

РАЗРАБОТКА ВОЛЮМОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕМА ХВОИ ПРИ БИОИНДИКАЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

О.А. ЕСЯКОВА, доц. каф. промышленной экологии, процессов и аппаратов химических производств СибГТУ, канд. биол. наук,

Р.А. СТЕПЕНЬ, проф. каф. промышленной экологии, процессов и аппаратов химических производств СибГТУ, д-р биол. наук

olga-la83@mail.ru, stepen.rob@yandex.ru

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»
Россия, 660049, Красноярск, пр. Мира, 82

Количественная оценка загрязняющих воздушную среду компонентов, проводимая с помощью биоиндикационных методов, позволяет получить более достоверные и объективные результаты. Задачей исследования являлась разработка метода измерения объема хвои деревьев как биоиндикационного показателя загрязнения городской воздушной среды. Разработан прибор для измерения объема хвои, представляющий цилиндр, внутри которого располагается поршень, состоящий из штока с закрепленным на нем зонтом из водостойкого мелкоячеистого материала. Совмещение риски на штоке с уровнем воды в цилиндре до и после помещения хвои в цилиндр определяет объем исследуемого количества хвои. В ходе исследования проведено сравнение результатов определения объема хвои ели сибирской, отобранной из средней части кроны деревьев, разработанным и морфометрическим методами. Сравнение полученных данных показывает, что морфометрические измерения превышают волюмометрические почти на 12 %. Такой результат объясняется формой хвои, не учитываемой при расчете объема образцов морфометрическим способом. Объективный характер анализа волюмометрическим методом указывает и низкая величина коэффициента варьирования результатов измерения. Объем хвои ели сибирской, определяемый волюмометрическим методом, использовался в качестве индикатора загрязнения воздушной городской среды. На примере промышленного центра Сибири проведена оценка аэрогенного загрязнения в разных районах города Красноярска по измеренному объему хвои волюмометрическим путем. При анализе результатов измерений учитывались специфические выбросы предприятий и выхлопные газы автотранспорта. В качестве участков с благоприятной окружающей средой были исследованы загородные лесостепи. Результаты оценки экологической нагрузки на воздушную среду, полученные волюмометрическим способом, согласуются с данными морфометрических измерений аналогичных участков исследования. Разработанный прибор для определения объема образцов неправильной формы позволяет получить более точные и достоверные результаты при проведении биоиндикационных исследований.

Ключевые слова: биоиндикация, волюмометрический метод, ель сибирская, антропогенное загрязнение воздушной среды

Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха является причиной многих негативных процессов. Для оценки его состояния применяют преимущественно инструментальные методы, базирующиеся на определении содержания 4–5 основных поллютантов [3]. Однако в воздушной среде городов находится огромное количество других, в том числе токсичных, компонентов. Оценка их наличия с помощью биоиндикационных методов, учитывающих действие всех находящихся в воздухе загрязнителей, позволяет получить более достоверные и объективные результаты [5, 10]. Вместе с тем, большинство биоценологических показателей, в связи с незначительными изменениями их величины, могут характеризоваться лишь полуколичественно. К таким показателям относится объем образцов неправильной формы, в том числе хвои деревьев.

Задачей исследования являлась разработка метода количественной оценки объема хвои деревьев как биоиндикатора загрязнения городской воздушной среды [9].

Вопрос о количественном определении объема образцов неправильной формы изучался рядом авторов [2, 4, 6, 7]. При измерении объема древесных образцов использовали ртутный объемметр [6], что обуславливает серьезную опасность отравления ртутью. Замена ртути порошком полимера устраняет эту опасность [7]. Однако при анализе массы из 50–100 хвоинок образуются пустоты, что искажает результаты. Объем хвои определяли также расчетными методами: как произведение длины на квадрат ширины [2] или трех ее линейных размеров [4]. Последний из них использован нами для сравнительных целей при разработке волюмометрического метода определения объема хвои ели сибирской.

