

УДК 680.90.01

ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЬ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ МЕТОДАМИ БИОИНДИКАЦИИ ХВОЙНЫХ ПОРОД

Дейнега Е.А., Савватеева О.А.

ГБОУ ВПО МО «Международный университет природы, общества и человека «Дубна»,
Дубна, e-mail: baskea87@mail.ru

Работа посвящена изучению возможности использования методов биоиндикации хвойных пород деревьев для контроля и оценки антропогенного влияния на окружающую среду в городах. Биоиндикация является интегральным методом, позволяющим объективно оценить состояние среды, степень ее пригодности для живых организмов, в том числе и человека. Основной целью работы являлась оценка экологического состояния окружающей среды территории г. Дубны Московской области по хвойным породам деревьев. В летние полевые периоды 2008–2010 гг. на территории г. Дубны впервые проведена биоиндикационная оценка состояния окружающей среды по хвойным породам деревьев с использованием в качестве индикатора сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. В результате исследований проведена оценка состояния окружающей среды в г. Дубне, разработаны предложения по организации комплексных исследований сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. и рекомендации к распространению исследований в практику на территории малых и средних городов с природными условиями, близкими к северу Московской области и с небольшой антропогенной нагрузкой в качестве метода экспресс-оценки антропогенной трансформации городских экосистем.

Ключевые слова: биоиндикация, экологический мониторинг, сосна обыкновенная

EXPRESS-MONITORING OF CITY ECOSYSTEMS ANTHROPOLOGICAL TRANSFORMATION BY CONFIR-BASED BIOINDICATIVE METHODS

Deynega E.A., Savvateeva O.A.

International university of nature, society and man «Dubna», Dubna, e-mail: baskea87@mail.ru

This work is devoted to the analysis of possibilities of control and estimation of anthropogenic impacts on the environment in cities by means of the conifer-based bioindication. Bioindication is an integral method that allows objective assessment of environmental condition and its influence on living organisms, including people. The main purpose was estimation of environment conditions on Dubna territory by conifer species. During 2008–2010 summers on the territory of Dubna bioindicative environment assessment using such a conifer species as *Pinus sylvestris* L. as an indicator was first carried out. As a result of the research estimation of the environment was conducted in Dubna and suggestions were offered as to how to organize complex research of *Pinus sylvestris* L., recommended research as part of practical research in small and medium cities with similar nature conditions to northern Moscow Region and modest anthropogenic load as express-estimation method of anthropogenic transformation of cities ecosystems.

Keywords: bioindication, ecological monitoring, *Pinus sylvestris* L.

Урбанизация является одной из основных проблем современности. В связи с тем, что в городах проживает большая часть населения РФ, изучение экологической ситуации в городах является одним из важных направлений экологических исследований в настоящее время.

В процессе становления города постепенно происходит деградация его природной экосистемы, поэтому необходим комплексный регулярный мониторинг состояния окружающей среды. Иначе в пределах городских агломераций может быть превышен предел устойчивого развития экосистемы.

В отличие от физико-химического подхода, который не дает комплексного представления о состоянии окружающей среды и, тем более, о воздействии этой среды на биологические системы, биологические методы оценки являются интегральными, позволяют наиболее объективно, комплексно оценить состояние окружающей среды. Живые индикаторы в условиях хрониче-

ских антропогенных нагрузок реагируют даже на относительно слабые воздействия вследствие кумулятивного эффекта, суммируют влияние всех биологически важных воздействий.

Считается, что для условий лесной полосы России наиболее чувствительны к загрязнению сосновые породы. Это обуславливает выбор сосны как важнейшего индикатора антропогенного влияния, принимаемого в настоящее время за «эталон биодиагностики». Сосна чутко реагирует на малейшее изменение условий произрастания, в том числе и загрязнение среды, широко распространена, имеет приоритет перед листовыми породами в связи с возможностью круглогодичных наблюдений.

Основная цель исследования – оценка экологического состояния окружающей среды территории г. Дубны Московской области по хвойным породам деревьев с использованием в качестве индикатора сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L.

