

Министерство образования и науки Алтайского края
Краевое государственное бюджетное учреждение дополнительного образования
«Алтайский краевой детский экологический центр»

Экология

**Встречаемость морф рисунка *Pyrhocoris apterus* и *Leptinotarsa decemlineata*
в популяциях Романовского района Алтайского края**

Автор: Ашенбреннер Елизавета,
ученица 6 класса, обучающаяся
КГБУ ДО АКДЭЦ

Руководитель: Ашенбреннер Елена
Сергеевна, педагог дополнительного
образования КГБУ ДО АКДЭЦ

г. Барнаул, 2022 г.

Оглавление

Введение.....	3
1. Теоретическая часть.....	4
1.1 Исследования по изучению фенотипической структуры популяций.....	4
<i>Pyrrhocoris apterus</i>	4
1.2 Исследования по изучению фенотипической структуры популяций.....	6
<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	6
2. Материал и методы исследований.....	9
3. Практическая часть.....	10
3.1 Результаты исследований.....	10
3.1.1 Фенотипическая структура популяции клопа-солдатика.....	10
3.1.2 Фенотипическая структура популяции колорадского жука.....	11
Выводы.....	14
Рекомендации и практические предложения.....	14
Список литературы.....	15
Приложение.....	20

Введение

Фенотипические исследования представляют собой актуальный метод оценки воздействия естественных и антропогенных факторов на живые организмы и в целом окружающую среду. Полученные в ходе исследований данные, позволяют осуществлять текущий экологический мониторинг состояния естественной среды, а так же планировать будущие корректирующие мероприятия. Учеными доказано, что популяции клопа-солдатика и колорадского жука заметно реагируют на антропогенное воздействие. Влияние химических и биологических факторов приводит к повышенному полиморфизму, частоте встречаемости редких фенотипов, что, в свою очередь, связано с видоизменением основных либо появлением дополнительных элементов рисунка покровов конкретных участков тела. Данная дифференциация фенотипической структуры популяции сопряжена с их экологической пластичностью и целостностью. Знание фенотипической структуры определенной популяции, контроль пределов норм реакции, изучение изменчивости индикаторных признаков насекомых является важным в наблюдении за микроэволюционными преобразованиями каждого вида насекомого.

Цель работы – выделить вариации и частоту встречаемости морф рисунка в степных популяциях клопа-солдатика и колорадского жука.

Задачи:

1. определить морфы рисунка переднеспинки и надкрылий клопа-солдатика;
2. установить встречаемость морф клопа-солдатика;
3. определить морфы рисунка переднеспинки и надкрылий колорадского жука;
4. установить встречаемость морф колорадского жука.

Объект – популяции *Pyrrhocoris apterus* и *Leptinotarsa decemlineata*. Предмет – полиморфизм индикаторного рисунка.

Материал и методы. Исследования проведены в 2022 году в Романовском районе Алтайского края. Материал – выборка клопа-солдатика и колорадского жука. Насекомые собраны вручную. В основе исследований – фенетический метод (фенотипический анализ).

Новизна. Показан полиморфизм индикаторных признаков клопа-солдатика и колорадского жука популяций степной зоны Алтайского края.

Практическая значимость. Результаты исследований могут быть использованы для решения задач экологического мониторинга состояния окружающей среды, определения факта и уровня антропогенной нагрузки на данную территорию, а так же являться отправными данными для биоиндикаторных исследований в других районах и территориях.

1. Теоретическая часть

1.1 Исследования по изучению фенотипической структуры популяций

Pyrrhocoris apterus

Клоп-солдатик (*Pyrrhocoris apterus*) считается широко распространенным палеарктическим видом. В Европе и России клоп обитает под липами и питается семенами деревьев [17]. Чаще клопа можно встретить на приусадебных участках. Наряду с переработкой упавших семян, плодов, каких-либо органических остатков, клопы активно питаются ягодами (малина, клубника), рассадой некоторых овощных культур, ботвой моркови и свеклы. Большие популяции клопа-солдатика способны портить листья рассады и саженцев в плодопитомниках. Отмечено, что насекомые наносят заметный вред виноградникам. При этом клоп-солдатик официально не причислен к насекомым-вредителям.

