

УДК 595.754:57.03 (470.325)

ИЗМЕНЧИВОСТЬ БИОИНДИКАЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ КЛОПА-СОЛДАТИКА (*PYRRHOCORIS APTERUS*L.), ОБИТАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЛИЗИНА В ШЕБЕКИНСКОМ РАЙОНЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ ¹

**И.В. Батлуцкая,
О.А. Маканина,
Л.А. Сорокотягина,
Е.А. Прохорова**

*Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет, Россия,
308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85*

E-mail: bat@bsu.edu.ru

Приведен сравнительный анализ информационно-значимых показателей индикационных признаков клопа-солдатика из популяций, испытывающих разный уровень антропогенной нагрузки. В качестве индикационных признаков клопа-солдатика были использованы ранее предложенные: изменчивость элементов меланизированного рисунка покрова клопа-солдатика и соотношение полов. Рассчитана частота асимметричного проявления вариаций элементов меланизированного рисунка клопа-солдатика. Проанализированные данные по асимметрии элементов меланизированного рисунка покрова клопа-солдатика и соотношение полов в каждой выборке позволили охарактеризовать экологическое состояние территории строящегося завода, в непосредственной близости от которой обитает популяция модельного объекта. Полученные результаты рассматриваются как отправные для дальнейшего систематического мониторинга среды с момента ввода завода в эксплуатацию и начала биотехнологического производства лизина.

Ключевые слова: индикационные признаки, асимметрия, половая структура, антропогенное воздействие.

Введение

В статье изложены результаты исследования по предварительному этапу мониторинга территории, на которой размещены как строящийся биотехнологический завод по производству лизина, так и введенная в эксплуатацию опытно-экспериментальная установка при этом заводе.

По заказу дирекции завода изучен общий уровень антропогенного воздействия процесса строительства на среду в сравнении с условной нормой. Возможность применения авторских запатентованных методов биоиндикации [1, 2] исследуемой территории обусловлена обитанием здесь популяции индикаторного вида – клопа-солдатика.

В настоящее время большое внимание уделяется различным методам получения информационно значимых показателей состояния экосистем с использованием широко распространенных видов-индикаторов [3].

Исследование выбранных признаков видов-индикаторов позволяет определить изменения в экосистемах на очень ранних стадиях, когда они еще не проявляются на структурно-популяционном уровне [4]. Ранее показано, что вариации меланизированного рисунка переднеспинки и надкрылий насекомых являются объективным показателем состояния среды, поскольку выполняют важную роль в обеспечении популяционных адаптационных стратегий популяции. Исследования, проводимые в НИУ «БелГУ» с 1986 г., показали, что одни и те же вариации меланизированного рисунка клопа-солдатика встречаются с достоверно различной частотой в экосистемах, испытывающих разное антропогенное воздействие (далее АВ). Частота встречаемости асимметричного проявления вариаций элементов меланизированного рисунка покрова насекомого так же является важным мониторинговым показателем [5].

Характеристика половой структуры популяции в каждом конкретном месте может иметь значение для экологического мониторинга, поскольку динамика этого показателя отражает общие тенденции состояния популяции в различных биотопах [6].

Цель исследования – получение методом биоиндикации отправных данных по состоянию территории размещения биотехнологического завода и опытно-экспериментальной уста-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках договора 13.G25.31.0069 от 22 октября 2010 г.

новки для проведения систематического мониторинга среды с момента ввода завода в эксплуатацию и начала биотехнологического производства лизина в Шебекинском районе Белгородской области.

Задачи исследования:

изучить соотношение полов в популяционных выборках клопа-солдатика из анализируемых биотопов;

сравнить показатели частоты встречаемости асимметричных элементов меланизованного рисунка надкрылий у самцов и самок из определенных популяций.

Объект и методы исследования

Основой исследования послужил материал популяционных выборок клопа-солдатика, собранный в 2012 году на территории двух районов Белгородской области: Борисовского и Шебекинского. Сбор насекомых в популяции №1 (50°24' с. ш. 36°58' в. д.) проводили на земле под липами и на стволах деревьев на опушке дубравы под липами вблизи центральной усадьбы ГПЗ «Белогорье» (участок «Лес на Ворскле»). Сбор насекомых в популяции №2 (50°36' с. ш. 35°59' в. д.) осуществлен в полевом лесополосе, которая находится на расстоянии 200 м от границы расположения опытно-экспериментальной установки по производству лизина (рис. 1).



Рис. 1. Пункты учетов клопа-солдатика.

