

УДК 574.21

КЛЕН ОСТРОЛИСТНЫЙ (*ACER PLATANOIDES* L.) КАК ИНДИКАТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ БИОМОНИТОРИНГЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Файзиев Д. Ш., Евсеева А. А.

*ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского», Калуга, Россия
E-mail: annahabarova@yandex.ru*

Данная статья рассматривает экологический биомониторинг городской среды г. Калуги. В качестве объекта биоиндикации был выбран аборигенный вид клен остролистный (*Acer platanoides* L.). В ходе исследования нами была проведена оценка здоровья среды методом биоиндикации по значению флуктуирующей асимметрии листовых пластинок клена остролистного. Исходя из данных, собранных нами в 2018 и 2020 годах и параметров шкалы оценки стабильности развития дуба черешчатого (*Acer platanoides* L.), выявлено, что режим самоизоляции положительно повлиял на качество воздуха в городе. Низкие показатели здоровья среды обусловлены влиянием высокой транспортной нагрузки и промышленных предприятий на объекты исследования. На основании полученных результатов и их оценке по шкалам здоровья среды возможно проведение мероприятий по улучшению качества и экологической безопасности окружающей среды города Калуги.

Ключевые слова: биомониторинг, флуктуирующая асимметрия, стабильность развития, здоровье среды, клен остролистный.

ВВЕДЕНИЕ

Постоянно усиливающееся воздействие на природную среду требует контроля ее состояния и обеспечения экологической безопасности для живых существ и людей [1]. Эта задача все чаще звучит как обеспечение здоровья окружающей среды и здоровья человека. Само состояние окружающей среды, а также различных видов живых существ, в том числе человека, является главной причиной обеспокоенности специалистов в сфере охраны окружающей среды [2]. При важности проведения оценки качества среды с применением различных подходов, приоритетным представляется именно биологическая оценка, непосредственно отражающая последствия разнообразных воздействий на биоту. Данная статья рассматривает экологический мониторинг по средствам использования растений как объектов оценки здоровья среды или как биомониторинг. Под термином «биомониторинг» понимается наблюдение за качеством и здоровьем окружающей среды, проводимое методами биоиндикации [3, 4].

В современной практике экологических исследований крайне редко встречаются случаи воздействия на окружающую среду только одного активного фактора, например шума или электромагнитного излучения, или только одного из химических веществ. В подавляющем большинстве случаев деятельности человека окружающая

среда подвергается одновременному воздействию сразу нескольких таких факторов. С этой связи биоиндикационные исследования становятся особенно актуальными [5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данной работе в качестве объекта биоиндикации используется представитель городского озеленения клен остролистный. Нами были обработаны материалы за 2018–2020 гг., собранные в городе Калуге, в рекреационных объектах города. Сбор проводился на площадках в 9 точках (рис. 1).