Большинство исследований, касающихся изучения полиморфизма рисунка клопа-солдатика, проведены в Белгородском государственном национальном исследовательском университете И. В. Батлуцкой непосредственно и под ее руководством. Учеными доказано, что меланизированный рисунок переднеспинки, представленный двумя полосами, имеет характер непрерывной изменчивости. При этом, наиболее вариабельна нижняя полоса. На надкрыльях два пятна: небольшое (А) и побольше (В), а так же кайма сложной формы. Изменчивость обнаружена по всем видам рисунка [5].

Изучение учеными серий гистологических микропрепаратов позволило прийти к выводам, что популяционную изменчивость меланизированного рисунка переднеспинки *Pyrrhocoris apterus* достоверно можно рассматривать как один из компонентов экологического биомониторинга среды [6, 8, 9].

Так, в ходе исследований популяционных сборов учеными выделено и описано 12 вариаций меланизированного рисунка переднеспинки и 7 вариаций элемента В. Подобные исследования, проведенные учеными в других регионах, указывают на то, что методика должна быть скорректирована и адаптирована к региону [5].

В 2008 году при изучении фенотипической изменчивости меланизированного рисунка *Pyrrhocoris apterus* в природных популяциях г. Белгорода (Россия) и г. Сумы (Украина) обнаружено 22 вариации элемента «А», 24 вариации элемента «В», 1 вариация элемента «С» и 17 вариаций элемента «D». В исследуемых популяциях наблюдался высокий процент особей с отклонением в симметрии рисунка надкрыльев, что подтверждает неблагоприятные условия развития. То есть, формирование различных вариантов морф является следствием естественного и антропогенного воздействия [24].

Батлущая И. В., Хорольская Е. Н. при оценке состояния окружающей среды Алексеевского района Белгородской области отмечают, что большая фенотипическая изменчивость рисунка, высокое разнообразие асимметричных морф, их сочетание свидетельствует о нестабильности существования изучаемой популяции. Они обнаружили широкие ряды вариаций П-элемента (31 ед.), А-элемента (29 ед.), В-элемента (48 ед.), С-элемента (2 ед.) и D-элемента (14 ед.). Большое количество насекомых с асимметрией доказывает факт приспособления клопов к изменяющимся условиям обитания [7].

В 2010 году опубликованы данные мониторинга состояния экосистем территорий города Ишима Тюменской области. Анализ данных полиморфизма окраски клопа-солдатика показал широкий спектр фенотипической изменчивости. Например, для популяции машиностроительного завода характерна большая вариативность пятна А-8, а для популяции со свалки – D-9. В других популяциях изменчивость не была показательной. Исследователями отмечено, что каждый элемент рисунка в различных популяциях имеет определенную частоту фена. Фены «А» и «D» имеют особенно широкий разброс. Высокая частота и вариативность свидетельствовали о неблагоприятной экологической обстановке [16].

При определении информативной значимости полиморфизма элементов рисунка покрова клопа-солдатика по комплексу критериев, ученые пришли к выводу, что из элементов надкрыльев «А, В и D» наиболее информативным оказалось пятно «В» [25].

Методом геометрической морфометрии в популяциях клопа-солдатика городского парка и природного заказника Ставропольского края выявлены достоверные различия изменчивости меланизированного рисунка [12].

Использование методики И. В. Батлущой для изучения изменчивости биоиндикационных признаков клопа-солдатика, позволило получить отправные данные, характеризующие степень антропогенной нагрузки строительных работ (опытно-экспериментальная установка по производству лизина) в Щебекинском районе Белгородской области и необходимые для ведения экологического мониторинга состояния окружающей среды [4]. Метод геометрической морфометрии показал равномерное распределение морф всех структурных элементов покрова насекомого в контрольной выборке. В сравниваемой популяции полиморфизм отмечен в рисунке надкрыльев [10].

На урбанизированных территориях текущий и прогностический экологический мониторинг является важнейшим методом обеспечения экологической безопасности. Так, в нескольких точках города Саратова были выявлены особи клопа-солдатика с асимметричными морфами рисунка переднеспинки (более 11%) [26].

Биоиндикационная оценка состояния окружающей среды города Барнаула позволила выделить 130 вариаций пятна переднеспинки. Авторы сообщают, что такой спектр изменчивости объясняется популяционным гомеостазом в ответ на антропогенное воздействие [18].

При изучении характера изменчивости меланизированного рисунка переднеспинки клопа-солдатика в различных экологических условиях Малмыжского района Кировской области в генеральной совокупности учеными выделено 8 фенотипов рисунка. Нижняя часть рисунка оказалась более вариабельной. Эталонная морфа П-1 обнаружена во всех выборках [14].