Обозначения: 1 – место сбора насекомых в популяции №2;

2 – территория расположения экспериментально-опытной установки по производству лизина;

3 – место сбора насекомых из популяции №1

Проведенные ранее авторами исследования по изучению изменчивости элементов меланизованного рисунка покрова клопа-солдатика из популяций, обитающих в пунктах учетов, показали, что условия обитания популяции № (опушка дубравы «Лес на Ворскле», пос. Борисовка), можно принять за условную экологическую норму [7]. Для исследования отбирали только половозрелых насекомых с четко выраженными диагностическими признаками полового диморфизма и меланизованного рисунка покрова. Объем собранного и проанализированного материала представлен в табл. 1.

Таблица 1

Объем материала проанализированных популяционных выборок

Место сбора	№ выборки	Дата сбора	Объем выборки (шт.)
Популяция №1 – опушка дубравы вблизи центральной усадьбы ГПЗ «Белогорье» (окр. пос. Борисовка Белгородской области)	1	13.05.2012	169
	2	17.06.2012	154
Популяция №2 – лесополоса вблизи опытно-экспериментальной установки (Шебекинский район Белгородской области)	1	14.05.2012	160
	2	19.06.2012	126

В ходе исследования был использован комплекс общепринятых методик, включающих в себя полевые наблюдения и камеральную обработку материала.

В данном исследовании проводили сравнительный анализ частоты встречаемости асимметричных вариаций и соотношение полов в выборочном материале популяций клопа-солдатика, обитающих в разных биотопах.

Проведенные ранее исследования позволили убедиться в том, что половая структура популяции клопа-солдатика не остается постоянной, она имеет сложную динамику. У клопа-солдатика, возможно, проследить две основные адаптационные популяционные стратегии. Действие комплекса приспособительных реакций осуществляется одновременно, но каждая, из них доминирует в различные периоды существования одних и тех же популяций. Первая, обусловленная климатическими факторами, направлена на приспособление к сезонным условиям среды. Вторая, вызванная комплексом средообразующих факторов, среди которых доминируют региональные антропогенные, является ответной реакцией популяции на степень урбанизации среды. В этой связи считаем, что для экологического мониторинга биотопов наиболее информационно-значимыми являются данные по половой структуре популяций, полученные при изучении летних выборок. Ранее проведенные исследования позволили выделить значимые для экологического мониторинга показатели половой структуры клопа-солдатика [7]:

смещение соотношения полов в сторону преобладания самцов с 1.7 и более (при $p \leq 0.05$) свидетельствует о том, что состояние популяции в данный момент времени характеризуется неустойчивой половой структурой, что отражает действие неблагоприятных условий существования популяций клопа-солдатика, близких к экстремальным;

соотношение полов близко к 1:1 в популяциях клопа-солдатика, обитающих на территориях, относительно благополучных и подверженных слабому уровню АВ.

Результаты и их обсуждение

Соотношение полов в популяции – величина переменная, зависящая от многих факторов как биотического, так и абиотического происхождения. Анализ половой структуры популяции №1 выявил значительное преобладание самцов над самками в мае и равное соотношение полов в июне (рис. 2).

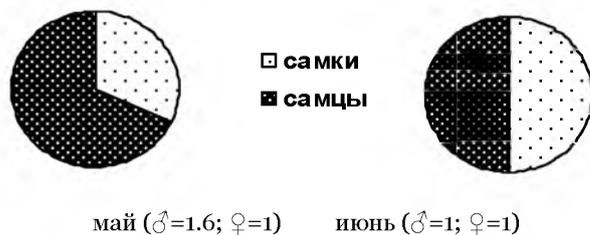


Рис. 2. Соотношение самок и самцов клопа-солдатика в выборке из популяции №1, %

В данном исследовании анализировались особи клопов, вышедшие с зимовки. Насекомые, ушедшие на зимовку в личиночной стадии, к моменту изъятия весенней выборки из природной среды не достигли половой зрелости, и поэтому не были учтены при анализе. В летней выборке соотношение полов выравнивается, вероятно, в связи с тем, что у перезимовавших особей к этому времени полностью закончен процесс превращения личинок в имаго, и те особи, которые не были учтены при анализе весенней выборки, были проанализированы позже. Соотношение полов в выборках свидетельствует о стабильных условиях существования популяции.

Анализ половой структуры выборок 1 и 2 из популяции № 2 представлен на рисунке 3. Численное соотношение самок и самцов в выборке 1 примерно 1:1. Преобладание самок над самцами в выборке 2 свидетельствует о том, что популяция находится в стадии активного размножения.