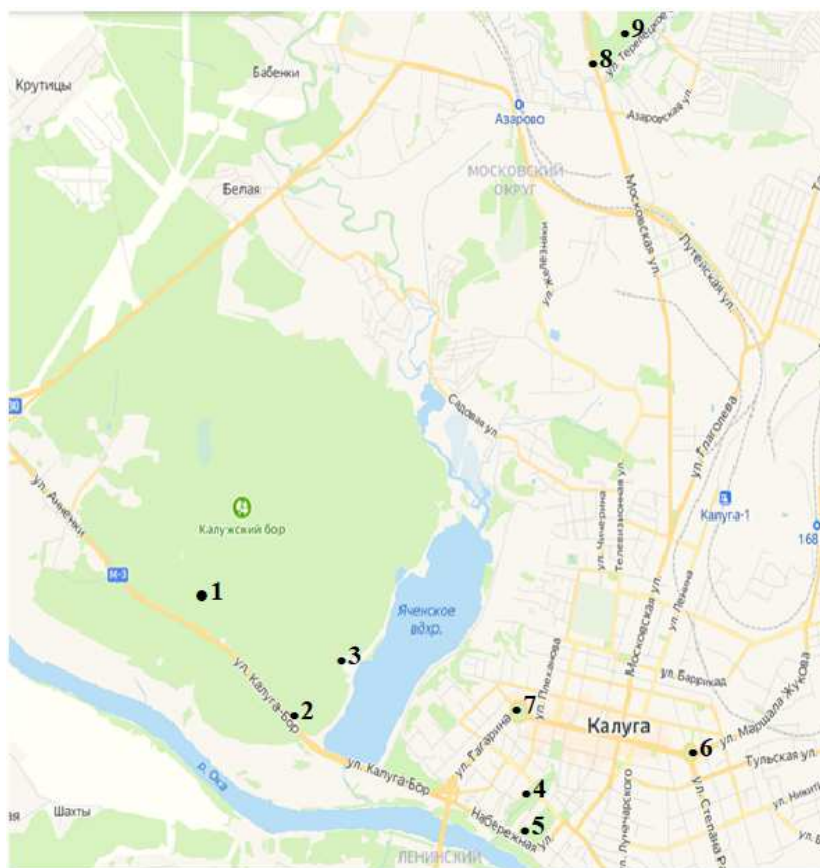


Рис. 1. Расположение точек исследования в городе Калуга:

1. Калужский бор (100м от трассы); 2. Калужский бор (Велопрокат); 3. Калужский бор (лесничество); 4. Березуйский овраг; 5. Парк культуры и отдыха; 6. Площадь Победы; 7. Сквер мира; 8. Усадьба Яновских (у дороги); 9. Усадьба Яновских (центральная часть).

Листья сканировались и измерялись при помощи пакета программ *Biondication tool kit*, разработанной лабораторией биоиндикации КГУ им. К. Э. Циолковского [6]. Исследуемые признаки представлены на рисунке 2.

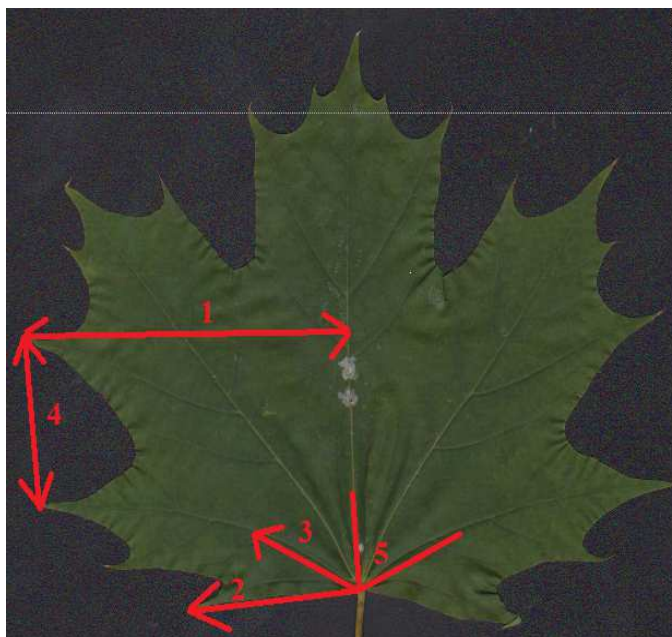


Рис. 2. Показатели измерения листовой пластинки Клёна остролистного:

- 1 показатель – Ширина левой и правой половинок листа
- 2 показатель – Расстояние от основания до конца жилки первого порядка, первой от основания листа
- 3 показатель – Расстояние между основаниями второй жилки первого порядка и второй жилки второго порядка
- 4 показатель – Расстояние между концами второй жилки первого порядка и второй жилки второго порядка
- 5 показатель – Угол между главной жилкой и второй жилкой от основания листа жилкой первого порядка

Здоровье среды определялось по шкалам Б. М. Захарова и М. В. Кравченко [7, 8].

На ближайших к объектам крупных автодорогах велся учет авторанспорта, данные представлены на таблице 1.

Таблица 1.
Учет загруженности дорог автотранспортом в час вблизи объектов исследования

Наименование объекта	Площадь Победы	Сквер Мира	Березуйский овраг	Парк культуры и отдыха	Калужский городской бор	Парк усадьбы Яновских
Количество автотранспорта						
Будни	383	395	341	352	319	337
Час пик в будни	723	748	683	698	620	628
Выходные	300	327	291	297	278	264

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты расчетов коэффициентов асимметрии листовой пластинки клена остролистного (*Acer platanoides L.*) представлены на графике (рис. 3).

