ЭКОЛОГИЯ/ECOLOGY

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.161.13

К ОЦЕНКЕ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ПОКРОВОВ *KLEIDOCERYS RESEDAE* PZ

Научная статья

Турмухаметова Н.В.[1, *], Терентьева Ю.В.[2], Окач Д.С.[3]
[1] ORCID : 0000-0001-6078-6998;
[2] ORCID : 0009-0001-4518-1533;
[3] ORCID : 0009-0009-1003-2261;
[1, 2, 3] Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (bonid[at]mail.ru)

Аннотация

В статье представлены результаты изучения полиморфизма покровов березового сережкового клопа на территории города Йошкар-Олы. Выявлены 28 морф рисунка надкрылий *Kleidocerys resedae*, среди которых 14 являются новыми для вида. Предложено использовать новый фен для описания рисунка надкрылий *K. resedae*. Установлена закономерность между уровнем антропогенного прессинга и частотой встречаемости некоторых вариаций морф рисунка надкрылий. Данные по среднему показателю частоты асимметрии рисунка кориума *K. resedae* соответствует характеристике среды обитания по загрязнению атмосферного воздуха и показателю флуктуирующей асимметрии листовой пластинки кормового растения *Betula pendula*. С повышением антропогенного воздействия на среду, происходит увеличение флуктуирующей асимметрии покровов *K. resedae* и образование новых морф.

Ключевые слова: Kleidocerys resedae, флуктуирующая асимметрия, полиморфизм, морфа, антропогенное загрязнение.

ON THE EVALUATION OF FLUCTUATING ASYMMETRY IN THE COVERS OF *KLEIDOCERYS RESEDAE* PZ

Research article

Turmukhametova N.V.[1, *], Terenteva Y.V.[2], Okach D.S.[3]
[1] ORCID : 0000-0001-6078-6998;
[2] ORCID : 0009-0001-4518-1533;
[3] ORCID : 0009-0009-1003-2261;
[1, 2, 3] Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation

* Corresponding author (bonid[at]mail.ru)

Abstract

The article presents the results of a study of the polymorphism of the coverings of the Kleidocerys resedae in Yoshkar-Ola. 28 morphs of the wing cover pattern of *Kleidocerys resedae* were identified, 14 of which are new to the species. A new phene is suggested for describing the wing cover pattern of *K. resedae*. A correlation was established between the level of anthropogenic pressure and the frequency of occurrence of certain variations in the wing cover pattern morphs. Data on the average frequency of asymmetry in the pattern of K. resedae corresponds to the characteristics of the habitat in terms of atmospheric pollution and the indicator of fluctuating asymmetry in the leaf blade of the host plant *Betula pendula*. With an increase in anthropogenic impact on the environment, there is also an increase in the fluctuating asymmetry of the integuments of K. resedae and the formation of new morphs.

Keywords: Kleidocerys resedae, fluctuating asymmetry, polymorphism, morph, anthropogenic pollution.

Введение

Проблема загрязнения окружающей среды, в особенности атмосферного воздуха, характерна для всех регионов Российской Федерации [1]. Биоиндикационный метод оценки качества среды обитания является альтернативой физико-химическому анализу или может выступать самостоятельно для обнаружения и определения экологически значимых природных и антропогенных нагрузок. Среди методов морфогенетического биоиндикационного анализа интерес представляет оценка флуктуирующей асимметрии — случайных незначительных отклонения между признаками, располагающимися с правой и левой сторон тела у организмов с билатеральной симметрией [2], [3]. Многочисленность популяций многих видов насекомых, высокие темпы процессов онтогенеза и протекания метаболических процессов обеспечивают быстроту ответных реакций на воздействие различных факторов среды, что позволяет использовать их в качестве регистрирующих биоиндикаторов [4]. В настоящее время особое внимание уделяется представителям отряда Hemiptera, как к объектам фенотипических и экологических исследований, что связано с их массовой встречаемостью, широким ареалом обитания и характерным полиморфизмом окраски и рисунков тела [5], [6].

В качестве биоиндикатора для проведения данной работы был выбран березовый сережковый клоп (*Kleidocerys resedae* Panz). Этот голарктический вид широко распространен на территории России и является массовым, в основном питается на представителях рода *Betula* L. [7].

