



О МЕТОДАХ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

М.В. Волкодаева, Я.А. Володина

Институт проектирования, экологии и гигиены,
РФ, г. Санкт-Петербург, пр. Медиков, д. 9, лит. Б, пом. 17Н
E-mail: m.volkodaeva@yandex.ru

Оценка состояния объектов зеленых насаждений является необъемлемой частью экологического мониторинга окружающей среды. В настоящее время при проведении энтомо-фитопатологических и дендрологических обследований, а также комплексных геохимических обследований почв используются различные технические средства и методы контроля, в первую очередь, визуальные. Развитие системы мониторинга посредством внедрения таких методов измерения как резистография, фотометрия, флуориметрия, томография и кондуктометрия позволит получать точные и достоверные результаты наблюдений за состоянием зеленых насаждений для своевременного выявления негативных процессов и принятия обоснованных природоохранных решений.

Ключевые слова: зеленые насаждения, почва, мониторинг, резистография, фотометрия, флуориметрия, томография, кондуктометрия.

Поступила в редакцию: 25.10.2023. После доработки: 17.11.2023.

Введение. В связи с все возрастающей антропогенной нагрузкой на урбанизированные территории необходимо своевременно выявлять изменения, происходящие в окружающей среде, а также проводить оценку и прогноз развития экологически неблагоприятных ситуаций. Мониторинг зеленых насаждений – одна из составных частей экологического мониторинга. Однако, данный вид мониторинга наименее развит в нашей стране по сравнению с мониторингом других компонентов окружающей среды (атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, почвы и др.). В рамках мониторинга зеленых насаждений в Санкт-Петербурге [1], выполняется ряд важнейших функций, таких как экологическая, эстетическая, экономическая, рекреационная, специализированная, транзитная, инженерно-техническая [2]; происходит наблюдение за состоянием зеленых насаждений парков, городских садов, скверов, бульваров, озелененных улиц и набережных [1]. При осуществлении наблюдений применяется сочетание биологических и технических методов получения информации [3], которая используется для обоснования и принятия управленческих, технологических и

других решений, а также выбора оптимальных вариантов стратегии и природоохранных мероприятий [4]. Следовательно, совершенствование существующих, а также разработка и внедрение новых средств и методов контроля является актуальной задачей на сегодняшний день.

Цель данного исследования – систематизация применяемых в настоящее время методов и предложения по их совершенствованию.

Материалы и методы. Организация и ведение мониторинга состояния зеленых насаждений подразумевает предварительный выбор объектов для наблюдений и закладку постоянных пробных площадей (далее - ППП) [1]. Далее производится непосредственно наблюдение (слежение) и получение данных: измерения и учет; анализ данных и оценка ситуации; прогнозирование ситуации; принятие решений по содержанию, повышению устойчивости, защите, восстановлению и реконструкции зеленого фонда города [1].

По регулярности проведения все виды операций мониторинга подразделяются на ежегодные и периодические [1].

Кроме этого, для получения оперативной информации об изменении экологического состояния насаждений проводят маршрутные рекогносцировочные обследования объектов зеленых насаждений, не входящих в состав мониторинга [1]. Наблюдения за состоянием объектов зеленых насаждений на ППП включают в себя энтомо-фитопатологические и дендрологические обследования, а также комплексные геохимические обследования почв и предусматривают, как визуальные методы контроля, так и использование различных технических средств.

Дендрологические и энтомо-фитопатологические обследования в рамках мониторинга зеленых насаждений в настоящее время базируются преимущественно на визуальных методах наблюдений за состоянием древесных и кустарниковых растений.

С целью количественной оценки параметров объектов используются следующие инструменты: для определения диаметра ствола применяется мерная вилка и рулетка (на высоте 1,3 метра от земли), высота дерева измеряется при помощи рейки или высотометра. На данный момент широкое распространение получили электронные мерные вилки со встроенным контроллером для сбора и хранения получаемых данных, работа которых основана на магнитном принципе измерения.

Для оценки состояния почв используются: визуальная оценка, химические обследования, определение плотности и влажности почвы.

Исследование плотности почвы производится посредством пенетromетра – принцип действия заключается в преобразовании деформации упругого элемента тензометрического датчика силы, которая вызывается действием приложенной силы, в электрический сигнал.

Для измерения влажности почвы применяются влагомеры. Принцип действия игольчатого влагомера основан на кондуктометрической проницаемости [5].