Таким образом, данные исследований доказывают, что любое изменение состояния окружающей среды влечет за собой конкретные изменения в развитии тех или иных признаков насекомого. Изучение индикационных морф рисунка клопа-солдатика должно осуществляться по адаптированной методике.

1.2 Исследования по изучению фенотипической структуры популяций

Leptinotarsa decemlineata

Наиболее известным и распространенным вредителем пасленовых культур является колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata*). Так же известны такие названия вредителя, как: картофельный жук, десятилинейный картофельный жук, десятиполосный копыеносец. Для жука характерен высокий фенотипический полиморфизм и большой потенциал дальнейших микроэволюционных преобразований [1, 13].

Вредоносность колорадского жука объяснима высокой плодовитостью, существенной экологической пластичностью. Насекомое легко адаптируется к изменившимся условиям среды обитания, в частности, быстро (в течение 4-5 лет или даже менее) вырабатывает устойчивость к тому или иному инсектициду [23]. Сообщается, что адаптивность может проявляться в слиянии фенотипов рисунка. В большем числе и в большем разнообразии это отмечается в южной части ареала, чем в северной. Носители разных фенотипов по-разному реагируют на воздействие инсектицидов и фитонцидов. Это доказывает необходимость расширения применения фенетического анализа при экологических исследованиях [20].

Фенооблик колорадского жука в каждой популяции формируется в течение определенного времени под влиянием особенностей климата, инсектицидов, выращивания тех или иных сортов растений.

Внутрипопуляционную изменчивость колорадского жука выявляют по индикационным признакам – рисунку различных частей тела имаго (темени, затылка, переднеспинки и надкрыльев), тела личинок, жилковании крыльев, окраске яиц и другим [3, 21].

Более 35 лет назад Ф. С. Кохманюком и Е. П. Климец в Белоруси начаты исследования по изучению фенотипической структуры популяций колорадского жука. Е. В. Бречко и М. И. Жуковой с 2007 года исследования продолжены для других агроклиматических зон. Фенотипический анализ рисунка центральной части переднеспинки жука показал, что для данной местности доминирующими являются морфы №№ 1, 2, 3. При этом превалировала морфа №1 (частота встречаемости 12,9-29,8%). Среди редких отмечены морфы №№ 7,8,9 (частота встречаемости 0,2-4,9%).

В 2016 году опубликованы результаты исследований по частоте встречаемости фенотипов колорадского жука в Беларуси и Молдове. Так, в Белоруси 2013-2014 годах в популяциях доминировали фены морф рисунка переднеспинки №№ 1, 3, 6 (частота встречаемости 15,4-25,3%). Редкими считали №№ 7, 8, 9 (3,0%). В Молдове в популяции колорадского жука доминировали фенморфы №№ 3, 6 (частота встречаемости от 15,0 до 40,2% по годам). Редкие морфы №7 и № 8 с частотой встречаемости 1,8-2,1% и 1,8-2,3%, соответственно [11].

В 2016-2018 годах проведенные исследования по изучению популяции колорадского жука в Рыльском районе Курской области показали снижение вариации рисунка центральной части переднеспинки, что свидетельствовало об изменении фенотипической структуры популяции и увеличении доли редких фенов. Отмечено, что доминирующим оставался фен № 9. Существенно сократилась доля фена № 3. Данные изменения исследователи связывают регулярным использованием людьми инсектицидов [3]. Ранее, в 2017 году авторами сообщается, что фен № 9 преобладает в популяциях Рыльского, Октябрьского, Льговского районов Курской области. Фен № 3 в Пристенском и Мантуровском районах. Наиболее высокий полиморфизм характерен для рисунка надкрыльев Льговской популяции жука, наименьший встречается в Мантуровской [2].

Сравнительный анализ данных 1994 и 2002 годов локальных популяций территории республики Башкортостан показал временное изменение уровня полиморфизма колорадского жука на Южном Урале. Изменения были выявлены, как в природных популяциях, так и в лабораторных экспериментальных условиях (при многократной обработке инсектицидами) [21].

Учеными сообщается, что за период 1994-2002 годов в некоторых популяциях Башкортостана частота вариаций фенормф №№ 3, 6, 9 резко возросла, при этом под воздействием инсектицидов морфы №№ 1 и 7 отмечены, как редкие [2].