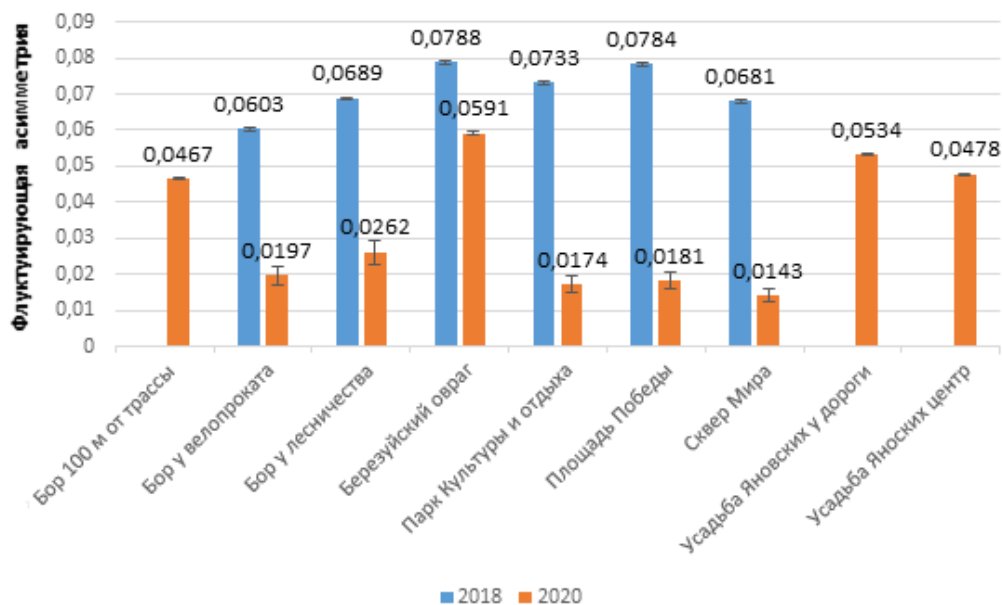


Рис. 3. Показатели коэффициента флуктуирующей асимметрии листовых пластинок клена остролистного по 5 признакам (*Acer platanoides L.*).

Рассмотрим полученные результаты по годам наблюдений. В 2018 году максимальное значение флуктуирующей асимметрии наблюдается в Березуйском овраге. Такие показатели обусловлены тем, что вблизи оврага наблюдается высокая загруженность автотранспортом. Несмотря на то, что данный объект анализа имеет большие размеры, площадка исследований, расположенная под мостом, по которому проходит автодорога, подвергается наносимому ей антропогенному вреду. Минимальное значение наблюдается на площадке в Калужском городском бору у велопроката. Приближенное к минимальному значению отмечено на площадке, расположенной в сквере Мира. Деревья здесь расположены близко к автодороге с интенсивным движением. Площадка в Калужском городском бору имеет схожие значения с точкой исследования, находящейся в Парке культуры и отдыха. Эти две площадки находятся в объектах, имеющих большие размеры, позволяющие нивелировать неблагоприятные воздействия и увеличивающие восстановительную и регулятивную способности.

Теперь проанализируем результаты, которые получены нами в 2020 году (рис. 3). На рисунке видны значительные изменения на некоторых площадках сбора

по сравнению с 2018 годом. Показатель флуктуирующей асимметрии в Сквере Мира достигает минимального значения (0,0143). Результаты, полученные на Площади Победы и в Парке культуры и отдыха так же составляют минимальные значения. Относительно стабильными остались коэффициенты асимметрии, полученные в Березуйском овраге. Значительно отличаются показатели на площадках, расположенных в сквере Мира и на площади Победы. Их значения уменьшились по сравнению с 2018 г. Способствовать такой динамике, по нашему мнению, мог режим самоизоляции, который длился с апреля по май 2020 года. Автотранспорт, по данным министерства природных ресурсов и экологии Калужской области, является главным загрязнителем воздуха в городе Калуга. По данным регионального министерства природных ресурсов и экологии, загрязнение воздуха в г. Калуге в период самоизоляции в 2020 г. снизилось [9]. В атмосфере г. Калуги отмечается значительное снижение угарного газа и взвешенных частиц. На других площадках в 2020 году отмечается высокий уровень коэффициента асимметрии, например, в Усадьбе Яновских. Хотя в 2020 г. движение автотранспорта снизилось, эти площадки испытывают, предположительно, воздействие располагающейся здесь городской промышленной зоны.