Ход и результаты исследования. С целью развития системы мониторинга зеленых насаждений на урбанизированных территориях рассмотрены и предложены следующие методы и средства контроля, позволяющие получать более точные сведения относительно объектов наблюдений.

Использование резистографа в дополнение к уже существующим инструментам при проведении *дендрологической экспертизы* позволяет помимо подсчета годичных колец с последующим определением возраста растения определять общее состояние дерева по наличию в нем гнили. Кроме этого, данный прибор позволяет выявить наличие древесиноразрушающих грибов, поэтому его применение целесообразно также при проведении энтомо-фитопатологических обследований [6].

В резистографе контактным элементом является игла, за счет которой происходит бурение (при этом из-за малого диаметра иглы целостность дерева не нарушается). В зонах с гниением или с нарушенной целостностью прибор фиксирует низкое сопротивление. Фиксация годичных колец происходит за счет колебаний сопротивления. Отображение сопротивления бурению распечатывается на бумажной ленте при помощи электроники высокой точности [6]. Опираясь на полученные данные можно сделать вывод о жизнестойкости дерева и спрогнозировать дальнейшее распространение гнили по стволу [6].

Энтомо-фитопатологические обследования на данный момент проводятся исключительно визуальными методами и включают определение очагов болезней и вредителей, степень их развития, определение категории состояния растений. Внедрение и применение инструментальных методов оценки позволит существенно повысить достоверность исследований.

Исследование фотометрического индекса стресса (далее – ФИС), являющегося интегральной характеристикой жизнестойкости (виталитета) растения и

отражающего результат снижения фотосинтеза, при помощи спектрофотометра позволяет оценить состояние зеленых насаждений на разных стадиях поражения и определить стрессовое состояние растений до появления его визуальных признаков.

Принцип работы прибора основан на способности исследуемого объекта избирательно отражать лучистую энергию в характерных для них участках спектра [7]. При этом спектральные диапазоны фотометра подбираются так, чтобы соответствовать основным физиологическим процессам, происходящим в растениях. Так как крона и ствол зеленых насаждений отличаются сильной неравномерностью поверхности, то для достоверного результата измерения следует равномерно освещать исследуемый образец. Измеряемой величиной является коэффициент отражения в указанных диапазонах. Процессор, встроенный в фотометр дает возможность предварительной обработки информации. Проводится расчет средних значений коэффициента отражения, а также значения коэффициентов вариации, которые являются мерой структурных неоднородностей (пятнистости) исследуемого растения. Фотометр рассчитывает интегральные индексы стресса (обратные вегетационные коэффициенты), характеризующие состояние растения, степень подавления фотосинтеза и нарушения водного баланса в тканях.

Также для целей контроля состояния зеленых насаждений может быть использован переносной высокоточный полевой импульсный фотометр, позволяющий проводить измерения коэффициентов смешанного отражения листьев и хвои деревьев, травы или мхов в различных спектральных интервалах в видимой и ближней инфракрасной области спектра. Измеряемым параметром является спектральный коэффициент отражения.

В зависимости от стрессовых факторов, таких как шумовое загрязнение, загазованность атмосферного воздуха автотранспортом, изменяется способность быстрой флуоресценции хлорофилла

листьев, связанная с основными параметрами флуоресценции. Так, например, вблизи загрязненных мест значение параметра «квантовый выход», который эквивалентен постоянному уровню флуоресценции, находится на минимальных значениях при постоянном увеличении интенсивности света. В связи с вышесказанным, использование импульсного флуориметра для оценки состояния зеленых насаждений урбанизированных территорий позволяет судить по характеристикам флуоресценции хлорофилла об эффективности фотосинтеза, а именно – эффективности запасаения света.

Свет от источника попадает на первичный фильтр (фильтр возбуждения), где происходит отбор длин волн требуемого интервала и блокировка остальных длин волн. Затем выделенное излучение попадает на пробу и возбуждает там флуоресцентное излучение, которое проходит через фильтр вторичный (фильтр эмиссии), отсекающий рассеянный возбуждающий свет, после чего попадает на фотодетектор, где пропорционально преобразуется в электрический сигнал. При этом светофильтр для возбуждения флуоресценции должен пропускать свет исключительно в области, в которой исследуемый образец флуоресцирует. Фильтру эмиссии необходимо пропускать флуоресценцию, но возбуждающий свет при этом должен целиком им поглощаться. То есть, эти два светофильтра, сложенные вместе, должны полностью исключать пропускание света.

