

УДК 574.2
AGRIS F40

<http://doi.org/10.5281/zenodo.2539559>

**БИОИНДИКАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ *QUERCUS PUBESCENS* WILLD
В ЕСТЕСТВЕННЫХ ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗАХ И
В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ**

©*Мамедова Р. Н.*, докторант, Бакинский государственный университет,
г. Баку, Азербайджан

**BIOINDICATION PARAMETERS *QUERCUS PUBESCENS* WILLD IN NATURAL
FOREST PHYTOCENOSIS AND IN AREAS AFFECTED BY ROAD TRAFFIC**

©*Mammadova R.*, doctoral student, Baku State University, Baku, Azerbaijan

Аннотация. В статье изложены результаты исследования стабильности развития и аккумулятивной способности листьев пушистого дуба (*Quercus pubescens* Willd.) в природных лесных фитоценозах и в зонах воздействия транспортных потоков на территории Хачмазского района республики Азербайджан. Исследуемые территории различались по степени экологического загрязнения. Оценка проводилась с целью дальнейшего использования этого растения для экспресс-оценки и управления качеством среды в республике Азербайджан. Для оценки изменений стабильности развития листьев был использован метод флуктуирующая асимметрия. Аккумулятивные свойства пушистого дуба были исследованы посредством элементного анализа листьев и почвы. Анализ микрокомпонентов в пробах листьев и почв проведен на рентгенофлуоресцентном спектрометре. В результате было установлено, что при повышении уровня техногенного влияния — повышается уровень фенотипических изменений, морфологических признаков листьев, и аккумуляции ими элементов. Соответственно, есть перспектива использования дуба пушистого в качестве природного фильтра для очистки и управления качеством окружающей среды.

Abstract. The paper presents the results of research on individual stable development and accumulative capacity of leaves of the species *Quercus pubescens* Willd. growing in natural forest phytocenosis and in areas affected by road traffic on the territory of the Khachmaz region of the Republic of Azerbaijan. The study areas differed in the degree of environmental pollution. The assessment was carried out with the aim of further using this plant for rapid assessment and quality management of the environment in the Republic of Azerbaijan. To assess changes in the stability of leaf development, a method of fluctuating asymmetry was used. The accumulative properties of fluffy oak were investigated by elemental analysis of leaves and soil. The analysis of microcomponents in samples of leaves and soils was carried out on an X-ray fluorescence spectrometer. As a result, it was found that with an increase in the level of anthropogenic influence, the level of phenotypic changes, morphological signs of leaves, and their accumulation of elements increases. Accordingly, there is the prospect of using oak fluffy as a natural filter for cleaning and environmental quality management.

Ключевые слова: стабильность развития, элементный анализ, флуктуирующая асимметрия.

Keywords: individual stable development, elemental analysis, fluctuating asymmetry.

В последние годы, как следствие все возрастающего антропогенного воздействия на окружающую среду, весьма актуальной стала проблема контроля ее состояния для обеспечения экологической безопасности, т. е. условий при которых достигается надежное сосуществование человека и природы. Для планирования и осуществления мероприятий по контролю состояния окружающей среды, необходимым является предварительная оценка ее качества. Поэтому актуальной задачей является поиск наиболее эффективных и информативных, но при этом экономически выгодных и отвечающих принципам «зеленой» экономики методов оценки качества среды. Этим требованиям отвечают методы биологического мониторинга. Перспективным направлением биологического мониторинга считается биоиндикационная оценка качества среды по стабильности развития растений [1–5].

Мерой стабильности развития может служить флуктуирующая асимметрия (ФА), под которой понимают ненаследуемые мелкие ненаправленные отклонения от строгой билатеральной симметрии [6–7]. Так, в ряде работ было показано, что величина флуктуирующей асимметрии листа, может быть использована в качестве показателя отклонения стабильности развития (гомеостаза) растения от нормы, под действием различных стрессовых факторов, в том числе и загрязнения окружающей среды [8–13]. Также в связи с возросшим загрязнением окружающей среды, анализ элементного состава растений и оценка их аккумулялирующей способности представляет особый интерес как метод для улучшения экологического состояния среды [14–16].

