от начала координат (0,0,0) до определенной точки в пространстве (x , y , z); x , y , z — координаты данной точки.

В случае необходимости введения дополнительного весового коэффициента для каждого типа нарушения, расстояние до точки будет описываться уже более сложной формулой (2):

$$Z = \sqrt{(\alpha x^2) * (\beta y^2) * (\gamma z^2)},$$

где α , β , γ — весовые коэффициенты.

Так как значения рассматриваемых показателей значительно различаются между собой по размерности (тысячи квадратных метров для рубок и, напротив, сотни, максимум тысячи метров для протяженности инфраструктуры), необходимо было перевести абсолютные показатели в относительные. Для этого для каждого параметра был проведен пересчет значений по формуле (3):

$$\begin{aligned} X_{\text{относительное}} &= X_{\text{исходное}} * 100 / X_{\text{среднее}}, \\ Y_{\text{относительное}} &= Y_{\text{исходное}} * 100 / Y_{\text{среднее}}, \\ Z_{\text{относительное}} &= Z_{\text{исходное}} * 100 / Z_{\text{среднее}}, \end{aligned}$$

где X , Y , Z , — соответственно площадь, занятая рубками; площадь, занятая гарями, и протяженность инфраструктуры в каждой ячейки.

В результате для каждой ячейки были получены три числа, выраженных в процентах от 0 до 100. Затем по формуле (1) для каждой ячейки был рассчитан показатель нарушенности Z . Полученные значения (от 0 до 1000) были разделены на 5 классов. Разбивка на классы была проведена с помощью метода естественных границ. Было выделено 5 классов нарушенности лесных экосистем:

- I. Относительно ненарушенные территории.
- II. Слабо нарушенные территории.
- III. Нарушенные территории.
- IV. Сильно нарушенные территории.
- V. Полностью нарушенные территории.

Основой для реализации данного алгоритма явились материалы дистанционного зондирования Земли из космоса, в частности снимки со спутника Landsat-7 за 2000 и 2001 годы. На них выделялись границы лесных массивов и площади, занятые различными видами нарушений. Уточнение содержания выделенных контуров проводилось по существующим тематическим картам. Все эти операции проводились в автоматическом режиме с использованием программного пакета ArcView 3.x.

Основными этапами работы явились:

- привязка растровых материалов (тематических карт и снимков), их векторизация, экспертное дешифрирование снимков;
- расчет интегрального показателя нарушенности лесных экосистем, статистическая обработка результатов;
- определение типов леса с разной степенью нарушенности и создание карты нарушенности лесных экосистем Талдомского района.

Ход работы. I. На первом этапе производилась первичная обработка материалов (космических снимков со спутника Landsat-7, тематических карт и лесоустроительных материалов) и подготовка их для дальнейшего анализа.

Все растровые материалы были геометрически откорректированы, большая часть из них была переведена в векторную форму. Геометрическая коррекция

всех материалов осуществлялась в единую проекцию (равноплощадная коническая проекция Алберса) с использованием пакета ERDAS Imagine.

Космические снимки были дополнительно допривязаны по опорным точкам, полученным с топографических карт масштаба 1:200 000 м.

Погрешность (средняя квадратичная ошибка) при привязке снимков, полученных со спутника Landsat-7, сенсор ETM+, составила не более одного пиксела (до 30 метров), а при привязке других растровых материалов (лесостроительных и тематических карт) — не более 40 метров.

Все используемые тематические карты и лесостроительные материалы были оцифрованы (ArcView 3.x). Атрибутивная информация была внесена в соответствии с прилагаемыми к картам легендами. Была проведена частичная векторизация топографических карт (в частности, были векторизованы объекты, значимые для данного исследования: инфраструктура — ЛЭП, дороги, и гидрологическая сеть).

Границы лесной растительности выделялись не по топографическим картам, а по космическим снимкам. Данные топографических карт отражают состояние на конец 80-х гг., поэтому информация о состоянии растительности не может считаться актуальной для 2000-2001 гг. Визуальное дешифрирование снимков включало:

- оконтуривание границ растительности (лесных массивов);
- выделение просек и лесных дорог;
- выделение основных типов инфраструктур (ЛЭП, крупных дорог) необозначенных на топографической карте.

II. На следующем этапе нами было осуществлено ранжирование различных типов лесных экосистем Талдомского района по степени их нарушенности. На векторной карте растительности Московской области были опознаны основные типы леса (в соответствии с легендой карты «Растительность Московской области» (Огуреева и др., 1996)) — сосновые, еловые, сосново-еловые, еловые с липой и дубом, сосново-еловые с дубом и липой, черноольховые. Полученные контуры были объединены с созданной ранее сеткой.

Далее, для каждого выделенного контура, определяющего тип растительности, были просуммированы значения интегрального показателя нарушенности Z всех расположенных на его площади ячеек.

Затем, для того, чтобы получить показатели безотносительно площади каждого конкретного типа растительности, был произведен пересчет абсолютных значений (суммарных) нарушенности в относительные. Для этого за единичную площадь была принята площадь наименьшего растительного сообщества (типа леса), расположенного на территории Талдомского района.