Материалы и методы исследования

В летние полевые периоды 2008–2010 гг. на территории г. Дубны Московской области были проведены биоиндикационные исследования экологического состояния города по хвойным породам деревьев – сосне обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.).

Город Дубна расположен в 125 километрах к северу от Москвы на берегу р. Волга, на границе с Тверской областью. Город не имеет крупных промышленных зон и расположен далеко от индустриальных центров. Экологическая обстановка на территории города и прилегающих окрестностей оценивается, как достаточно благополучная.

Были исследованы следующие параметры: некрозы и усыхания хвои, площадь поверхности хвои, количество хвои на 10 см побега сосны обыкновенной, состояние репродуктивных органов (шишек), оценено состояние окружающей среды по лишайникам – эпифитам сосны, состояние деревьев сосны обыкновенной, биоразнообразия древесных и травянистых растений в точках пробоотбора.

Изучение параметров сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) проведено в 57 точках пробоотбора на территории всего города, равномерно охватывающих все функциональные зоны. В процессе проведения исследования применялись полевые, измерительные и расчетные, статистические и картографические методы.

Принцип одного из методов исследования основан на выявленной зависимости степени повреждения хвои (некрозов и усыхания) от загрязнения воздуха. Осматривались хвоинки предыдущего года по 34–38 штук в каждой точке. Для оценки степени загрязнения воздуха в каждой точке определялись хвоинки с пятнами, усыханием и здоровые [1]. Оценка степени загрязнения воздуха проводилась по оценочной шкале.

Также во всех точках пробоотбора на территории г. Дубны определены морфологические признаки (длина и ширина хвои) и рассчитаны полусферическая сторона хвои и общая поверхность хвои). Измерения длины и ширины проводились с помощью линейки и циркуля–измерителя.

Во всех точках пробоотбора было посчитано количество хвои второго года жизни (вторая сверху мутовка) на 10 см побега сосны обыкновенной.

При проведении исследования генеративных органов сосны обыкновенной в точках пробоотбора отбиралось около 20 шишек с 20–30-летних деревьев, и определялись их линейные размеры (длина и максимальный диаметр) с помощью мерной ленты.

Для оценки состояния окружающей среды по лишайникам – эпифитам сосны в каждой точке пробоотбора случайным образом выбирались 5 деревьев сосны обыкновенной диаметром на высоте груди не менее 20 см на высоте 1,5 м, без ветвей до высоты около 3 м и незакрытых кустарником. За лишайниками наблюдали на всем участке ствола между высотами 0,7 и 1,7 м на каждом из 5 деревьев. Согласно методике подсчитывалось общее число индикаторных видов, встреченных на 5 деревьях, а также измерялся диаметр розеток. Индикаторные виды: зеленые водоросли, гипогимния вздутая, цетрария сосновая, пармелиопсис сомнительный, пармелиопсис темный, цетрария сизая, еверния сливовая, еверния мезоморфная, псевдеверния шелушистая, гипогимния трубчатая [6].

Для оценки биоразнообразия древесных и травянистых растений в каждой точке пробоотбора выбиралась пробная площадка 10·10 м и подсчитывалось общее число травянистых растений, а также деревьев и кустарников.

По методике, разработанной Центром защиты леса Московской области, выделяли 6 категорий состояния сосны обыкновенной:

- 1) без признаков ослабления;
- 2) ослабленное;
- 3) сильноослабленное;
- 4) усыхающее;
- 5) сухостой текущего года;
- 6) сухостой прошлых лет.

Для статистической обработки данных использовались методы математической статистики с применением компьютерных технологий. Анализ и визуализация полученных данных проводилась в *Microsoft Excel* и программном комплексе *Surfer* с построением графиков, гистограмм, картосхем и поверхностей распределения.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам проведенных исследований некрозов и усыхания основная часть территории города относится к 1 и 2 классам загрязнения (рис. 1), то есть воздух идеально чистый и чистый. К этой зоне относится территория жилой застройки, большая часть зеленых зон и промышленных территорий. В Правобережной части города выявлены 4 локальных участка, характеризующихся 3 классом загрязнения воздуха, то есть воздух относительно чистый. Это районы полигона ТБО (самый большой по площади участок), район железнодорожной станции «Большая Волга» с перекрестком на Дмитровском шоссе (трассы федерального значения), Восточная котельная и район Заволжской базы.