Таким образом, анализируя соотношение полов в двух выборках из популяции №2,

следует отметить отсутствие негативного воздействия антропогенных факторов на исследуемую популяцию насекомых.

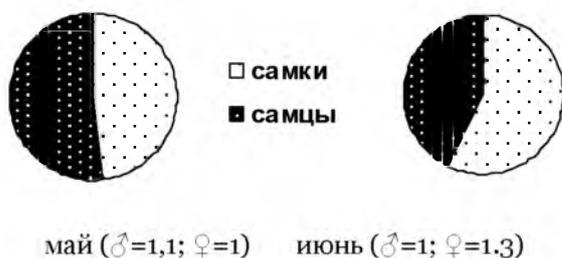
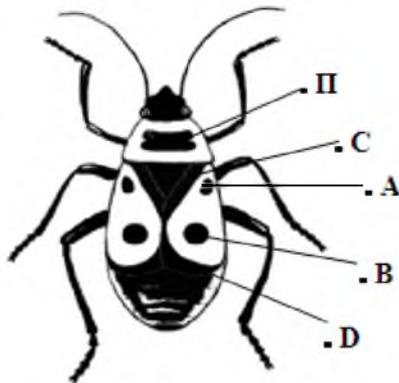


Рис. 3. Соотношение самок и самцов клопа-солдатика в выборке из популяции № 2, %



Меланизированный рисунок спинной части покрова клопа-солдатика состоит из рисунка переднеспинки - элемент П и рисунка надкрылий - элементы А, В, С, D (рис. 4). Изучение вариаций рисунка покрова клопа-солдатика проводилось согласно ранее разработанной методике [5]. В исследуемом выборочном материале проанализированных популяций присутствуют



особи с асимметричным меланизированным рисунком надкрылий. По каждой выборке рассчитана средняя частота асимметричного проявления вариаций элементов меланизированного покрова клопа-солдатика (далее ЧА). Используя шкалу, разработанную Хорольской Е.Н., и данные ЧА, можно определить уровень антропогенного воздействия на биогеоценозы [8].

Рис. 4. Внешний вид клопа-солдатика: П, С, А, В, D – элементы меланизированного рисунка покрова [по: 8]

На рисунке 5 представлены показатели асимметрии элементов меланизированного покрова клопа-солдатика, полученные в результате обработки материала выборки 1.

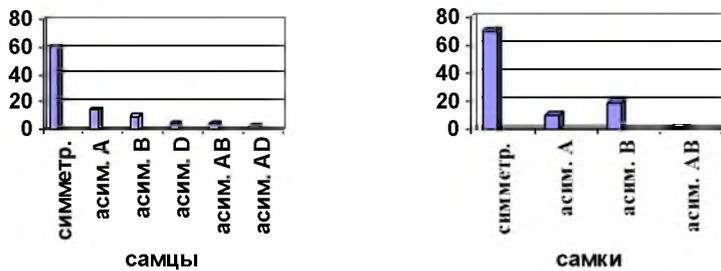


Рис. 5. Соотношение особей с разными типами рисунка покрова в выборке 1 из популяции №1, %

Средняя частота асимметричного проявления вариаций элементов меланизированного покрова клопа-солдатика в выборке 1 из популяции №1 равна 0.0500 – условная норма асимметричного проявления признака.

В выборке 2 также присутствуют особи с асимметричным меланизированным рисунком надкрылий (рис. 6).

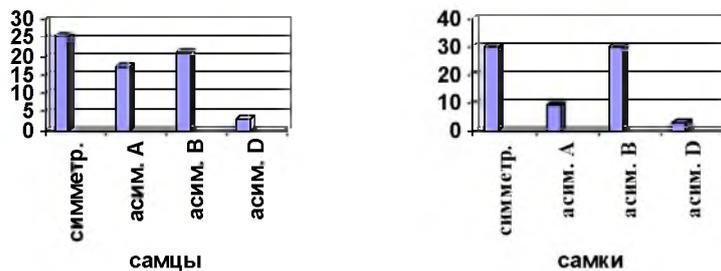


Рис. 6. Соотношение особей с разными типами рисунка покрова в выборке 2 из популяции №1, %

Средняя частота асимметричного проявления вариаций элементов меланизированного покрова клопа-солдатика в выборке 2 из популяции №1 равна 0.0429 – условная норма асимметричного проявления признака.