В научно–исследовательской работе был проведен сравнительный анализ результатов изучения стабильности развития и элементного анализа листьев пушистого дуба — *Quercus pubescens* Willd, на территориях, отличающихся по степени экологического загрязнения, с целью оценки перспективности использования этого растения для экспресс–оценки и управления качеством среды в республике Азербайджан.

Материал и методика

Объектом исследования были листья растения пушистый дуб — *Quercus pubescens* Willd (*Q. anatolica* Sosn. Ex Bandin, *Q. crispata* Stev.) из семейства Fagaceae — Буковые. Это листопадное дерево обычно с извилистым стволом, покрытым пепельно–серой коркой. Высота на очень сухих почвах не превышает 8–10 м; на более влажных почвах достигает высоты 20–25 м. Побеги серые, часто густо опушены. Размеры и форма листьев очень изменчивы, но чаще листья мелкие, 4–7 см длиной, плотные, густо опушены, снабжены 3–7 парами длинных, направленных к вершине листа лопастей. Листья часто по краю курчавые. Черешки 0,8–2 см длиной. Желуди сидячие, плюска полушаровидная, чешуи плюски опушенные. Дуб пушистый весьма светолюбив, является хорошо выраженным гемиксерофитом [17]. В Азербайджане распространен в Кубинском, Хачмазском, Шабранском районах, на Самур–Дивичинской низменности, на равнинных территориях и в нижнем горном поясе до 500–1000 м над уровнем моря.

Листья были собраны с деревьев *Q. pubescens*, произрастающих на выбранных пробных площадках, расположенных на территории Хачмазского района республики Азербайджан. С помощью GPS навигатора были взяты координаты местоположения пробных площадок. В качестве естественного лесного фитоценоза была выбрана площадка в природной лесной зоне Самур–Яламинского национального парка (41°47'08.4"N 48°39'13.7"E). А пробная площадка, подверженная влиянию транспортных потоков, была выбрана на территории

придорожной лесной полосы вдоль дороги Хачмаз–Худат, составляющей часть автомобильной дороги Гяндоб–Хачмаз–Ялама — государственная граница Российской Федерации (41°35'07,0"N 48°42'43,6"E).

Для оценки изменений стабильности развития листьев был использован метод ФА. На каждой пробной площадке было собрано по 200–250 листьев с условно–одновозрастных деревьев. С каждого дерева было отобрано по 20–40 листьев среднего размера. Листья были собраны в августе 2016 г, по всему периметру кроны с высоты 1,5–2,0 м, с максимального количества доступных веток.

У исследуемых листьев измеряли длину главной жилки, максимальную ширину листовой пластинки справа (R) и слева (L) от главной жилки. Измерения проводились в сантиметрах, под лупой МБС-9, а результаты измерений обрабатывались с использованием специального программного пакета, созданного на основе языка программирования JAVA SCRIPT (ECMA Script 6). Эта программа основывается на современном программном обеспечении и вычисления производятся общепринятыми статическими биометрическими формулами [18–20]. На основе этой программы у исследуемых листьев были определены коэффициент ФА, дисперсия и среднее значение билатеральной разницы исследуемого признака.

Аккумулятивные свойства пушистого дуба были исследованы посредством элементного анализа листьев и почвы. С обеих пробных площадок было отобрано по одной объединенной пробы почвы, полученной путем смешения точечных проб, отобранных методом конверта послойно с глубины 0–5 см и 5–20 см, не менее 0,2 кг каждая, в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-2017 [21].

Также на каждой пробной площадке проведен отбор смешанных проб листьев по всему периметру кроны деревьев, собранные одновременно с пробами для морфологического анализа. Элементный анализ проб почв и листьев проводился в Центре коллективного использования аналитических приборов и оборудования в Институте геологии и геофизики национальной Академии наук Азербайджана.