Цель исследования — изучение полиморфизма покровов *K. resedae* в различных по антропогенной нагрузке условиях г. Йошкар-Олы.

Методы и принципы исследования

Материал собран в 2023–2024 г.г. Для сбора материала были выбраны экотопы, различающиеся антропогенной нагрузкой: № 1 — территория ООПТ «Сосновая роща» (зона наименьшего загрязнения среды промышленно-транспортными выбросами), № 2 – городской микрорайон (зона слабого загрязнения), № 3 — городской парк (зона умеренного загрязнения), № 4 — окрестности промышленного предприятия (зона умеренного загрязнения) [8], [9]. Насекомых собирали с крон березы повислой (*Betula pendula* Roth) с помощью энтомологического сачка. В каждом экотопе были собраны по 80-100 особей *K. resedae*. Для определения частот встречаемости признаков объекта исследования с левой и правой сторон тела использовали методику Б. В. Логвиновского — оценка полиморфизма рисунка надкрылий клопа по следующим элементам: A, B, C, D, E. Морфой A описывается форма пятна на вершине кориума (3 вариации), B — количество рядов точек пунктировки за пятнами в центре кориума (2 вариации), C — форма и наличие пятна на границе кориума с перепонкой (3 вариации), D — наличие, количество и взаимное расположение пятен меланина в центре кориума (5 вариаций), E — количество рядов точек пунктировки перед пятнами в центре кориума (2 вариации) [10]. Впервые нами была выделена морфа F, которая отражает изменчивость количества рядов точек пунктировки, расположенных более латерально на надкрыльях, перед пятнами в центре кориума (рис. 1). Определяли индекс частоты асимметрии (ЧА) элементов меланизированного рисунка покрова *K. resedae* по аналогии с другим видом клопа [11]. Для статистической обработки данных использовали метод χ2 [12].