Как уже было сказано, в 2018 г. минимум наблюдается на площадке, расположенной в Калужском Бору (у велопроката). По нашему мнению, это происходит из-за того, что Бор является крупным зеленым объектом, размеры которого позволяют нивелировать неблагоприятное воздействие, хоть площадка и находится вблизи автодороги. На площадках, расположенных в Калужском бору и Березуйском овраге наблюдаются более низкие значения в сезоне 2020 г. по сравнению с 2018 г. В целом в зеленых зонах, являющихся сохранившимися природными объектами в городской черте, в этом сезоне наблюдений отмечаются более низкие значения флуктуирующей асимметрии (площадки, расположенные в Калужском городском бору и в Березуйском овраге).

Чтобы оценить качество и здоровье городской среды была использована шкала В. М. Захарова (табл. 2), которая была разработана для работы с березой повислой, но также и используется для работы с другими биоиндикаторами, в нашем случае – это клен остролистный [7, 10].

Таблица 2.

Шкала оценки степени загрязнения среды по показателю флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Acer platanoides* L. [7].

Балл	Значение показателя асимметрии
1	< 0,015
2	0,016 – 0,025
3	0,026 – 0,035
4	0,036 – 0,045
5	0,046 – 0,055
Критическое состояние	> 0,056

Проанализировав данную шкалу, можно сказать, что по общему состоянию и по всем признакам 2018 год был менее благоприятный, чем 2020 год. Почти все показатели в 2020 г. не превышают отметки в 0,025. Это говорит о том, что состояние окружающей среды в данный период склонно к небольшим отклонениям от нормы, в то время как в 2018 г. состояние среды, исходя из полученных нами показателей, оценивается как критическое:

1. Калужский бор (Велопрокат) – 0,0603 – критическое состояние
2. Калужский бор (лесничество) – 0,0689 – критическое состояние
3. Березуйский овраг – 0,0788 – критическое состояние
4. Парк культуры и отдыха – 0,0733 – критическое состояние
5. Площадь Победы – 0,0784 – критическое состояние
6. Сквер мира – 0,0681 – критическое состояние

В 2020 г. же ситуация была иная. В связи с введенным режимом самоизоляции, значительно уменьшилось число транспорта на дорогах, что привело к меньшему воздействию отходящих газов внутреннего сгорания на атмосферный воздух, что и привело к меньшим значениям показателей флуктуирующей асимметрии:

1. Калужский бор (100м от трассы) – 0,0467 – 5 баллов
2. Калужский бор (Велопрокат) – 0,0197 – 2 балла
3. Калужский бор (лесничество) – 0,0262 – 3 балла
4. Березуйский овраг – 0,0591 – критическое состояние
5. Парк культуры и отдыха – 0,0174 – 2 балла
6. Площадь Победы – 0,0181 – 2 балла
7. Сквер мира – 0,0143 – 1 балл (условная норма)
8. Усадьба Яновских (у дороги) – 0,0534 – 5 баллов
9. Усадьба Яновских (центральная часть) – 0,0478 – 5 баллов

На всех площадках, за исключением Березуйского оврага, наблюдается снижение показателей, всё что раньше находилось в критическом состоянии, сейчас имеет другие значения. Такие показатели обусловлены уменьшением автотранспорта в связи с режимом самоизоляции, который был установлен в России. На площадке оврага улучшений не выявлено, так как большая территория не успела восстановиться, также площадка находится вблизи центра города и уменьшение автотранспорта здесь не значительно сказалось на показателях флуктуирующей асимметрии.

Кроме того, оценка здоровья среды проводилась и по шкале степени загрязнения среды по величине показателя стабильности развития [8] (табл. 3).

Показатели 2018 г.:

1. Калужский бор (Велопрокат) – 0,0603 – 5 баллов
2. Калужский бор (лесничество) – 0,0689 – 5 баллов
3. Березуйский овраг – 0,0788 – 5 баллов
4. Парк культуры и отдыха – 0,0733 – 5 баллов
5. Площадь Победы – 0,0784 – критическое состояние
6. Сквер мира – 0,0681 – 5 баллов

Таблица 3.