Анализ микрокомпонентов в пробах листьев и почв проведен на рентгенофлуоресцентном спектрометре S8 Tiger (Bruker AXS GmbH, Германия) (для листьев — с предварительным сухим озолением при температуре 525 °С) в соответствии с ГОСТ 33850-2016 [22]. В почвенных пробах был определен рН водной вытяжки почв по ГОСТ 26423-85 [23].

Обсуждение результатов

Полученные данные свидетельствуют, о снижении стабильности развития листьев в выборке из зоны действия транспортных потоков.

Как видно из Таблицы, в выборке листьев из зоны влияния транспортных потоков показатель среднего значения билатеральной разницы в 1,3 раза, коэффициента ФА в 1,2 раза, а дисперсии в 1,3 раза больше, чем в выборке листьев из природной лесной зоны. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о том, что деревья, растущие в зоне влияния транспортных потоков, испытывают более сильное угнетение, вследствие прямого влияния техногенного фактора. И это приводит к повышению уровня фенотипических изменений исследуемого билатерального морфологического признака в листьях пушистого дуба.

Таблица.

ПОКАЗАТЕЛИ КОЭФФИЦИЕНТА ФА,
 ДИСПЕРСИИ И СРЕДНЕГО ЗНАЧЕНИЯ БИЛАТЕРАЛЬНОЙ РАЗНИЦЫ
 В ИССЛЕДУЕМЫХ ВЫБОРКАХ ЛИСТЬЕВ ПУШИСТОГО ДУБА

Исследуемые параметры	Зона исследования	
	Природная лесная зона	Зона влияния транспортных потоков
Коэффициент ФА	0,025	0,031
Среднее значение билатеральной разницы	0,25	0,329
Дисперсия	0,033	0,044

Из Рисунка 1 видно, что в выборке листьев пушистого дуба из природной лесной зоны у 22% из анализируемых листьев наблюдается отсутствие асимметрии в исследуемом билатеральном признаке, а в условиях влияния транспортных потоков этот показатель равен 14%. При этом, более высокие показатели билатеральной разницы (1,3; 1,1) наблюдаются только в выборке листьев из зоны влияния транспортных потоков. Это показывает, что в ходе онтогенетического развития в условиях экологического стресса в листьях пушистого дуба повышается уровень нарушения стабильности развития исследуемого билатерального морфологического признака.

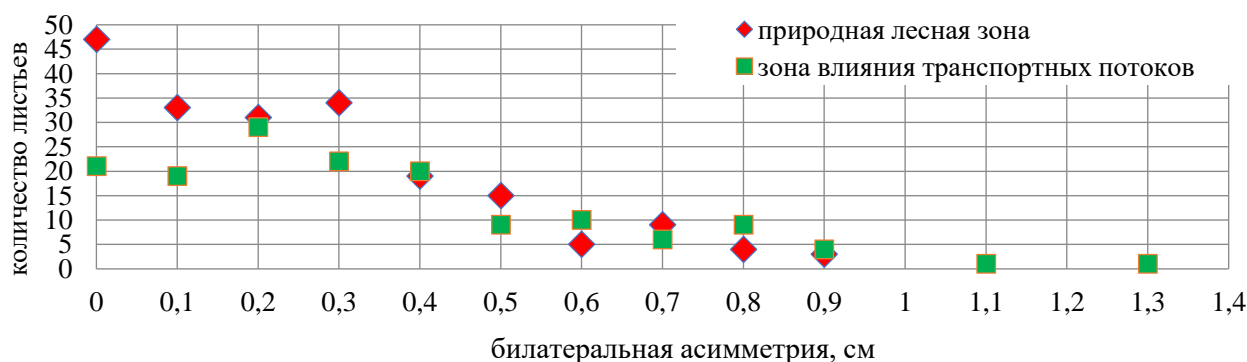


Рисунок 1. Показатели билатеральной асимметрии изучаемого морфологического признака в пределах выборок листьев, из обеих пробных площадок.

Результаты определения содержания химических элементов в пробах почв и листьев приведены на Рисунках 2 и 3.