В исследуемом выборочном материале присутствуют особи с асимметричным меланизированным рисунком надкрылий (рис. 7).

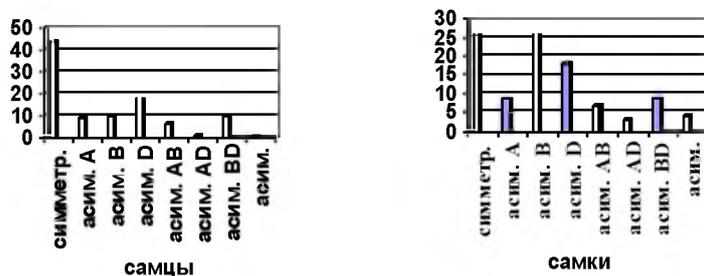


Рис. 7. Соотношение особей с разными типами рисунка покрова в выборке 1 из популяции №2, %

Средняя частота асимметричного проявления вариаций элементов меланизированного покрова клопа-солдатика в выборке 1 из популяции №2 равна 0.0914 – слабый уровень АВ.

В выборке 2 присутствуют особи с асимметричным меланизированным рисунком надкрылий (рис. 8).

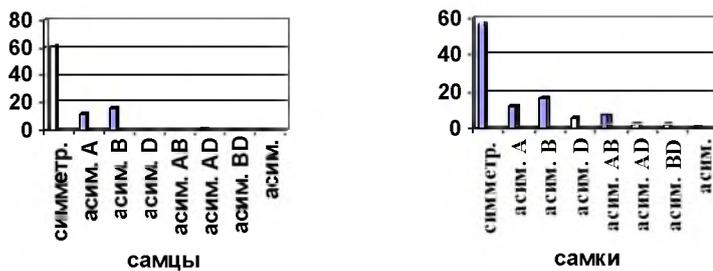


Рис. 8. Соотношение особей с разными типами рисунка покрова в выборке 2 из популяции №2, %

Средняя частота асимметричного проявления вариаций элементов меланизированного покрова клопа-солдатика в выборке 2 из популяции №2 равна 0.1020 – слабый уровень АВ.

При анализе меланизированного рисунка надкрылий на индивидуальном уровне использовали интегральный показатель стабильности развития – среднюю частоту асимметричного проявления признака. Данный показатель вычисляют по формуле [9]:

$$ЧА = \sum X_i / n,$$

где X_i – число асимметричных признаков в каждой особи, деленное на число используемых признаков; n – число особей в выборке.

Развернутый вид формулы:

$$ЧА = (1n_1/a + 2n_2/a + 3n_3/a + 4n_4/a) / n,$$

где a – число используемых признаков, равное 4; n_1, n_2, n_3, n_4 – число особей с асимметрией соответственно одного, двух, трех, четырех элементов меланизированного рисунка покрова.

При этом не учитывают вариационные различия между элементами надкрылий, а определяют лишь сам факт асимметрии, несходства элементов меланизированного рисунка покрова клопа-солдатика. За счет этого устраняется возможное влияние отдельных сильно уклоняющихся вариантов.

Информация, получаемая при анализе уровня формирования признаков методом флуктуирующей асимметрии, отражает уровень стабильности индивидуального развития в целом.

Обобщение полученных данных свидетельствует о том, что на момент проведения исследования, адаптационная стратегия популяции, обитающей на территории, прилегающей к установке по производству лизина, определила состояние исследуемых насекомых, соответствующее слабому уровню антропогенного воздействия.

Популяция №2 подвергалась единичным кратковременным антропогенным стрессам, обусловленных начальным этапом строительных работ (возрастание шумовой нагрузки, усиление загрязнения среды выхлопными газами, в связи с активизацией транспортного движения). Действие данных факторов, как известно, приводит к незначительным обратимым нарушениям стабильности развития. Данное обстоятельство позволяет охарактеризовать экологическое состояние проанализированной территории расположения опытно-экспериментальной установки по производству лизина Шебекинского района, как территории, испытывающей слабый уровень антропогенного воздействия.

Полученные данные значимы для дальнейшего мониторинга среды, направленного на отслеживание изменений показателя биоиндикационных признаков в популяции клопа-солдатика, обитающей на территории размещения биотехнологического завода и опытно-экспериментальной установки после ввода их в эксплуатацию и начала выпуска лизина.