По площади поверхности хвои вся территория города достаточно однородна. Но все же северо-западная часть города и Левобережье характеризуются более развитыми естественными хвойными насаждениями с высокой площадью поверхности хвои (рис. 2).

На всей территории г. Дубны количество хвои на 10 см побега приблизительно одинаково. На основной территории города на 10 см побега сосны обыкновенной от 60 до 75 хвоинок. Более 75 хвоинок на 10 см побега выявлено на территории Ратминского бора (контрольный участок), а также в Левобережной части города в частном секторе и лесной зоне. В Правобережной части города выявлено 3 локальных участка, на которых менее 45 хвоинок на 10 см побега. Это участок Дмитровского шоссе рядом с разветвлением железной дороги, район полигона ТБО, а также район Восточной котельной.

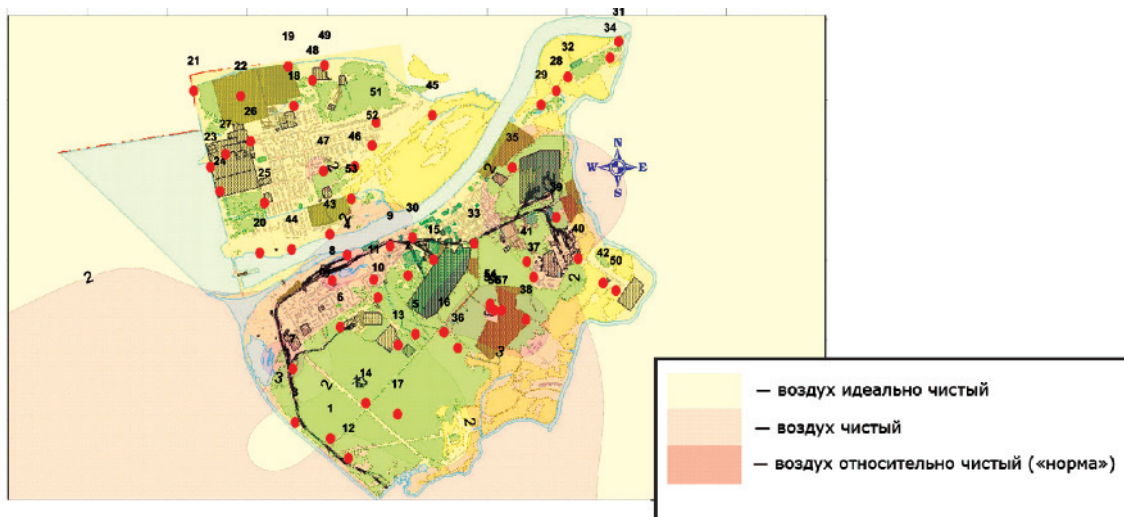


Рис. 1. Картограмма загрязнения атмосферного воздуха на территории г. Дубны

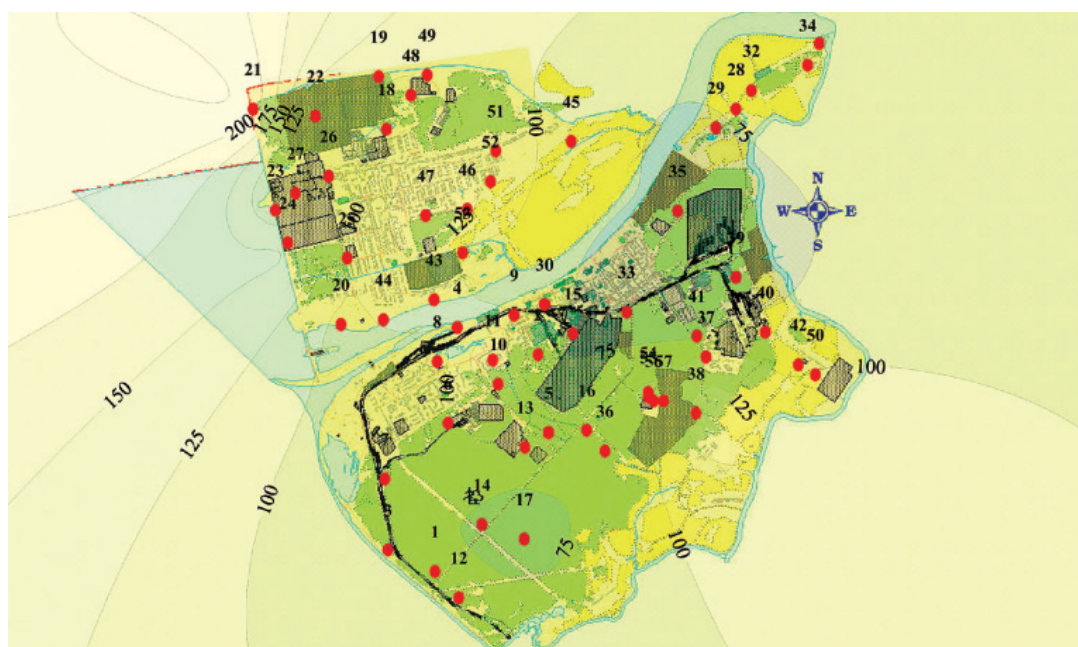


Рис. 2. Картограмма распределения значений полусферической стороны хвои сосны обыкновенной на территории г. Дубны