К.В. Калинина и З.В. Николаева в своих исследованиях 2005 года показали существенные различия форм рисунка в популяциях различных районов Псковской и Новгородской областей. Отличия заключались в разнице частоты встречаемости морф №1, 2, 3, 4, 5, 6 и № 9 . Преобладание морфы № 1 (частота встречаемости 19-20%) и № 2 (10-11%) характерно для Новгородской и Печорской популяций. Морфа № 3 максимально распространена в Новосокольнической (17%), Великолукской (16%), Новгородской (16%) популяциях. Морфа № 4 являлась доминантной для Невельской (16%), Великолукской (16%) и Новгородской (15%) популяций. Морфа № 6 преобладала во всех представленных популяциях, но наиболее выраженной оказалась в Великолукской и Новосокольнической популяциях колорадского жука (16%) [15].

Проводя сравнительный анализ окраски колорадских жуков, учены пришли к заключению, что у насекомых Тюменской области доминирует ген «А», в то же время в Липецкой и Омской популяциях частоты равны. Выделено 12 общеизвестных морф рисунка, из которых часто встречаются V и W, а также их сочетания. Сообщается о преобладании фена V с варьирующей частотой встречаемости 65,49-90,57% [19].

Таким образом, изменение уровня полиморфизма рисунка колорадского жука в большей степени связано с антропогенным воздействием. А, поскольку, население для борьбы с вредителем вынужденно использует различные инсектициды и фитонциды, изучение фенотипической структуры популяций колорадского жука с целью экологического мониторинга представляется актуальным.

2. Материал и методы исследований

Исследования проводились в весенне-летний период 2022 года в Романовском районе Алтайского края (пос. Тамбовский). Материалом послужили популяции клопа-солдатика (*Pyrrhocoris apterus*) и колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata*), извлеченных из природной среды в количестве 100 особей каждого вида.

Половозрелые насекомые в течение теплого периода собирались вручную: клоп-солдатик – в поле и на территории приусадебного участка; колорадский жук – на территории нескольких приусадебных участков. Умертвлялись в энтомологической морилке и фиксировались на пэт-пластинках.

Для анализа фенетического полиморфизма у клопов-солдатиков использовали фены рисунка переднеспинки (пятно «П») и надкрыльев (пятна «А» и «В»); у колорадского жука фены переднеспинки (полностью и комплекс пятен «Б», «Р» и полосы «А») и надкрыльев. В каждой генеральной выборке определяли частоту встречаемости вариаций меланизированного рисунка переднеспинки и надкрыльев. В основе фенологических исследований клопа-солдатика – методика И. В. Батлуцкой (2003 г.); колорадского жука – С. Р. Фасулати (1985, 2018 гг.), Г. В. Беньковской (2004, 2008 гг.), Е. П. Климец (1997 г.).

Для исследований использовали лупу (x15) и стереоскопический микроскоп МС-5-ZOOM LED, оснащенный видеоокулярном Topr Cam 5,1 MP. Фотографии получены при помощи камеры Xiaomi Redmi Note 9 Pro.

3. Практическая часть

3.1 Результаты исследований

3.1.1 Фенотипическая структура популяции клопа-солдатика

Выборка из популяции клопа-солдатика представлена насекомыми нескольких поколений, собранных в теплый период года. При исследовании фенотипического разнообразия рисунка переднеспинки клопа выделено 18 морф (приложение 1). Пятна «А» и «В» оказались наиболее вариабельными – 42 и 36 морфы, соответственно (приложение 2 и 3, таблица 1).

Таблица 1. Полиморфизм и частота встречаемости (%) морф рисунка клопа-солдатика

№ морфы	ЧВВ	№ морфы	ЧВВ	№ морфы	ЧВВ
Элемент - П					
1	21	7	3	13	3
2	12	8	5	14	2
3	7	9	2	15	7
4	5	10	8	16	5
5	13	11	1	17	1
6	2	12	2	18	1
Элемент - А					
1	5	15	3	29	3
2	2	16	1	30	1
3	1	17	1	31	1
4	2	18	1	32	1
5	1	19	1	33	1
6	20	20	1	34	6
7	3	21	2	35	1
8	6	22	3	36	1
9	1	23	3	37	1
10	4	24	1	38	1
11	3	25	2	39	1
12	3	26	4	40	1
13	1	27	1	41	1
14	1	28	2	42	1
Элемент - В					
1	1	13	2	25	1
2	2	14	1	26	1
3	3	15	3	27	1
4	8	16	6	28	1
5	6	17	4	29	1
6	1	18	1	30	3