Определено, что реакция пробы почв из природной лесной зоны — слабокислая (рН 6,9), а в зоне влияния транспортных потоков — слабощелочная (рН 7,7).

Из Рисунка 2 видно, что пробы почв, из зон исследования по концентрациям свинца, никеля, кобальта и ванадия отличаются незначительно. Тогда как, в пробе почв из зоны влияния транспортных потоков содержание хрома в 1,9, циркония в 1,6, стронция в 3,5, меди в 1,3, кадмия в 1,4 и цинка в 1,4 раз больше, чем в пробе почвы из природной лесной зоны. Но в пробе почвы из природной лесной зоны содержание бария в 1,2 раза выше, чем в зоне влияния транспортных потоков.

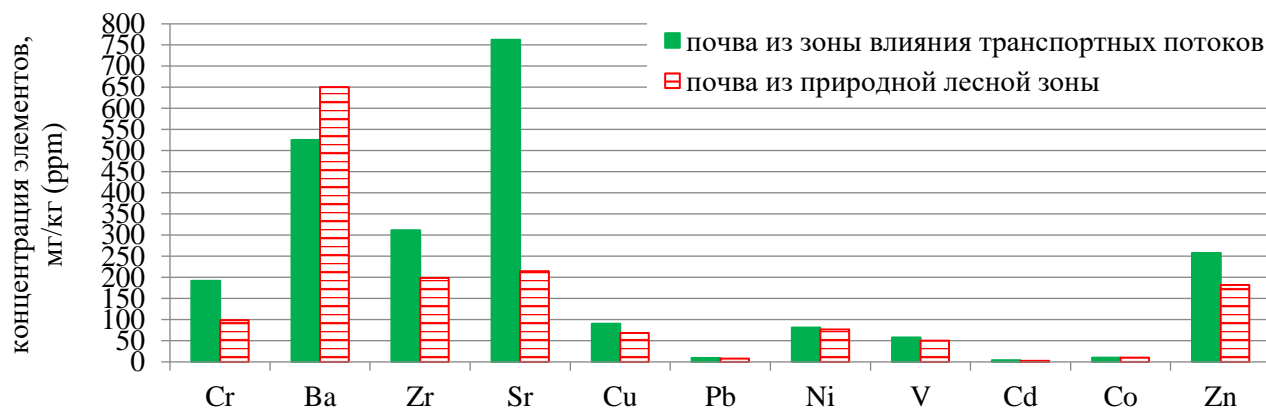


Рисунок 2. Валовое содержание микроэлементов в пробах почв, мг/кг (ppm).

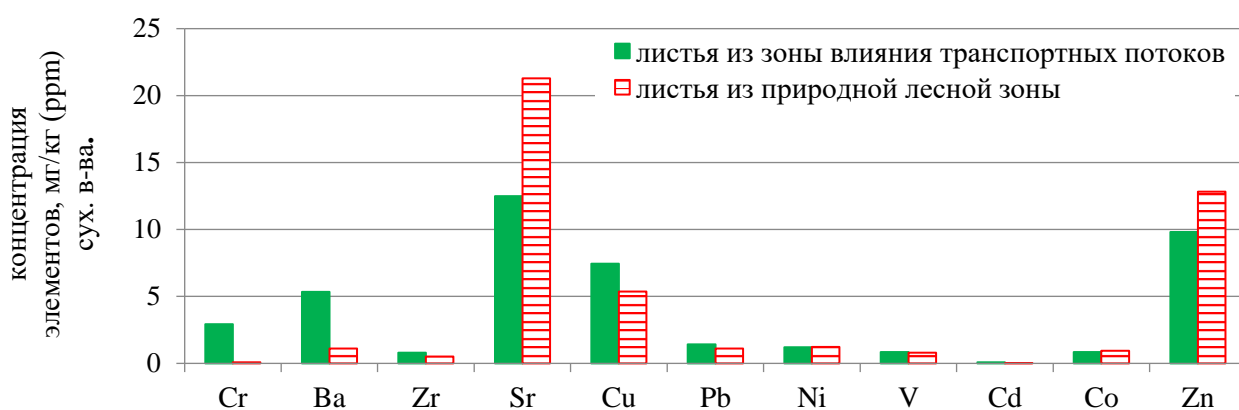


Рисунок 3. Валовое содержание микроэлементов в пробах листьев, мг/кг (ppm) сухого вещества.