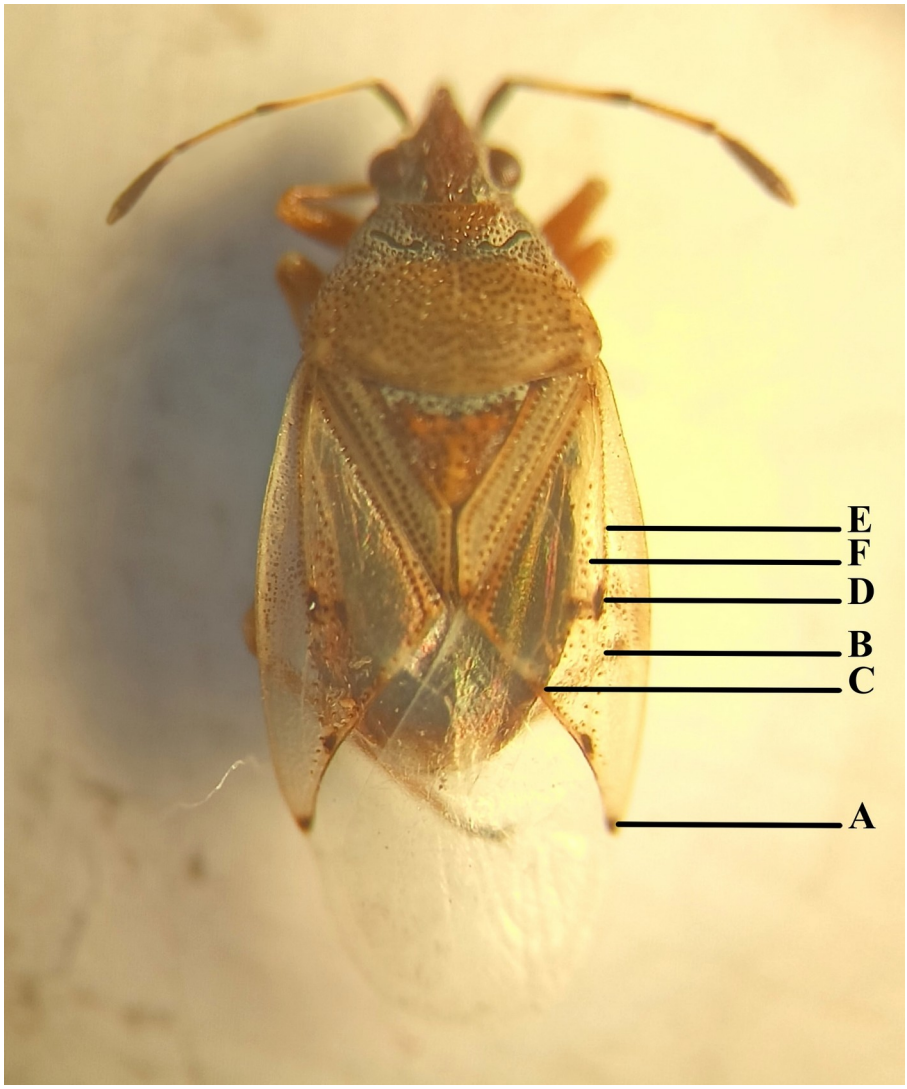

Рисунок 1 - Морфы элементов рисунка надкрылий *Kleidocerys resedae:*
A — форма пятна на вершине кориума; *B* — количество рядов точек пунктировки за пятнами в центре кориума; *C* — форма и наличие пятна на границе кориума с перепонкой; *D* — наличие, количество и взаимное расположение пятен меланина в центре кориума; *E* — количество рядов точек пунктировки перед пятнами в центре кориума
DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.161.13.1

Основные результаты и их обсуждение

В результате исследований было выявлено 14 морф *K. resedae* из 15 морф, ранее обнаруженных на территории Центрально-Черноземной зоны РФ Б.В. Логвиновским [10]. Однако в условиях Республики Марий Эл нами были описаны еще 14 новые морфы. Среди них 2 морфы (F1 и F2) относятся к ново выявленному элементу рисунка надкрылий — F, который встречается во всех изученных популяциях березового сережкового клопа.

В условиях урбоэкосистемы наблюдается высокая степень изменчивости рисунка покровов *K. resedae*. По материалам 2023 г. сбора отмечаются следующие тенденции: с возрастанием уровня антропогенной нагрузки происходит увеличение частот встречаемости особей модельного вида с морфами B2, B3, C2, D7, E2, F2 и уменьшение — с морфами A3, B1, C1, C5, E1, F1 ($p < 0,01$-$0,001$). Так, например, у элемента B рисунка покровов *K. resedae* из двух возможных вариаций обнаружены обе, а также выделены новые морфы B3 и B4, присутствие которых отмечено практически во всех популяциях. Выявлена тенденция повышения частоты встречаемости особей с морфами B2, B3 и снижение частот встречаемости особей с морфой B1 при возрастании антропогенного пресса на окружающую среду ($\chi2=146,058$, $\upsilon=9$, $P<0,01$) (рис. 2).

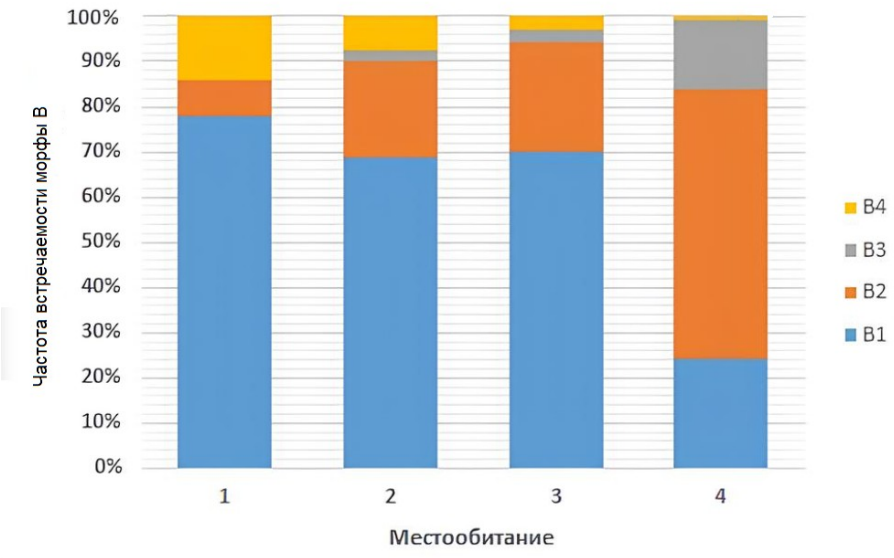

Рисунок 2 - Встречаемость морфы B рисунка покровов *Kleidocerys resedae* в различных местообитаниях
DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.161.13.2