№ морфы	ЧВВ	№ морфы	ЧВВ	№ морфы	ЧВВ
7	1	19	1	31	1
8	5	20	3	32	1
9	19	21	5	33	1
10	4	22	1	34	2
11	3	23	2	35	1
12	2	24	1	36	1

Морфа № 1 рисунка переднеспинки клопа-солдатика является наиболее распространенной (ЧВВ 21%). Рисунок массивный, меланистичный, с соединенными между собой нижней и верхней полосами и с незначительным разделением в центре нижней полосы. Описание фенотипов, встречающихся в равной степени в популяции, схоже с преобладающим рисунком за исключением некоторых особенностей. Так, морфы №№ 2 (ЧВВ 12%), 5 (ЧВВ 13%), 10 (ЧВВ 8%), 3 и 5 (ЧВВ 7%) демонстрируют изменчивость природной формы рисунка. Редко встречающихся морф мало – №№ 11, 17, 18 – единичные случаи.

Широкий спектр изменчивости выявлен в элементах надкрыльев – «А» и «В». У малого и большого пятен встречается очень много редких морф: А-элемент – 90,4%, В-элемент – 83,3%. Такие данные свидетельствуют о том, что признак очень вариабелен, а популяция насекомых находится в неблагоприятных, нестабильных условиях. Наиболее распространенные морфы пятна «А» – № 6 (ЧВВ 20%), пятна «В» – № 9 (ЧВВ 19%). Средняя степень распространения морф данных элементов рисунка надкрыльев – это уровень частоты встречаемости фенотипов 5-6% (приложение 4).

Таким образом, фенотипическая специфика популяции клопа-солдатика степной зоны Алтайского края связана с широким спектром полиморфизма рисунка надкрыльев. Рисунок переднеспинки показал большую стабильность. Отсутствие определенно доминирующих фенотипов переднеспинки и надкрыльев и преобладание единично встречающихся редких форм рисунка указывает на адаптивные процессы, происходящие в популяции.

3.1.2 Фенотипическая структура популяции колорадского жука

Выборка из популяции колорадского жука представлена насекомыми нескольких поколений, собранных в теплый период года. Изучение изменчивости фенотипов рисунка переднеспинки жука осуществляли двумя способами (полное описание и описание центральной части). При анализе всех элементов рисунка выделено 48 морф. Сравнение

рисунков центральной части переднеспинки позволило выделить 9 известных морф и 4 дополнительных, новых (приложение 5 и 6). Частота встречаемости фенотипов отражена в таблице 2.

Таблица 2. Полиморфизм и частота встречаемости (%) морф рисунка переднеспинки

№ морфы	ЧВВ	№ морфы	ЧВВ	№ морфы	ЧВВ	№ морфы	ЧВВ
Полное описание							
1	1	13	1	25	1	37	1
2	1	14	1	26	1	38	1
3	1	15	2	27	1	39	2
4	1	16	2	28	1	40	1
5	1	17	1	29	1	41	4
6	14	18	1	30	1	42	1
7	1	19	12	31	1	43	1
8	2	20	2	32	1	44	1
9	1	21	1	33	7	45	1
10	1	22	1	34	1	46	1
11	1	23	1	35	1	47	1
12	15	24	1	36	1	48	1
Описание центральной части							
1	27	5	12	9	6	13	4
2	8	6	10	10	3	-	-
3	10	7	5	11	1	-	-
4	10	8	2	12	2	-	-

Среди выделенных методом полного описания фенотипов преобладали морфы переднеспинки: №№ 6 (ЧВВ 14%), 12 (ЧВВ 15%) и 19 (ЧВВ 12%). При этом по значению частоты встречаемости однозначно доминирующими данные морфы назвать нельзя. Морфы №№ 33 и 41 встречались в 7 и 4% случаев, соответственно. Все остальные вариации рисунка относятся к особо редким морфам с частотой встречаемости 1-2%.

При описании центральной части рисунка переднеспинки жука выделена одна преобладающая морфа – № 1 (ЧВВ – 27%), что согласуется с результатами исследований других ученых. Морфы №№ 2-7 и 9 встречались в равной степени. Редкими оказались морфа № 8 (ЧВВ 2%) и все новые фенотипы с частотой встречаемости от 1 до 4%. Редкость морфы №8 подтверждена результатами и других исследователей.