Материалы и методы

За основу разрабатываемого прибора взято устройство для измерения объема деревянных пористых образцов сравнительно больших размеров (5–10 см³) [7]. Поскольку поверхность хвои ели покрыта водонепроницаемым парафиновым слоем, вместо полимерного порошка в качестве агента использовали воду. Кроме того, учитывая небольшие размеры хвои, измерение объема проводили в узком (внутр. диаметр 23 мм) измерительном цилиндре, что повышает точность анализа. Внутри цилиндра движется поршень, состоящий из штока, на конце которого закреплен зонт из водостойкого мелкоячеистого материала. Его диаметр соответствует внутреннему диаметру цилиндра, благодаря чему происходит полное затопление помещаемой в цилиндр анализируемой хвои. В 15 мм от нижнего конца на штоке сделана риска. Ее совмещение с уровнем воды в цилиндре в начале и после размещения хвои, то есть повышение объема воды в процессе

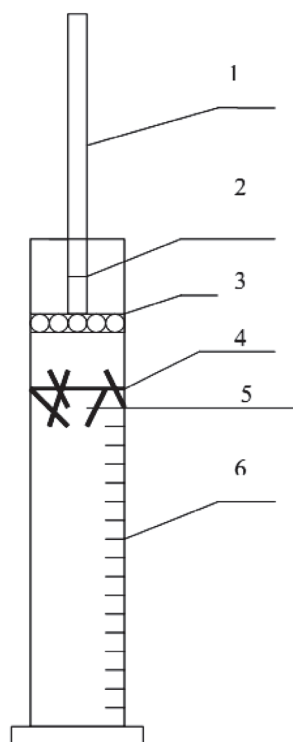


Рисунок. Прибор для измерения объема хвои: 1 – шток, 2 – риска, 3 – зонт (поршень), 4 – уровень воды, 5 – хвоя, 6 – мерный цилиндр

Figure. A device for measuring the volume of needles: 1 – stock, 2 – Risk 3 – umbrella (piston), 4 – the water level, 5 – needles, 6 – graduated cylinder

анализа, определяет объем исследуемого количества хвои. Разработанный прибор схематически представлен на рисунке.

При проведении анализа в цилиндр примерно на 2/3 емкости заливается вода и фиксируется ее начальный уровень. В воде размещается анализируемое число хвоинок и поршнем проводится их полное затопление до совмещения риски на нем с мениском воды. Разница уровней определяет объем вытесненной воды. Частное от деления послед-

Т а б л и ц а 1

Оценка объема хвои волюмометрическим и морфометрическим методами, мм³
Needles volume assessment by the means of volumetric and morphometric methods, mm³

№ п/п	Метод	
	волюмометрический	морфометрический
1	15,2	16,7±0,4
2	14,8	13,5±0,5
3	13,0	17,2±0,4
4	14,4	15,5±0,5
5	13,9	13,1±0,3
6	14,9	14,4±0,4
7	13,6	17,7±0,5
8	14,0	16,1±0,5
9	13,8	18,2±0,4
10	13,2	15,9±0,6
$\bar{x} \pm m$	14,2±0,3	15,9±0,6
σ_x	0,788	3,013
V, %	5,6	10,9

Т а б л и ц а 2

Объем хвои ели на участках с разным уровнем загрязнения атмосферного воздуха
The volume of spruce needles in the areas with different levels of air pollution

Месторасположение участка	Объем, мм ³
ДК «Машиностроитель»	10,9±0,2
ТЭЦ-1	10,5±0,3
химкомбинат «Енисей»	10,2±0,2
КрАМЗ	9,7±0,3
парк Гвардейский	12,1±0,2
краевая больница № 1	11,9±0,2
Центральный парк	12,3±0,1
ул. Республики	11,4±0,1
Политехнический техникум	11,0±0,2
Администрация Свердловского района	10,6±0,3
Академгородок	12,6±0,1
дер. Слизнево	13,6±0,1
ст. Кемчуг	14,1±0,1

него на количество хвои представляет собой объем одной хвоинки.

В процессе исследования проведено сравнение результатов определения объема хвои ели разработанным и морфометрическим методами. Объектом изучения служила хвоя ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) средней части кроны 10 деревьев, произрастающих внутри массива около Академгородка. В лаборатории хвою вручную отделяли от побегов, перемешивали и из общей массы отбирали их заданное количество для анализа.

В случае волюмометрических измерений в цилиндр помещали 50 хвоинок, при морфометрическом анализе каждое из 10 приведенных значений является средним результатом произведения длины, ширины и толщины 5 хвоинок.

Результаты и их обсуждение

Данные количественного определения двумя методами объема хвои ели приведены в табл. 1.