Все три морфы элемента C из трех возможных, как и две новые C4, C5 встречаются у *K. resedae* на всех участках сбора. Новая морфа C6 была обнаружена у клопов экотопов № 3–4 на материалах в 2023 г., в 2024 г. — у особей всех местообитаний. Впервые элемент рисунка C7 был зафиксирован в 2024 г. у особей *K. resedae*, обитающих в кронах березы повислой в условиях экотопов № 2 и 4. Отмечено уменьшение частот встречаемости особей *K. resedae* с морфами C1 и C5, а также увеличение частоты встречаемости особей с морфой C2, согласовано с повышением степени антропогенной нагрузки ($\chi2=68,578$, $\upsilon=15$, $P<0,01$) (рис. 3). Однако по материалам 2024 г. схожие тенденции зависимости изменчивости частот встречаемости морф клопа от уровня промышленно-транспортной нагрузки сохраняется лишь по некоторым морфам — B1 и B2 ($p < 0,01$).

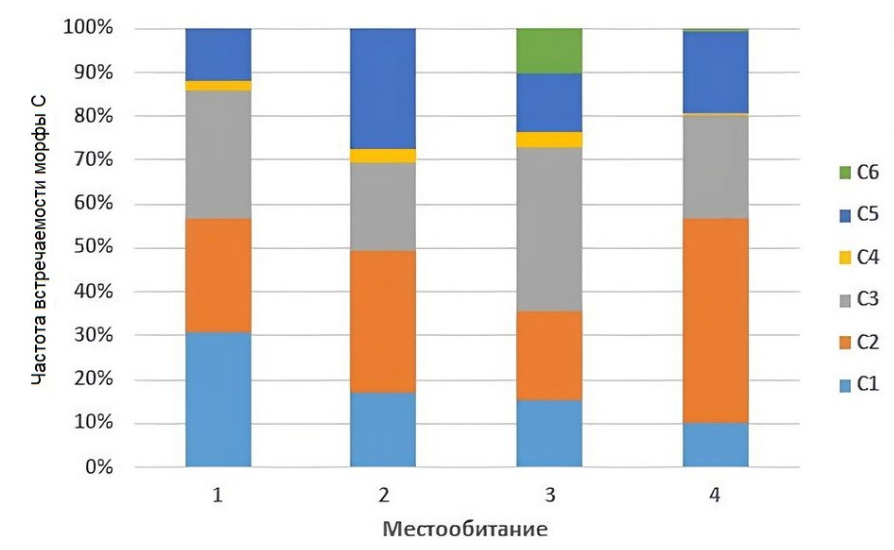

Рисунок 3 - Встречаемость морфы C рисунка покровов *Kleidocerys resedae* в различных местообитаниях
DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.161.13.3

Особого внимания заслуживает факт наличия асимметричных особей *K. resedae* по всем фенам. Наибольшее количество асимметричных особей клопа отмечено около промышленной территории (экотоп № 4). Элемент B (в 2023 г.) и C (в 2024 г.) являются доминирующими по количеству асимметричных особей, фен A отмечен как фен с наименьшим проявлением асимметрии. Так, по данным за 2023 г. количество особей березового сережкового клопа с флуктуирующей асимметрией рисунка покровов в условиях антропогенного стресса повышено на 13% по морфе A, на 37% по морфе B, на 18 % по морфе C, на 17% по морфе D, на 19% по морфе У и на 23 % по морфе F. Наибольшее количество асимметричных особей наблюдается у признаков с высокой вариативностью. Вероятнее всего, это связано с большей изменчивость этого признака при повышении антропогенной нагрузки.

Показатель частоты асимметрии колеблется за 2 года исследования от 0,007-0,05 в условиях наименьшего загрязнения среды — экотоп № 1 до 0,165-0,297 в условиях умеренного загрязнения среды промышленно-транспортными выбросами — экотоп № 4 ($p < 0,01$). Данные по среднему показателю частоты асимметрии рисунка кориума модельного вида клопа соответствует характеристике среды обитания по загрязнению атмосферного воздуха [9] и показателю флуктуирующей асимметрии листовой пластинки кормового растения *B. pendula* [8].