Фенотипы рисунка переднеспинки и надкрыльев колорадского жука имеют разное адаптивное значение. Описание рисунка надкрыльев связано с особенностью расположения полос – типом полного соединения («W»), частичного («V») или отдельного разноуровневого расположения относительно друг друга («Z» и «Y»). Анализ морф рисунка

надкрыльев позволил выделить в популяции 5 морф с различной частотой встречаемости (таблица 3).

Таблица 3. Полиморфизм и частота встречаемости (%) морф рисунка надкрыльев

Морфа	ЧВВ	Морфа	ЧВВ	Морфа	ЧВВ
W W	21	W V	14	V Z	1
V V	58	V W	6	-	-

По данным ученых, наиболее распространенными являются две морфы – «W» и «V». При этом некоторые исследования показали доминирование фена «V», что согласуется с нашими результатами – частота встречаемости фенотипов V|V 58%. Данный фен определенно доминирует. Полное соединение полос надкрыльев (левого и правого) распространено в 21% случаев. Долю редких морф представила вариация частичного соединения полос левого крыла и полностью параллельных полос правого крыла – V|Z (1%) – один случай из 100.

Таким образом, фенотипическое своеобразие популяции колорадского жука степной зоны выражено широким спектром вариаций рисунка переднеспинки, обнаруженными новыми морфами, что указывает на процесс адаптации к изменяющимся условиям обитания. Фактором фенотипической изменчивости признака, вероятно, служит антропогенное воздействие – многократная обработка хозяйственных участков различными инсектицидами. Фенотипическая структура рисунка надкрыльев в популяции выглядит более стабильной с присутствием одной доминирующей морфы.

Анализ фенотипической структуры популяций клопа-солдатика и колорадского жука, обитающих в одной местности, показал широкий адаптивный потенциал, высокую степень приспособления к изменяющимся условиям обитания. Мы не исключаем воздействие естественных факторов, в первую очередь, температуры. Но процессы такой пластичности и изменчивости в большей степени связываем с хозяйствованием населения.

Выводы

1. В популяции клопа-солдатика выделено 18 морф рисунка переднеспинки; у надкрыльев 42 морфы пятна-А и 36 морф пятна-В.
2. Во всех элементах рисунка самые распространенные морфы единичны с частотой встречаемости 19-21%, не доминируют. Количество морф, встречающихся в равной степени, незначительно – от 3 до 6 по всем элементам (ЧВВ от 5 до 13%). Присутствие редких фенотипов в доле от 66,7 (П) до 90,4% (А) указывает на высокий уровень полиморфизма признаков.
3. В популяции колорадского жука полным описанием рисунка переднеспинки выделено 48 морф, описанием центральной части – 13 морф, из которых 4 новых. Рисунок надкрыльев представлен 5-ю фенотипами.
4. Рисунок надкрыльев жука оказался более устойчивым (менее изменчивым) с учетом выделенной доминирующей морфы (ЧВВ 58%), по сравнению с рисунком переднеспинки. Встречаемость морф рисунка переднеспинки не выше 27%, не доминируют. Большой уровень редких фенотипов от 61,5 (описание центральной части) до 89,6% (полное описание) указывает на высокий уровень полиморфизма признака.

Рекомендации и практические предложения

Полученные результаты исследований предлагается использовать в качестве отправных данных для отслеживания тенденции их изменения в ряду лет, а так же для аналитического сравнения с показателями исследований, осуществляемых в соседних районах края. Данные могут быть использованы для адаптации методики изучения полиморфизма клопа-солдатика и колорадского жука в Алтайском крае.