Как видно из Рисунка 3, пробы листьев подобно пробам почв, мало отличаются по концентрациям никеля, кобальта и ванадия. Больше различий наблюдается в аккумуляции в пробах листьев хрома, бария, кадмия, стронция.

Содержание хрома в пробе листьев из зоны влияния транспортных потоков в 41 раз больше, чем в природной лесной зоне, хотя концентрация его в пробе почвы из этой же зоны выше всего в 1,9 раз. Несмотря на то, что содержание бария в почве из природной лесной зоны составляет 650,4 мг/кг, а в зоне влияния транспортных потоков — 525,2 мг/кг, аккумулируется он в 4,7 раз больше в листьях из зоны влияния транспортных потоков.

В пробе почвы из природной лесной зоны концентрация кадмия равняется 2,9 мг/кг, а в зоне влияния транспортных потоков — 4,1 мг/кг. Содержание кадмия в листьях из природной лесной зоны составляет 0,016 мг/кг, что в 5,25 раз меньше, чем в зоне влияния транспортных потоков, где в листьях концентрируется 0,084 мг/кг кадмия.

В пробе почвы из природной лесной зоны содержится 214,5 мг/кг, а из зоны влияния транспортных потоков — 762,5 мг/кг стронция. В пробе же листьев из природной лесной зоны аккумулируется 21,3 мг/кг стронция, что в 1,7 раз больше, чем в зоне влияния транспортных потоков, где в листьях содержится 12,5 мг/кг стронция.

В пробе листьев из зоны влияния транспортных потоков концентрация циркония в 1,5, меди в 1,4, свинца в 1,2 больше, чем в пробе листьев из природной лесной зоны. А содержание цинка в пробе листьев из природной лесной зоны в 1,3 раза больше, чем в зоне влияния транспортных потоков.

Таким образом, анализ элементного состава и стабильности развития листьев древесного растения *Quercus pubescens* Willd, в условиях естественных лесных фитоценозов и территориях воздействия транспортных потоков показал, что при повышении уровня техногенного влияния повышается уровень и фенотипических изменений морфологических признаков листьев, и аккумуляции ими элементов.

На основе этого можно сделать вывод об индикационной значимости листьев этого растения и перспективности его использования в качестве природных фильтров для очистки и управления качеством окружающей среды.

Список литературы:

1. Захаров В. М., Шкиль Ф. Н., Кряжева Н. Г. Оценка стабильности развития березы в разных частях ареала // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Сер. Биол. 2005. №1. С. 77-84.
2. Кряжева Н. Г., Чистякова Е. К., Захаров В. М. Анализ стабильности развития березы повислой в условиях химического загрязнения // Экология. 1996. №6. С. 441-444.
3. Мелехова О. П., Егорова Е. И., Евсеева Т. И. и др. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. М.: Академия, 2007, 288 с.
4. Морозова С. П., Устюжанина О. А. Биоиндикационная оценка окружающей среды по стабильности развития земляники и кислицы на территории «Калужского городского бора» // Сб. науч. тр. Калуга: Изд-во КГПУ им К. Э. Циолковского, 2008. С. 89-96.
5. Савинцева Л. С. Показатель стабильности развития березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в условиях антропогенного воздействия на примере г. Кирова // Аграрная наука Северо-Востока. 2011. №5. С. 24-28.
6. Захаров В. М. Онтогенез и популяция (стабильность развития и популяционная изменчивость) // Экология. 2001. №3. С. 177-191.
7. Van Valen L. A study of fluctuating asymmetry // Evolution. 1962. V. 16. №2. P. 125-142.
8. Беляев Ю. В. Показатели флуктуирующей асимметрии *Betula pendula* Roth. в условиях антропогенного воздействия (на примере г. о. Тольятти) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. №3 (7). С. 2196-2200.
9. Гелашвили Д. Б., Логинов В. В., Мокров И. В. и др. Структурно-информационные показатели флуктуирующей асимметрии организмов в биоиндикационных исследованиях // Методы популяционной биологии: материалы докл. Всероссийского популяционного семинара. Сыктывкар, 2004. С. 52-62.
10. Захаров В. М., Баранов А. С., Борисов В. И. и др. Здоровье среды: методика оценки. Оценка состояния природных популяций по стабильности развития: методологическое руководство для заповедников. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.
11. Собчак Р. О., Афанасьева Т. Г., Копылов М. А. Оценка экологического состояния рекреационных зон методом флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* Roth // Вестник Томского государственного университета. 2013. №368. С. 195-199.
12. Kozlov M. V., Niemela P. Yunttila Y. Needle fluctuating asymmetry as a sensitive indicator of pollution impact on Scots pine (*Pinus sylvestris*). Ecological indicators. 2002. V. 1. P. 271-277.
12. Mammadova A. O. Bioindications of plants and assessment environment. Baku, 2008. 176 p.
13. Али-заде В. М., Ширвани Т. С., Алирзаева Э. Г. Устойчивость растений к токсичности металлов и нефтяных углеводородов. Подходы к фиторемедиации. Баку: Элм, 2011. 276 с.

14. Tian D., Zhu F., Yan W., Fang X., Xiang W., Deng X., Wang G., Peng C. Heavy metal accumulation by panicled goldenrain tree (*Koelreuteria paniculata*) and common elaeocarpus (*Elaeocarpus decipens*) in abandoned mine soils in southern China // *Journal of Environmental Sciences*. 2009. V. 21. №3. P. 340-345.

15. Tomasevic M. Z., Vukmirovic Z., Rajssic S. M., Tasic M., Stevanovic B. Characterization of trace metal particles deposited on some deciduous tree leaves in an urban area // *Chemosphere*. 2005. V. 61. №6. P. 753-760.

16. Семериков Л. Ф. Популяционная структура древесных растений (на примере видов дуба европейской части СССР и Кавказа). М.: Наука, 1986. 140 с.

17. Лакин Т. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 349 с.

18. Palmer A. R. Strobeck C. Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: implications of nonnormal distributions and power of statistical tests // *Acta Zool. Fenn.* 1992. V. 191. P. 57-72.

19. ГОСТ 17.4.4.02-2017 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.

20. ГОСТ 33850-2016 Почвы. Определение химического состава методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии.

21. ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотно остатка водной вытяжки.

References:

1. Zakharov, V. M., Shkil, F. N., & Kryazheva, N. G. (2005). Otsenka stabil'nosti razvitiya berezy v raznykh chastyakh areala. *Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod*, (1), 77-84. (in Russian).

2. Kryazheva, N. G., Chistyakova, E. K., & Zakharov, V. M. (1996). Analysis of the stability of the development of birch in conditions of chemical pollution. *Ecology*, (6), 441-444. (in Russian).

3. Melekhova, O. P., Egorova, E. I., & Evseeva, T. I., & al. (2007). *Biologicheskii kontrol' okruzhayushchei sredy: bioindikatsiya i biotestirovanie*. Moscow, Akademiya, 288. (in Russian).

4. Morozova, S. P., & Ustyuzhanina, O. A. (2008). Bioindikatsionnaya otsenka okruzhayushchei sredy po stabil'nosti razvitiya zemlyaniki i kislitsy na territorii "Kaluzhskogo gorodskogo bora". In: *Sb. nauch. tr. Kaluga, Izd-vo KGPU im K. E. Tsiolkovskogo*, 89-96. (in Russian).

5. Savintseva, L. (2011). Indexes of fluctuating skewness of birch (*Betula pendula* Roth.) under anthropogenic impact on example of Kirov city. *Agrarian Science of Euro-North-East*, (5), 24-28.