Гнилевые болезни лиственных пород деревьев являются одной из основных причин их разрушения, также снижается декоративность растений вследствие болезни листьев (мучнистая роса, пятнистость и др.) [8]. Постоянный контроль состояния объектов зеленых насаждений, в том числе своевременное выявление процессов гниения, позволяет избежать подобных проблем.

Для оценки состояния растений при осуществлении мониторинга зеленых насаждений целесообразно использование импульсного томографа, позволяющего проводить измерения скорости

прохождения звуковых импульсов по стволу дерева. Изменение скорости распространения звукового импульса имеет прямую зависимость от плотности исследуемой древесины. Участки дерева, на которых гниль отсутствует, характеризуются высокой скоростью прохождения звука, в то время как участки с гнилью - низкой скоростью.

По результатам работы датчиков, расположенных на срезе растения, создается плоская модель внутреннего состояния образца, то есть томограмма. Дополнительно при помощи 3D-модуля возможно построение объемной модели участка ствола дерева. Учитывая геометрию поперечного сечения ствола дерева и расположение гнили есть возможность увидеть направление самого вероятного крушения древостоя.

К достоинствам томографа можно отнести его принадлежность к приборам неразрушающего контроля, а также наглядную форму представления результатов измерения; недостатком является чувствительность устройства к внешним шумам [9].

Геохимическое обследование почв – один из важнейших элементов мониторинга состояния зеленых насаждений. В рамках данного исследования проведение оценки засоленности почв позволит

заблаговременно предупреждать негативные последствия, вызванные снижением уровня плодородия почвы ввиду чрезмерного накопления в ней водорастворимых солей и, как следствие, прекращению поступления к растениям многих макро- и микроэлементов, приводящему к повышению восприимчивости зеленых насаждений к патогенам и вредителям.

Применение кондуктометра - прибора для измерения электрической проводимости почвы при помощи электрохимического метода анализа - для этой цели является рациональным решением. Принцип работы устройства основан на исследовании электропроводимости почвы посредством электрода из нержавеющей стали. Электропроводимость является мерой концентрации ионов, обладающих электрическим зарядом, она присуща солям, то есть чем выше значение проводимости, тем сильнее засоленность почвы.

Таким образом, на основании предложенных приборов и методов контроля, а именно: резистографии, фотометрии, флуориметрии, импульсной томографии и кондуктометрии, систему мониторинга можно представить в виде схемы, представленной на рис. 1.



Рис. 1. Классификационная схема мониторинга состояния зеленых насаждений
Fig. 1. Classification scheme for monitoring the condition of green plantings

Заключение. Анализ применяемых в настоящее время методов оценки состояния зеленых насаждений при проведении экологического мониторинга показал, что основным способом исследований является визуальный контроль. Развитие системы мониторинга обусловлено необходимостью получения оперативных, достоверных и точных данных о состоянии растений урбанизированных территорий.

Так, использование в дополнение к уже применяемым методам резистографа позволит более точно определять возраст, оценивать общее состояние дерева по наличию в нем гнили и выявлять присутствие древесиноразрушающих грибов. Метод фотометрии посредством получения информации о фотометрическом индексе стресса позволяет оценить состояние объектов зеленых насаждений на разных стадиях поражения и определить стрессовое состояние флоры до появления визуальных признаков. Благодаря флуориметрии становится возможным получить данные о состоянии растений по характеристикам флуоресценции хлорофилла и оценить степень антропогенной нагрузки на окружающую среду. Использование импульсного томографа при проведении мониторинга обусловлено необходимостью выявления процессов гниения стволов и корней деревьев. Состояние зеленых насаждений также напрямую зависит и от состояния почв. С целью оценки засоленности почв при проведении наблюдений следует использовать кондуктометрический метод анализа.

Таким образом, внедрение инструментальных методов анализа в систему мониторинга состояния зеленых насаждений позволит получать важнейшую информацию о растениях, предупреждая

обусловленные в первую очередь антропогенной деятельностью возможные негативные процессы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Методика* мониторинга состояния зеленых насаждений общего пользования на территории Санкт-Петербурга. Распоряжение Комитета от 22 июня 2010 г. № 99-р.

2. *Методика* оценки экологического состояния зеленых насаждений Санкт-Петербурга. Распоряжение Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности от 3 февраля 2021 года N 17-р.

3. *Санаев И.В.* Роль зеленых насаждений в создании оптимальной городской среды // Лесной вестник. 2006. № 6. С. 71–76.