Сравнение полученных данных свидетельствует, что показатели морфометрических анализов в среднем почти на 12 % превышают волюмометрические. Завышение значения объясняется уменьшением размеров в ее апикальной по сравнению со средней частью, что не учитывается при расчете, в то время как волюмометрически фиксируется объем образцов любой формы. На более объективный характер анализа волюмометрическим методом указывает и значительно меньшая (в 1,9 раза) величина коэффициента варьирования результатов измерения.

С использованием волюмометрического метода определения объема хвои ели как индикатора загрязнения воздушной среды оценено ее состояние в некоторых районах г. Красноярска. Для сравнения в опыте в качестве исследуемых взяты ранее рассматриваемые участки [1]. Их расположение и средние результаты анализа хвои приведены в табл. 2.

Наиболее загрязнена поллютантами воздушная среда вблизи ТЭЦ-1 и бывшего химкомбината «Енисей» в Ленинском, а так-

же около администрации и Политехнического техникума в Свердловском районе. Более неблагоприятна ситуация в районе КраЗа в связи со специфическими выбросами алюминиевого производства. Серьезно загрязнена воздушная среда в результате выбросов автотранспорта у Краевой больницы, ул. Республики, ДК «Машиностроитель». Относительно чистый воздух в парковой зоне и в массиве насаждений вблизи Академгородка. Тем не менее, как следует из результатов измерения объемов хвои, он существенно уступает атмосферному воздуху лесных участков.

Полученные данные согласуются с результатами исследования морфометрическими методами загрязнения воздуха городской среды [1]. Согласно им, экологическая нагрузка на воздушную среду г. Красноярска возрастает в ряду: Академгородок – парковая зона – крупные автомагистрали – производственные районы.

Совершенствование аппарата для определения объема крупных образцов неправильной формы позволило разработать прибор для количественного определения объема хвои как индикатора уровня антропогенного загрязнения. С его помощью проведена оценка состояния воздушной среды в некоторых районах г. Красноярска.

Библиографический список

1. Есякова, О.А. Зонирование загрязнения атмосферы г. Красноярска биоиндикационными методами: монография / О.А. Есякова, Р.А. Степень. – Красноярск: СибГТУ, 2011. – 124 с.
2. Михайлова, Т.А. Комплексная экологическая оценка состояния лесов Тайшетского района перед запуском алюминиевого производства в г. Тайшет / Т.А. Михайлова [и др.]. – Иркутск: Институт географии СО РАН, 2005. – 159 с.
3. О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2012 год: Государственный доклад. – Красноярск, 2013. – 450 с.
4. Онучин, А.А. Структурно-функциональные изменения хвои сосны под влиянием поллютантов в лесостепной зоне Средней Сибири / А.А. Онучин, Л.Н. Козлова // Лесоведение. – 1993. – № 2. – С. 39–42.
5. Пат. на полезную модель 89222 Российская федерация. Прибор для измерения объема хвои / Степень Р.А., Есякова О.А., Амбарцумян О.Н., Мартоник Е.В. (РФ) заявитель и патентообладатель Сибирск. гос. технол. ун-

- т. – № 2009124953/22; заявл. 29.06.09; опубл. 27.11.09, Бюл. № 33. – 3 с.
6. Соколов, Д.Б. Древесиноведение : учеб. пособие / Д.Б. Соколов, А.Л. Синькевич, П.А. Емельянова. – Л.: ЛТА, 1974. – 61 с.
7. Пат. 2196327 Российская Федерация, МПК7 G 01 N 33/46, А 01 G 23/00. Способ испытания древесных растений / Мазуркин П.М., Колесникова А.А. (РФ); заявитель и патентообладатель Марийск. гос. тех. ун-т. – № 2001115402/13; заявл. 04.06.01; опубл. 10.01.03, Бюл. № 1. – 2 с.
8. Manninen S. Scots pine needles as bioindicators of sulphur deposition / S. Manninen, S. Huttunen // Canadian Journal of Forest Research. 1995. – Vol. 25, № 10. – P. 1559-1569.
9. Tichy J. Impact of atmospheric deposition on the status of planted Norway spruce stands: a comparative study between sites in southern Sweden and the northeastern Czech Republic / J. Tichy // Environmental Pollution. 1996. – 93, № 3. – P. 303-312.
10. Kovacs M. Trees as biological indicators. Biological indicators in environmental protection. New York : Ellis Horwood, 1992. – 143 p.