**Шкала оценки степени загрязнения среды по величине показателя
стабильности развития**

Балл	Величина показателя стабильности развития
1	< 0,040
2	0,040 – 0,044
3	0,045 – 0,049
4	0,050 – 0,054
5	>0,054

Показатели 2020г.:

1. Калужский бор (100м от трассы) – 0,0467 – 3 балла
2. Калужский бор (Велопрокат) – 0,0197 – 1 балл (условная норма)
3. Калужский бор (лесничество) – 0,0262 – 1 балл (условная норма)
4. Березуйский овраг – 0,0591 – 5 баллов
5. Парк культуры и отдыха – 0,0174 – 1 балл (условная норма)
6. Площадь Победы – 0,0181 – 1 балл (условная норма)
7. Сквер мира – 0,0143 – 1 балл (условная норма)
8. Усадьба Яновских (у дороги) – 0,0534 – 5 баллов
9. Усадьба Яновских (центральная часть) – 0,0478 – 3 балла

Почти все площадки имеют низкие показатели, что говорит о том, что режим самоизоляции положительно повлиял на окружающую среду города Калуга, в частности уменьшение количества автотранспорта на дорогах поспособствовало улучшению экологической ситуации. Усадьба Яновских находится вблизи промзоны и по этой причине значение по данной шкале выше, чем на других площадках в 2020 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Произведен анализ полученных показателей коэффициента флуктуирующей асимметрии листовой пластинки клена остролистного
2. Выполнена сравнительная оценка здоровья среды города Калуги по стабильности развития *Acer platanoides* L.
3. Проведен биомониторинг здоровья среды по результатам исследования за 2018–2020 гг.
4. Выявлена эффективность использования клена остролистного как вида-индикатора здоровья среды по асимметрии его листовых пластинок.

Список литературы

1. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ (последняя редакция от 09.03.2021) [Электронный ресурс] // URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ дата обращения: 28. 04. 2021.

2. Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН [Электронный ресурс] // URL: [Proceedings_Biodiagnostics2016_1.pdf \(msu.ru\)](#) (дата обращения: 12. 12. 2021).
3. Стрельцов А. Б. [Текст] Очерк экологии города Калуги: Справочно-учебное пособие / Стрельцов А. Б., Логинов А. А., Лыков И. Н., Коротких Н. В. – Калуга, 2000. – С. 13–150.
4. Биоиндикация. [Электронный ресурс] // URL: [\(uchebnikfree.com\)](#) дата обращения 28. 04. 2021.
5. Ляшенко О.А., Биоиндикация И биотестирование в охране окружающей среды: учебное пособие/ О.А Ляшенко // СПб ГТУРП. – СПб. – 2012. – 67 с.
6. Стрельцов А. Б. Здоровье среды (школьный практикум). Региональное учебно-методическое пособие / А. Б. Стрельцов [и др.]. – Калуга: Издательство КГПУ им. К. Э. Циолковского, 2006. – 40 с.
7. Захаров В. М. Здоровье среды: методика оценки. / Захаров В. М., Баранов А. С., Борисов В. И. и др. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 318 с.
8. Захаров В. М. Здоровье среды: методика оценки / В. М. Захаров, Ю. А. Буйлов, М. В. Кравченко. – Москва: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
9. Официальный портал органов власти Калужской области [Электронный ресурс] // URL: https://admoblkaluga.ru/sub/ecology/news/?PAGEN_1=37 дата обращения 21.04.21.
10. Захаров М. Б. Использование клёна остролистного (*Acer platanoides L.*) в качестве индикатора здоровья среды городских рекреационных зон (на примере Калуги и Боровска) / М. Б. Захаров, А. А. Евсева // Вестник Калужского университета. – 2019. – №2. – С. 90–97.

HOLLY MAPLE (*ACER PLATANOIDES L.*) AS AN INDICATOR OF ENVIRONMENTAL SAFETY IN ENVIRONMENTAL BIOMONITORING

Fayziev D. Sh., Evseva A. A.