4. *Курбаниязов Б.Т., Сайтова А.* Экологическая роль интродуцированных декоративных растений в озеленении г. Нукуса // Форум молодых ученых. 2017. № 6 (10). С. 1072–1075.

5. https://xn----7sbabfc9cl.xn--p1ai/vlagomery/536-vlagomer-pochvy-mc-7828-soil?search_query=7828&results=2 / (дата обращения: 23.10.2023).

6. <https://www.resistograph.ru/resistograf.htm> / (дата обращения: 23.10.2023).

7. *Кувалдин Э.В.* Фотометры для измерения коэффициентов отражения природных объектов в спектральной области излучения солнца // Научное приборостроение. 2005. Т. 15. № 1. С. 21–28.

8. <https://givoyles.ru/articles/sovety/gnili-derevev-cto-s-nimi-delat/> (дата обращения: 23.10.2023).

9. *Ивантищев В.В., Евграшкина Т.Н., Бойкова О.И., Жуков Н.Н.* Засоление почвы и его влияние на растения // Известия ТулГУ: Науки о Земле. 2020. № 3. С. 28–42.

**ON CONTROL METHODS OF GREEN PLANTINGS CONDITION
IN URBANIZED TERRITORIES**

M.V. Volkodaeva, Ya.A. Volodina

Institute of Design, Ecology and Hygiene, RF, St. Petersburg, Medikov Av., 9, lit. B, 17N

Assessing the condition of green plantings is an integral part of environmental monitoring. Currently, when conducting ethnomorphopathological and dendrological surveys, as well as complex geochemical surveys of soils, various technical means and control methods, primarily visual, are used. The development of a monitoring system through the introduction of such measurement methods as resistography, photometry, fluorimetry, tomography and conductometry will make it possible to obtain accurate and reliable results of observations of the state of green plantings for the timely detection of negative processes and making informed environmental decisions.

Keywords: green spaces, soil, monitoring, resistography, photometry, fluorimetry, tomography, conductometry.

REFERENCES

1. *Metodika* monitoringa sostoyaniya zelenykh nasazhdeniy obshchego polzovaniya na territorii Sankt-Peterburga. Rasporyazhenie Komiteta ot 22 iyunya 2010 goda N 99-r (Methodology for monitoring the condition of public green spaces in St. Petersburg. Order of the Committee dated June 22, 2010, No. 99-r).
2. *Metodika* otsenki ekologicheskogo sostoyaniya zelenykh nasazhdeniy Sankt-Peterburga. Rasporyazhenie Komiteta po prirodopolzovaniyu, okhrane okruzhayushchey sredy i obespecheniyu ekologicheskoy bezopasnosti ot 3 fevralya 2021 goda N 17-r (Methodology for assessing the ecological state of green spaces in St. Petersburg. Order of the Committee on Natural Resources, Environmental Protection and Environmental Safety dated February 3, 2021, No. 17-r).
3. *Sanaev I.V.* Rol zelenykh nasazhdeniy v sozdanii optimalnoy gorodskoy sredy (The role of vegetation in creating comfortable town environment). *Lesnoy vestnik*, 2006, No. 6, pp. 71–76.
4. *Kurbaniyazov B.T. and Saytova A.* Ekologicheskaya rol intodutsirovannykh dekorativnykh rasteniy v ozelenenii g. Nukusa (Ecological role of introduced decorative plants in the greening of g. Nukus). *Forum molodykh uchenykh*, 2017, No. 6(10), pp. 1072–1075.
5. https://xn----7sbabfc9cl.xn--p1ai/vlagomery/536-vlagomer-pochvy-mc-7828-soil?search_query=7828&results=2 / (October 23, 2023).
6. <https://www.resistograph.ru/resistograf.htm> / (October 23, 2023).
7. *Kuvaldin E.V.* Fotometry dlya izmereniya koeffitsientov otrazheniya prirodnykh obektov v spektralnoy oblasti izlucheniya solntsa (Photometers for measuring the reflectance of natural objects in the spectral region of solar radiation). *Nauchnoe priborostroenie*, 2005, Vol. 15, No. 1, pp. 21–28.
8. <https://givoyles.ru/articles/sovety/gnili-derevev-cto-s-nimi-delat/> / (October 23, 2023).
9. *Ivantishchev V.V., Yevgrashkina T.N., Boykova O.I., and Zhukov N.N.* Zasolenie pochvy i ego vliyanie na rasteniya (Soil salinity and its effect on plants). *Izvestiya TulGU: Nauki o Zemle*, 2020, No. 3, pp. 28–42.