6. Zakharov, V. M. (2001). Ontogenesis and population (developmental stability and population variability). *Ecology*, (3), 177-191. (in Russian).

7. Van Valen, L. (1962). A study of fluctuating asymmetry. *Evolution*, 16(2), 125-142.

8. Belyaev, Yu. V. (2013). Indicators fluctuating asymmetry *Betula pendula* Roth. in the conditions of anthropogenic impact (illustrated Togliatti). *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 15(3). 2196-2200. (in Russian).

9. Gelashvili, D. B., Loginov, V. V., & Mokrov, I. V., & al. (2004). Strukturno-informatsionnye pokazateli flyuktuiruyushchei asimmetrii organizmov v bioindikatsionnykh issledovaniyakh. In: *Metody populyatsionnoi biologii: materialy dokl. Vserossiiskogo populyatsionnogo seminar. Syktykvar*, 52-62. (in Russian).

10. Zakharov, V. M., Baranov, A. S., & Borisov, V. I., & al. (2000). Zdorov'e sredi: metodika otsenki. Otsenka sostoyaniya prirodnykh populyatsii po stabil'nosti razvitiya: metodologicheskoe rukovodstvo dlya zapovednikov. Moscow, Tsentr ekologicheskoi politiki Rossii, 68. (in Russian).
11. Sobchak, R. O., Aphanasyeva, T. G., & Kopylov, M. A. (2013). Evaluation of recreation areas ecological state by method of *Betula pendula* Roth. Leaves fluctuating asymmetry. *Tomsk State University Journal*, (368). 195-199.
12. Mammadova, A. O. (2008). Bioindications of plants and assessment environment. Baku, 176.
13. Ali-zade, V. M., Shirvani, T. S., & Alirzaeva, E. G. (2011). Ustoichivost' rastenii k toksichnosti metallov i neftyanykh uglevodorodov. Podkhody k fitoremediatsii. Baku, Elm. 276.
14. Tian, D., Zhu, F., Yan, W., Xi, F., Xiang, W., Deng, X., ... & Peng, C. (2009). Heavy metal accumulation by paniced goldenrain tree (*Koelreuteria paniculata*) and common elaeocarpus (*Elaeocarpus decipens*) in abandoned mine soils in southern China. *Journal of Environmental Sciences*, 21(3), 340-345.
15. Tomašević, M., Vukmirović, Z., Rajšić, S., Tasić, M., & Stevanović, B. (2005). Characterization of trace metal particles deposited on some deciduous tree leaves in an urban area. *Chemosphere*, 61(6), 753-760.
16. Semerikov, L. F. (1986). Populyatsionnaya struktura drevesnykh rastenii (na primere vidov duba evropeiskoi chasti SSSR i Kavkaza). Moscow, Nauka, 140.
17. Lakin, T. F. (1990). Biometriya. Moscow, Vysshaya shkola, 349.
18. Palmer, A. R. & Strobeck, C. (1992). Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: implications of nonnormal distributions and power of statistical tests. *Acta Zool. Fenn*, 191, 57-72.
19. GOST 17.4.4.02-2017 Okhrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlya khimicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza.
20. GOST 33850-2016 Pochvy. Opredelenie khimicheskogo sostava metodom rentgenofluoretsentnoi spektrometrii.
21. GOST 26423-85 Pochvy. Metody opredeleniya udel'noi elektricheskoi provodimosti, pH i plotno ostatka vodnoi vytyazhki.

Работа поступила
в редакцию 12.12.2018 г.

Принята к публикации
18.12.2018 г.

Ссылка для цитирования:

Мамедова Р. Н. Биоиндикационные параметры *Quercus pubescens* Willd в естественных лесных фитоценозах и в условиях воздействия транспортных потоков // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. №1. С. 59-66. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/38-27> (дата обращения 15.01.2019).

Cite as (APA):

Mammadova, R. (2019). Bioindication parameters *Quercus pubescens* Willd in natural forest phytocenosis and in areas affected by road traffic. *Bulletin of Science and Practice*, 5(1), 59-66. (in Russian).