Измерение линейных размеров шишек сосны обыкновенной показало, что состояние генеративных органов сосны на территории города достаточно однородно (рис. 3). На основной территории города диаметр шишек составляет 70–80 мм, длина шишек от 45 до 55 мм. Картограммы, построенные по распределению размеров длины и диаметра шишек, дают визуально схожие результаты. Выявлено 3 участка с диаметром шишек менее 70 мм и длиной менее 45 мм – дорога в сторону г. Кимры и район очистных сооружений, полигона ТБО, участок Дмитровского шоссе и Нового шоссе, где

в настоящее время ведется строительство объектов «Особой экономической зоны», а также дорога рядом с ж/д станцией «Дубна» и улица Ленинградская с интенсивным движением автотранспорта.

В основном на территории г. Дубны Московской области произрастают деревья сосны обыкновенной, относящиеся к I категории состояния (рис. 4), т.е. без признаков ослабления. На Левом берегу выделен достаточно большой по площади участок с деревьями сосны обыкновенной, которые имеют 2 категорию состояния, т.е. деревья ослабленные. Данная территории приле-

гает к ОАО «ДМЗ–Федоров» и «ГосМКБ «Радуга». В институтской части города деревья сосны обыкновенной относятся ко 2 категории состояния. Также на Правом берегу выделены 2 небольших по пло-

щади, локальных участка со 2 категорией состояния – участок дороги на Москву у поста ГИБДД и район ОАО «Приборный завод «Тензор» и мебельного производства «Экомебель».