Список литературы

1. Бабкина, Л. А. Изучение фенотипического полиморфизма в популяциях колорадского жука (*Leptinotarsa Decemlineata* Say) Львовского и Рыльского районов Курской области / Л. А. Бабкина, И. П. Балабина, Н. А. Балабина, К. В. Мерзлякова. – Текст : электронный // Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2016. – № 4 (12). – С. 30-36. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-fenotipicheskogo-polimorfizma-v-populyatsiyah-koloradskogo-zhuka-leptinotarsa-decemlineata-say-lgovskogo-i-ryl'skogo-rayonov/viewer> (дата обращения : 20.08.2022).
2. Бабкина, Л. А. Оценка фенотипического полиморфизма рисунка переднеспинки колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say в популяциях Курской области / Л. А. Бабкина, И. П. Балабина, Н. И. Тригуб, С. Ю. Миронов и др. – Текст : электронный // Самарский научный вестник. – 2017. – Т. 6. – № 1 (18). – С. 10-13. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-fenotipicheskogo-polimorfizma-risunka-perednespinki-koloradskogo-zhuka-leptinotarsa-decemlineata-say-v-populyatsiyah-kurskoj/viewer> (дата обращения : 18.08.2022).
3. Балабина, И. П. Временная динамика фенотипической структуры локальной популяции колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say в Курской области / И. П. Балабина, Л. А. Бабкина, К. В. Бакшеева, Н. И. Лыкова. – Текст : электронный // Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2018. – № 4 (20). – С. 42-46. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vremennaya-dinamika-fenotipicheskoy-struktury-lokalnoy-populyatsii-koloradskogo-zhuka-leptinotarsa-decemlineata-say-v-kurskoj-oblasti/viewer> (дата обращения : 18.08.2022).
4. Батлущая, И. В. Изменчивость биоиндикационных признаков клопа-солдатика (*Pyrrhocoris apterus*) на территории расположения опытно-экспериментальной установки по производству лизина в Щебекинском районе Белгородской области / И. В. Батлущая, О. А. Маканина, Л. А. Сорокотягина, Е. А. Прохорова. – Текст : электронный // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия : Естественные науки. – 2012. – № 21 (140). – С. 99-104. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmenchivost-bioindikatsionnyh-priznakov-klopa-soldatika-pyrrhgorisamrusmbmwmo-na-territorii-raspolozheniya-opytno/viewer> (дата обращения : 12.08.2022).
5. Батлущая, И. В. Изменчивость элементов меланизированного покрова рисунка клопа-солдатика в оценке антропогенного воздействия / И. В. Батлущая. – Текст : электронный // Известия Самарского научного центра РАН. – 2003. – Т. 5. – № 2. – С.

- 350-354. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmenchivost-elementov-melanizirovannogo-risunka-pokrovov-klopa-soldatika-v-otsenke-antropogennogo-vozdeystviya/viewer> (дата обращения : 19.08.2022).
6. Батлуцкая, И. В. Морфофизиологическое обоснование применения межпопуляционной изменчивости меланизированного рисунка переднеспинки *Pyrrhocoris apterus* в системе мониторинга окружающей среды / И. В. Батлуцкая, Е. Н. Хорольская, В. А. Готов, Е. А. Прохорова. – Текст : электронный // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия : Естественные науки. – 2008. – № 7 (47). – С. 5-10. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/morfofiziologicheskoe-obosnovanie-primeneniya-mezhpopulyatsionnoy-izmenchivosti-melanizirovannogo-risunka-perednespinki/viewer> (дата обращения : 20.08.2022).
 7. Батлуцкая, И. В. Оценка состояния среды с использованием информационно значимых показателей вида-биоиндикатора (на примере наземных экосистем Алексеевского района Белгородской области) / И. В. Батлуцкая, Е. Н. Хорольская, Е. А. Балховитина, О. А. Маканина. – Текст : электронный // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия : Естественные науки. – 2010. – Вып. 11. – № 9 (80). – С. 80-85. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-sostoyaniya-sredy-s-ispolzovaniem-informatsionno-znachimyh-pokazateley-vida-bioindikatora-na-primere-nazemnyh-ekosistem/viewer> (дата обращения : 19.08.2022).
 8. Болховитина, Е. А. Анатомо-морфологические характеристики кутикулярного аппарата переднеспинки клопа-солдатика из различных биотопов Белгородской области / Е. А. Болховитина, И. В. Батлуцкая. – Текст : электронный // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 1. – С. 47-51. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/anatomo-morfologicheskie-harakteristiki-kutikulyarnogo-apparata-perednespinki-klopa-soldatika-iz-razlichnyh-biotopov-belgorodskoy/viewer> (дата обращения : 19.08.2022).
 9. Болховитина, Е. А. Изменчивость кутикулы переднеспинки *Pyrrhocoris apterus L.* в различных наземных экосистемах / Е. А. Болховитина, И. В. Батлуцкая, В. А. Готов. – Текст : электронный // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 11. – С. 117-120. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmenchivost-kutikuly-perednespinki-pyrrhocoris-apterus-l-v-razlichnyh-nazemnyh-ekosistemah/viewer> (дата обращения : 10.08.2022).
 10. Бондаренко, В. В. Применение метода геометрической морфометрии для оценки флуктуации морфометрических показателей формы тела клопа-солдатика *Pyrrhocoris apterus L.* природных популяций Шебекинского района Белгородской области / В. В. Бондаренко, И. В. Батлуцкая, О. А. Маканина, Л. А. Сорокотягина и др. – Текст : электронный // Научные ведомости Белгородского государственного университета.