*Kaluga State University named after K. E. Tsiolkovski, Kaluga, Russia
E-mail: annaharova@yandex.ru*

This article considers environmental monitoring by means of using plants as objects of environmental health assessment or biomonitoring. The term "biomonitoring" refers to the monitoring of the quality, "health" of the environment, its deviations from the balanced optimum, carried out by bioindication methods.

In the modern practice of environmental research, it is extremely rare to find cases of environmental impact of only one active factor, for example, noise or electromagnetic radiation, or only one of the chemicals. In the vast majority of cases of human activity, the environment is exposed to the simultaneous influence of several such factors at once. In this regard, bioindication studies are becoming especially relevant.

In this work, as an object of bioindication, plant objects of urban landscaping are used: holly maple. We have processed materials for 2018–2020 collected in the city of Kaluga, in recreational facilities of the city.

The maximum value is observed in the Berezuisky ravine in 2018. Such values are due to the fact that there is a large traffic congestion in the vicinity of the ravine. The minimum value is observed at the site in the City Forest near the bike rental, as well as an approximate value at the site located in the Mira Square. The trees in this place are located close to a highway with heavy traffic.

In 2020, the maximum value of the indicators of fluctuating asymmetry is noted in the World Square. The results obtained at Victory Square and in the Park of Culture and

Recreation are the minimum values. The indicators in the Berezuisky ravine remained relatively stable. The indicators on the sites located in the Peace Square and on Victory Square differ significantly. Their values have decreased compared to 2018, and, in our opinion, the self-isolation regime, which lasted from April to May 2020, could contribute to such dynamics.

To assess the quality and health of the urban environment, the V. M. Zakharov scale was used.

Having analyzed this scale, we can say that according to the general state and by all signs, 2018 was less favorable than 2020. Almost all indicators in 2020 do not exceed the level of 0.025, which indicates that the state of the environment in this period is prone to small deviations from the norm, while in 2018 the state of the environment, based on the indicators, is assessed as critical. In 2020, the situation was different. Almost all sites have low indicators, which indicates that the self-isolation regime has had a positive impact on the environment of the city of Kaluga, in particular, reducing the number of vehicles on the roads has contributed to improving the environmental situation. The Yanovsky estate is located near the industrial zone and for this reason the value on this scale is higher than at other sites in 2020.

Keywords: biomonitoring, fluctuating asymmetry, developmental stability, environmental health, birch maple.

References

1. Federal Law "On Environmental Protection" of 10.01.2002 N 7-FZ (latest version from 09.03.2021) [Electronic resource]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823. Accessed: 14.04.2020.
2. Russian National Research Medical University named after N. I. Pirogov Institute of Ecology and Evolution named after A. N. Severtsov of the Russian Academy of Sciences [Electronic resource] URL: [Proceedings_Biodiagnostics2016_1.pdf \(msu.ru\)](#). Accessed 12.12.2021.
3. Streltsov A. B., Loginov A. A., Lykov I. N., Korotkov N. V. *An essay on the ecology of the city of Kaluga: A reference and training manual*, 13 (Kaluga, 2000).
4. *Bioindication*. [Electronic resource] URL: [\(uchebnikfree.com\)](#) Accessed 28.04.2021.
5. Lyashenko O. A., *Bioindication and biotesting in environmental protection: a textbook*, 67 (SPb GTURP, St. Petersburg, 2012).
6. Streltsov A. B. *Health of the environment (school practice). Regional educational and methodological manual*, 40 (Publishing House of KSPU named after K. E. Tsiolkovsky, Kaluga, 2006.).
7. Zakharov V. M., Baranov A. S., Borisov V. I., etc. *Environmental health: assessment methodology*, 318 (Center for Environmental Policy of Russia, Moscow, 2000).
8. Zakharov V. M. *Environmental health: assessment methodology Moscow*, 68 (Center for Environmental Policy of Russia, Moscow, 2000).
9. Official portal of the Kaluga region authorities [Electronic resource]. URL: https://admoblkaluga.ru/sub/ecology/news/?PAGEN_1=37. Accessed 21.04.21.
10. Zakharov M. B., Evseeva A. A. The use of holly maple (*Acer platanoides* L.) as an indicator of the health of the environment of urban recreational zones (on the example of Kaluga and Borovsk), *Bulletin of the Kaluga University*, 2, 90 (2019).