Заключение

Определено соотношение уровня антропогенной нагрузки и изменения фенотипической структуры популяций *K. resedae* в условиях г. Йошкар-Олы Республики Марий Эл. Суммарно выявлено 28 морф рисунка надкрылий *K. resedae*, среди которых 14 являются новыми для вида. Флуктуирующая асимметрия покровов березового сережкового клопа выделена по всем морфам рисунка надкрылий. Установлена закономерность между уровнем антропогенного прессинга и частотой встречаемости некоторых морф. С повышением антропогенного воздействия на среду, происходит увеличение флуктуирующей асимметрии покровов *K. resedae* и образование новых морф.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2024 г // Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. — 2025. — URL: https://www.meteorf.gov.ru/product/infomaterials (дата обращения: 20.08.2025).

2. Мелехова О.П. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсеева [и др.]. — Москва: Академия, 2007. — 288 с.

3. Zakharov V.M. Developmental noise and biological system condition: prolegomena / V.M. Zakharov, I.E. Trofimov // Symmetry. — 2022. — Vol. 14. — P. 2380.

4. Нефедьев П.С. Биоиндикация окружающей среды города Барнаула по характеру меланизированного рисунка переднеспинки клопа-солдатика / П.С. Нефедьев, А.В. Зубченко // Acta Biologica Sibirica. — 2016. — Т. 2. — № 2. — С. 25–45.

5. Оспанова Г.С. Изучение фенетической изменчивости популяции клопа-солдатика в условиях Южно-Казахстанской области / Г.С. Оспанова, С.Б. Артыкова, Г.Т. Бозшатаева [и др.] // Международный журнал экспериментального образования. — 2015. — № 3-1. — С. 94–97.

6. Турмухаметова Н.В. Использование показателей флуктуирующей асимметрии Betula pendula Roth и Pyrrhocoris apterus L. в оценке качества среды обитания / Н.В. Турмухаметова, А.А. Филиппова // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Киров, 18 ноября 2020 г. — Киров: Вятский государственный университет, 2020. — С. 106–108.

7. Логвиновский Б.В. Опыт использования проявлений флуктуирующей асимметрии в структуре покровов клопа Kleidoce/ys resedae Pz. (Heteroptera, Lygaeidae) для оценки здоровья среды / Б.В. Логвиновский, В.Б. Голуб // Состояние и проблемы экосистем среднерусской лесостепи. — Воронеж: Изд-во Воронеж, ун-та, 2004. — С. 86–90.

8. Turmukhametova N.V. Evaluation of the State of the Environment in Yoshkar-Ola Using Morphometric Indicators of Betula pendula Roth / N.V. Turmukhametova // Biology Bulletin. — 2020. — Vol. 47. — № 2. — P. 191–197.

9. Доклад об экологической ситуации в Республике Марий Эл за 2024 год. — Ижевск: Принт, 2025. — 184 с.

10. Логвиновский Б.В. Популяционно-фенетическая структура вида в условиях среднерусской лесостепи (на примере Kleidocerys resedae Pz.; Insecta: Heteroptera: Lygaeidae): автореф. дисс. ... канд. биол. наук / Логвиновский Борис Вадимович. — Воронеж, 2011. — 22 с.

11. Пат. RU 2329501 C1 Российская Федерация. Способ биоиндикации среды / И.В. Батлуцкая, Е.Н. Хорольская, В.А. Глотов. — № 2006140295/13; заявл. 16.11.06; опубл. 20.07.08.

12. Глотов Н.В. Биометрия / Н.В. Глотов, Л.А. Животовский, Н.В. Хованов [и др.]. — Ленинград: Ленинградский ун-т, 1982. — 263 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Obzor sostoyaniya i zagryazneniya okruzhayushchey sredy v Rossiyskoy Federatsii za 2024 g. [Review of the state and pollution of the environment in the Russian Federation for 2024] // Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring. — 2025. — URL: https://www.meteorf.gov.ru/product/infomaterials (accessed: 20.08.2025) [in Russian]

2. Melekhova O.P. Biologičeskij kontrolʹ okružaûŝej sredy. Bioindikaciâ i biotestirovani [Biological control of the environment. Bioindications and biotesting] / O.P. Melekhova, E.I. Egorova, T.I. Evseeva [et al.]. — Moscow: Academy, 2007. — 288 p. [in Russian]

3. Zakharov V.M. Developmental noise and biological system condition: prolegomena / V.M. Zakharov, I.E. Trofimov // Symmetry. — 2022. — Vol. 14. — P. 2380.