VOLUMETRIC DEVELOPMENT METHOD OF MEASURING THE NEEDLES IN BIOINDICATION AIR POLLUTION

Esyakova O.A., Assoc. Prof. Siberian State Technological University, Ph.D. (Biol.); **Stepen' R.A.**, Prof. Siberian State Technological University, Dr. Sci. (Biol.)

olga-la83@mail.ru, stepen.rob@yandex.ru

Siberian State Technological University, Russia, 660049, Krasnoyarsk, Mira ave., 82

The quantitative assessment of air pollutants carried out by means of bioindicator methods allows to receive more reliable and objective results. The aim of the research was to develop a method of tree needles volume measurement as a bio-indicator of urban air environment pollution. The device has been developed for needles volume measurement, representing a cylinder with a piston consisting of a rod inside with an umbrella made of a waterproof close-meshed material fixed on it. Combination of mark on a rod with a water level in the cylinder before and after putting needles in the cylinder determines the volume of the studied quantity of needles. A comparison is given of the results of Siberian spruce middle part of the crown needles volume measurement conducted by the developed criterium and the morphometric one. The comparison of the obtained data shows that morphometric measurements exceed volumetric ones almost for 12 %. Such a result can be explained by the form of the needles which cannot be considered by the calculation of the samples volume by the morphometric method. The objective character of the volumetric method is also proved by the low size of a variation coefficient of measurement results. The volume of Siberian spruce needles, defined by a volumetric method, was used as the indicator of an air urban pollution environment. The example of the industrial center in Siberia shows the method of the assessment of aerogenic pollution in different Krasnoyarsk districts on the measured volume of needles carried out by a volumetric way. Specific emissions of the plants and motor transport gases were taken into account in the analysis of the measurements results. Country forest stands were investigated as sites with favorable environment. The results of the environmental pressure on the air environment assessment, received by the volumetric method, are coordinated with the data of the morphometric measurements of the similar research sites. The developed device for scoping the wrong form samples allows to receive more exact and reliable results when carrying out bioindicator researches.

Keywords: bioindication, volumetric method, Siberian spruce, anthropogenic air pollution

References

1. Esyakova O.A., Stepen' R.A. Zonirovanie zagryazneniya atmosfery g. Krasnoyarska bioindikatsionnymi metodami [Zoning of the Krasnoyarsk's atmosphere pollution by bioindicator methods] : Monograph. Krasnoyarsk : SibSTU, 2011. 124 p.
2. Mikhaylova T.A., eds. Kompleksnaya ekologicheskaya otsenka sostoyaniya lesov Tayshetskogo rayona pered zapuskom alyuminievogo proizvodstva v g. Tayshet [Complex ecological assessment of the woods condition in the Tayshetsky area before start of aluminum production to Taishet]. Irkutsk : Institute of geography of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, 2005. 159 p.
3. O sostoyanii i okhrane okruzhayushchey sredy v Krasnoyarskom krae za 2012 god [About a state and environmental protection in Krasnoyarsk Krai for 2012] : State report. Krasnoyarsk, 2013. 450 p.
4. Onuchin A.A., Kozlova L.N. Strukturno-funktsional'nye izmeneniya khvoi sosny pod vliyaniem pollyutantov v lesostepnoy zone Sredney Sibiri [Structurally functional changes of pine needles under the influence of pollutant in a forest-steppe zone of Central Siberia]. Lesovedenie [Silvics], 1993, no 2, pp. 39-42.
5. Stepen' R.A., Esyakova O. A., Ambartsumyan O. N., Martonik E. V. Pribor dlya izmereniya ob»ema khvoi [The device for measurement of needles volume]. Patent RF, no. 89222, 2009.
6. Sokolov D.B., Sin'kevich A.L., Emel'yanova P.A. Drevesinovedenie [Wood science]. Leningrad : Leningrad technical academy Publ., 1974. 61 p.
7. Mazurkin P.M., Kolesnikova A.A. Sposob ispytaniya drevesnykh rasteniy [Way of wood plants test]. Patent RF, no. 2196327, 2003.
8. Manninen S., Huttunen S. Scots pine needles as bioindicators of sulphur deposition. Canadian Journal of Forest Research. 1995. Vol. 25, no 10, pp. 1559-1569.
9. Tichy J. Impact of atmospheric deposition on the status of planted Norway spruce stands: a comparative study between sites in southern Sweden and the northeastern Czech Republic. Environmental Pollution. 1996. no 3, pp. 303-312.
10. Kovacs M. Trees as biological indicators. Biological indicators in environmental protection. New York : Ellis Horwood, 1992. 143 p.