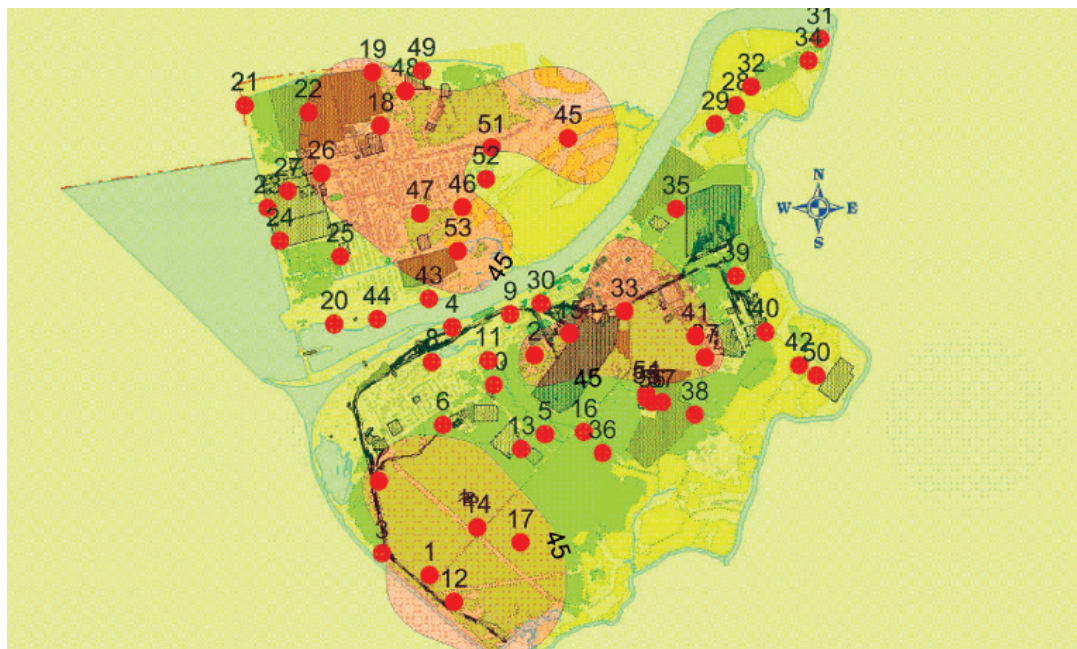


Рис. 3. Картограмма распределения значений длины иголок сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. на территории г. Дубны

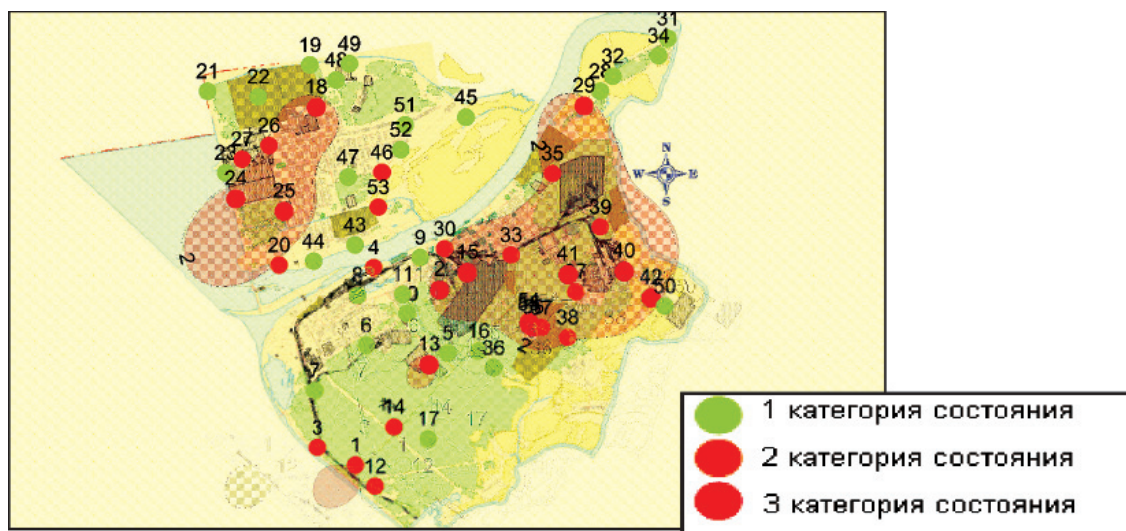


Рис. 4. Состояние сосны обыкновенной на территории г. Дубны

Исследование лишайников-эпифитов сосны показало, что на территории жилой застройки и промышленных зон г. Дубны лишайников на стволах сосны обыкновенной нет. Один вид лишайника (в основном гипогимния вздутая) встречается в 16 точках, которые расположены на территории лесопарковых зон города. Диаметр розеток

гипогимнии вздутой от нескольких миллиметров до 1 сантиметра. В 3 точках встречаются 2 вида лишайников (гипогимния вздутая и цетрария сосновая или гипогимния вздутая и зеленые водоросли), данные точки расположены на территории лесных зон.

Проведенная оценка биоразнообразия древесных и травянистых растений в точ-

ках исследования сосны обыкновенной показала, что основной процент исследованных точек характеризуется общим видовым разнообразием от 10 до 15 видов, однако есть точки с пониженным видовым разнообразием. Снижение видового разнообразия в некоторых точках связано с конкретными антропогенными объектами (например, полигон ТБО).