4. Nefedyev P.S. Bioindikatsiya okruzhayushchey sredy goroda Barnaula po kharakteru melanizirovannogo risunka perednespinki klopa-soldatika [Bioindication of the environment of the city of Barnaul by the nature of the melanized pattern of the pronotum of the soldier bug] / P.S. Nefedyev, A.V. Zubchenko // Acta Biologica Sibirica. — 2016. — Vol. 2. — № 2. — P. 25–45. [in Russian]

5. Ospanova G.S. Izucheniye feneticheskoy izmenchivosti populyatsii klopa-soldatika v usloviyakh Yuzhno-Kazakhstanskoy oblasti [Study of phenetic variability of the soldier bug population in the conditions of the South Kazakhstan region] / G.S. Ospanova, S.B. Artykova, G.T. Bozshataeva [et al.] // Mezhdunarodnyj zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya [International Journal of Experimental Education]. — 2015. — № 3–1. — P. 94–97. [in Russian]

6. Turmukhametova N.V. Ispol'zovaniye pokazateley fluktuiruyushchey asimmetrii Betula pendula Roth i Pyrrhocoris apterus L. v otsenke kachestva sredy obitaniya [Use of fluctuating asymmetry indicators of Betula pendula Roth and Pyrrhocoris apterus L. in assessing the quality of the habitat] / N.V. Turmukhametova, A.A. Filippova // Biodiagnostika sostoyaniya prirodnyh i prirodno-tekhnogennyh sistem: materialy HVIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii c mezhdunarodnym uchastiem, g. Kirov, 18 noyabrya 2020 g. [Biodiagnostics of the state of natural and natural-technogenic systems: materials of the XVIII All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Kirov, November 18, 2020]. — Kirov: Vyatka State University, 2020. — P. 106–108. [in Russian]

7. Logvinovsky B.V. Opyt ispol'zovaniya proyavleniy fluktuiruyushchey asimmetrii v strukture pokrovov klopa Kleidoce/ys resedae Pz. (Heteroptera, Lygaeidae) dlya otsenki zdorov'ya sredy [Experience of using manifestations of fluctuating asymmetry in the structure of the integument of the bug Kleidoce/ys resedae Pz. (Heteroptera, Lygaeidae) for assessing the health of the environment] / B.V. Logvinovsky, V.B. Golub // Sostoyanie i problemy ekosistem srednerusskoj lesostepi [State and problems of ecosystems of the central Russian forest-steppe]. — Voronezh: Publishing house of Voronezh, University, 2004. — P. 86–90. [in Russian]

8. Turmukhametova N.V. Evaluation of the State of the Environment in Yoshkar-Ola Using Morphometric Indicators of Betula pendula Roth / N.V. Turmukhametova // Biology Bulletin. — 2020. — Vol. 47. — № 2. — P. 191–197.

9. Doklad ob ekologicheskoy situatsii v Respublike Mariy El za 2024 god [Report on the environmental situation in the Republic of Mari El for 2024]. — Izhevsk: Print, 2025. — 184 p. [in Russian]

10. Logvinovsky B.V. Populyatsionno-feneticheskaya struktura vida v usloviyakh srednerusskoy lesostepi (na primere Kleidocerys resedae Pz.; Insecta: Heteroptera: Lygaeidae) [Population-phenetic structure of the species in the conditions of the Central Russian forest-steppe (on the example of Kleidocerys resedae Pz.; Insecta: Heteroptera: Lygaeidae)]: abstract diss. ... of PhD in Biological Sciences / Logvinovsky Boris Vadimovich. — Voronezh, 2011. — 22 p. [in Russian]

11. Pat. RU 2329501 C1 Russian Federation. Sposob bioindikatsii sredi [Method of bioindication of the environment] / I.V. Batlutskaya, E.N. Khorolskaya, V.A. Glotov. — № 2006140295/13; заявл; appl. 16.11.06; publ. 20.07.08. [in Russian]

12. Glotov N.V. Biometriâ [Biometrics] / N.V. Glotov, L.A. Zhivotovsky, N.V. Khovanov [et al.]. — Leningrad: Leningrad University, 1982. — 263 p. [in Russian]