В результате нарушенность различных типов леса составила: сосново-еловый тип — 1,897; черноольховый тип — 2,235; сосново-еловый тип с дубом и липой — 2,363; сосновый тип — 2,688; еловый тип — 3,915; еловый тип с липой и дубом — 6,691.

В ходе работы были получены следующие результаты:

- предложены критерии оценки и интегральный показатель нарушенности лесных экосистем, которые целесообразно использовать при исследованиях с привлечением ДДЗ;
- проведен анализ нарушенности основных типов леса, представленных на территории Талдомского района и составлена карта нарушенности лесных экосистем Талдомского района (рис. 1).

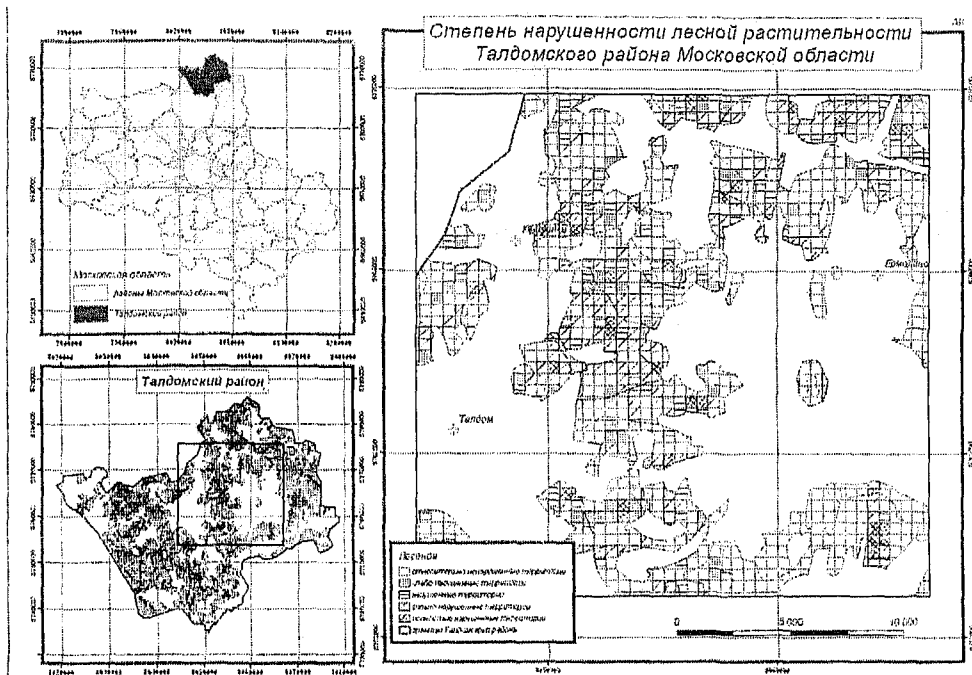


Рис. 1. Степень нарушенности лесных экосистем Талдомского района

Выводы:

1. Лесной покров на территории Талдомского района относится к группе антропогенных лесов.
2. Наибольшую роль в изменении растительного покрова играют такие виды антропогенных воздействий, как вырубка леса, гари, прокладка различных типов инфраструктуры.
3. Большая часть лесного покрова на территории Талдомского района характеризуется значительной степенью нарушенности.
4. Наиболее нарушенными в соответствии с выделенным показателем нарушенности являются следующие типы леса:
 - еловые леса;
 - еловые леса с примесью липы и дуба.

Использованные материалы:

1. Карты:
 - 1.1. Топографические карты масштаба 1: 5000 и 1:2000;
 - 1.2. Тематические карты:
 - карта «Растительность Московской области», 1:200 000, 1995 (Огурева Г.Н., Микляева И.М., Сулова Е.Г., Швергунова Л.В. МГУ, 1996 г.);
 - карта-схема ООПТ Талдомского района;
 - 1.3. Лесоустроительные материалы.
2. Данные дистанционного зондирования Земли: снимки Landsat-7/ETM+ (разрешение 30 м), август 2000 г., июль 2001 г.

ЛИТЕРАТУРА

Аксенов Д.Е., Добрынин Д.В., Дубинин М.Ю. и др. Атлас малонарушенных лесных территорий России. — МСОЭС, 2003.

Колесников Ю.Ф. Генетический этап в лесной типологии и его задачи. / Лесоведение, 1974.

Рысин Л.П., Абатуров А.В., Савельева Л.И. Динамика хвойных лесов Подмосквья Наука, 1999.

ESTIMATION OF DISTURBANCE WITHIN FOREST ECOSYSTEMS OF TALDOMSKY DISTRICT AND DEVELOPING OF THE METHODOLOGY USING REMOTE SENSING IMAGERY

A.M. Kostikova, M.G. Makarova

*Ecological Faculty, Russian Peoples' Friendship University,
Podolskoye shosse, 8/5, 113093, Moscow, Russia*

Current work is dedicated onto estimation of secondary disturbance within forest ecosystems of Tal-domsky district Moscow region and developing of the methodology using remote sensing imagery.