Выводы и заключение

На основании проведенных исследований установлено, что сосна обыкновенная является удобным и приемлемым биоиндикатором для оценки состояния окружающей среды в городах севера Московской области при условии высокой частоты встречаемости, равномерности распределения на территории и доступности для исследований. Она является чувствительным индикатором и реагирует даже на относительно слабое загрязнение среды. При сопоставлении результатов по всем исследованиям был сделан вывод, что наиболее целесообразно проводить оценку качества среды по сосне обыкновенной по трем изученным параметрам: некрозы и усыхания хвои, количество хвои на 10 см побега, состояние деревьев сосны обыкновенной.

Использованный комплексный подход к биоиндикационным исследованиям хвойных пород может быть рекомендован к распространению в практику на территории малых и средних городов с природными условиями близкими к северу Московской области с небольшой антропогенной нагрузкой в качестве экспресс-контроля антропогенной трансформации городских экосистем.

Список литературы

1. Ашихмина Т.Я. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие. –4-е изд. – М.: Академический Проект; Альма Матер, 2008. – 416 с.
2. Баскакова Е.А. Оценка состояния воздушной среды г. Дубны Московской области с использованием сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. в качестве биоиндикатора. Бакалавр. работа. – Дубна: Международный ун-т природы, общества и человека «Дубна», 2009.

3. Введение в экологию. Город Дубна – история и экология. – Дубна: Международный университет природы, общества и человека «Дубна», 2001. – 164 с.

4. Мелехова О.П., Егорова Е.И. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.

5. Уткин А.И., Ермолаева Л.С., Уткина И.А. Площадь поверхности лесных растений: сущность, параметры, использование. – М.: Наука, 2008. – 292 с.

6. Шапиро И.А. Лишайники: удивительные организмы и индикаторы состояния окружающей среды. – СПб.: Кристалл+, 2003. – 108 л.

7. Автономная некоммерческая организация «Региональный экологический центр «Дубна» [сайт]. – Дубна. URL: <http://www.ecocenter.dubna.ru> (дата обращения: 17.01.2012)

References

1. Ashikhmina T.Ja. Ekhkologicheskij monitoring: uchebno-metodicheskoe posobie. Izd.4-e M.: Akademicheskij Proekt; Al'ma Mater, 2008. 416 p.

2. Baskakova E.A. Ocenka sostojanija vozdušnojj sredy g. Dubny Moskovskoj oblasti s ispol'zovaniem sosny obyknovnojj *Pinus sylvestris* L. v kachestve bioindikatora. Bakalavr. rabota. Dubna: Mezhdunarodnyjj un-t prirody, obshhestva i cheloveka «Dubna», 2009.

3. Vvedenie v ehkologiju. Gorod Dubna – istorija i ehkologija. Dubna: Mezhdunarodnyjj universitet prirody, obshhestva i cheloveka «Dubna», 2001. 164 p.

4. Melekhova O.P., Egorova E.I. Biologicheskij kontrol' okružhajushhejj sredy: bioindikacija i biotestirovanie: uchebnoe posobie dlja stud. vyssh. ucheb. zavedenij. M.: Izdatel'skij centr «Akademija», 2007. 288 p.

5. Utkin A.I., Ermolaeva L.S., Utkina I.A. Ploshhad' poverkhnosti lesnykh rastenij: sushhnost', parametry, ispol'zovanie. M.: Nauka, 2008. – 292 p.

6. Shapiro I.A. Lishajniki: udivitel'nye organizmy i indikatory sostojanija okružhajushhejj sredy. SPb.: Krismas+, 2003g. 108 l.

7. Avtonomnaja nekommercheskaja organizacija «Regional'nyjj ehkologicheskij centr «Dubna» [sajjt]. Dubna. URL: <http://www.ecocenter.dubna.ru> (data obrashhenija: 17.01.2012)

Рецензенты:

Макаров О.А., д.б.н., профессор кафедры земельных ресурсов и оценки почв факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва;

Абакумов В.А., д.б.н., профессор, зав. отделом ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН», г. Москва.

Работа поступила в редакцию 23.04.2012