Заключение

В ходе проведенного исследования с использованием методов биоиндикации получены отправные данные по экологическому состоянию территории размещения строящегося биотехнологического завода и запущенной в действие опытно-экспериментальной установки. Полученные данные позволяют охарактеризовать степень антропогенной нагрузки строительных работ на проанализированную территорию как низкую, не нарушающую стабильного развития изучаемой популяции клопа-солдатика. Сравнительный анализ показателей половой структуры и значений ЧА, полученных в результате проведенного исследования, показал, что на данном этапе исследования значения средней частоты асимметричного проявления вариаций элементов меланизированного рисунка надкрылий являются более чувствительным монито-

ринговым показателем, по сравнению с соотношением разнополых особей в популяции клопа-солдатика. Авторы полагают, что в ходе дальнейших работ в период с 2013 по 2015 гг., с анализом выборок материала из популяций, обитающих на территориях, принятой за условную норму и размещения завода и экспериментальной установки по производству лизина, будет уточнена методика использования динамики половой структуры модельного объекта (клопа-солдатика) для ведения экологического мониторинга состояния среды.

Список литературы

1. Пат. 2304771 Российская Федерация, МПК G 01 N 33/24. Способ биоиндикации среды / Батлутцкая И.В.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный университет». – №2005124084/13, заявл. опубл. 10.02.2007.
2. Пат. 2329501 Российская Федерация, МПК G 01 N 33/24. Способ биоиндикации среды / Батлутцкая И.В., Хорольская Е.Н., Глотов В.А.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный университет». – № 2006140295/13; заявл. 16.11.2006; опубл. 20.07.2008.
3. Злотин А.З., Бойчук Ю.Д., Сквороды Г.С. Энтомологический мониторинг // Биология в школе. – 1998. – №1. – С. 14–15.
4. Денисова А.А., Христофорова Т.И. Биоиндикация загрязнения окружающей среды на основе изучения фенетической изменчивости модельных видов рода *Chrysopa* // Фенетика природных популяций: Материалы IV Всесоюз. совещ., Борок, нояб. 1990 г. – М., 1990. – С. 69–70.
5. Батлутцкая И.В., Хорольская Е.Н., Глотов В.А. Практикум по общей, физиологической и экологической генетике: учеб.-метод. пособие. – Белгород: БелГУ, 2009. – 144 с.
6. Брехов О.Г. Соотношение полов и размеры самцов и самок плавунца *Laccophilus roeicilus* Klug, 1834 в водоемах Волгоградской области как показатель антропогенной нагрузки // Природные ресурсы Забайкалья и проблемы природопользования. – Чита, 2001. – С. 478–479.
7. Маканина О.А. Особенности половой структуры популяций клопа-солдатика (*Pyrthocoris artemis* L.) из различных биотопов Белгородской области: Автореф. дис... канд. биол. наук. – Белгород, 2011. – 20 с.
8. Хорольская Е.Н. Биологическая оценка условий сельскохозяйственных угодий с использованием *Pyrthocoris artemis* L. // Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых: Тр. II Междунар. науч.-практ. конф. мол. ученых. РАСХН. Сиб. отд.-ние. – Новосибирск, 2006. – С. 113–117.
9. Егорова Л.В. Рекреационный пресс и флуктуирующая асимметрия обыкновенной бурозубки // Научные ведомости, серия Экология. – Белгород, 2005. – №1 (21). Вып. 3. – С. 44–48.

VARIABILITY BIOINDICATIVE SIGNS BUG-SOLDIER IN MONITORING IN LOCATION EXPERIMENTAL INSTALLATION FOR LYSINE PRODUCTION IN SHEBEKINO DISTRICT, BELGOROD REGION

**I.V. Batlutskaya,
O.A. Makanina,
L.A. Sorokotyagina,
E.A. Prokhorova**

*Belgorod State National Research University,
Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,
Russia*

E-mail: bat@bsu.edu.ru

Comparative analysis is given for information-significant performance indicators indication of a bug-soldier of populations exposed to varying level of anthropogenic load. As a thumbnail signs of bug-soldier were used previously proposed: variability of elements меланизированного picture cover bug-soldier and sex ratio. Calculated frequency of asymmetric manifestations of variations of the elements of меланизированного drawing bug-soldier. The analyzed data on asymmetry elements меланизированного picture cover bug-soldier and sex ratio in each sample allowed us to describe the ecological state of the territory of the factory under construction in the immediate vicinity of which the current population model object. Results can be viewed as a baseline for further systematic monitoring of the environment from the moment of input of factory in operation and the beginning of the biotechnological production of lysine.

Keywords: indicative signs, asymmetry, gender composition, anthropogenic impacte.