- Серия : Естественные науки. – 2012. – № 21 (140). – С. 94-98. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-metoda-geometricheskoj-morfometrii-dlya-otsenki-fluktuatsii-morfometricheskih-pokazateley-formy-tela-klopa-soldatika/viewer> (дата обращения : 10.08.2022).
11. Бречко, Е. В. Формирование фенотипической структуры популяций колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) в условиях экологических стрессов / Е. В. Бречко, Д. С. Елисовецкая, Т. Н. Настас, Д. В. Войтка и др. – Текст : электронный // Весці нацыянальнай Акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2016. – № 4. – С. 79-89. – URL: <http://vesti.belal.by/vesti/pdf/20160408.pdf> (дата обращения : 15.08.2022).
 12. Васильев, А. Г. Применение современных информационных технологий в экологическом анализе изменчивости формы тела и меланизированного рисунка покровов клопа-солдатика / А. Г. Васильев, Л. А. Сорокотягина, В. В. Бондаренко, О. А. Маканина. – Текст : электронный // Вестник Омского университета. – 2011. – № 4. – С. 142-145. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-sovremennyh-informatsionnyh-tehnologiy-v-ekologicheskom-analize-izmenchivosti-formy-tela-i-melanizirovannogo-risunka/viewer> (дата обращения : 10.08.2022).
 13. Жуки (Coleoptera) и колеоптерологи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.zin.ru/ANIMALIA/coleoptera/rus/index.htm>, свободный – (дата обращения 10.08.2022).
 14. Ильясова, А. Р. Биоиндикация среды по характеру изменчивости рисунка переднеспинки клопа солдатика (*Pyrrhocoris apterus* L.) / А. Р. Ильясова, Ю. С. Утямышева. – Текст : электронный // Экология родного края: проблемы и пути их решения : Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 2. (г. Киров, 13–14 апреля 2017 г.). – 2017. – С. 186-187. – URL: <http://envjournal.ru/ecolab/sbor/1712.pdf> (дата обращения : 19.08.2022).
 15. Калинина, К. В. Фенотипическая структура популяций колорадского жука / К. В. Калинина, З. В. Николаева. – Текст : электронный // ООО «Издательство Агрорус». – 2009. – № 7-9. – С. 28-29. – URL: <https://www.agroxxi.ru/journal/20090709/20090709012.pdf> (дата обращения : 15.08.2022).
 16. Левых, А. Ю. Мониторинг состояния экосистем на территории города Ишима / А. Ю. Левых, Г. Г. Пузынина, А. Г. Ермолаев, О. С. Козловцева. – Текст : электронный // Мониторинг окружающей среды. – 2011. – № 4. – С. 1935-1939. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-sostoyaniya-ekosistem-na-territorii-goroda-ishima/viewer> (дата обращения : 10.08.2022).

17. Лопатина, Е. Б. Межпопуляционная изменчивость и внутривидовая пластичность температурных норм развития насекомых на примере клопа-солдатика, *Pyrrhocoris apterus* L. (Heteroptera: Pyrrhocoridae) / Е. Б. Лопатина, Д. А. Кучеров. – Текст : электронный // Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах (XI Чтения памяти О.А. Катаева) / Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Санкт-Петербург, 24–27 ноября 2020 г. – 2020. – С. 201-203. – URL: <https://spbftu.ru/wp-content/uploads/2020/10/Kataev-Readings-XI-2020.pdf> (дата обращения : 10.08.2022).
18. Нефедьев, П. С. Биоиндикация окружающей среды города Барнаула по характеру меланизированного рисунка переднеспинки клопа-солдатика / П. С. Нефедьев, А. В. Зубченко. – Текст : электронный // Acta Biologica Sibirica. – 2016. – Т. 2. – № 2. – С. 25-45. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bioindikatsiya-okruzhayushey-sredy-goroda-barnaula-po-harakteru-melanizirovannogo-risunka-perednespinky-klopa-soldatika/viewer> (дата обращения : 20.08.2022).
19. Паутова, Н. Г. Оценка полиморфизма рисунка надкрылий и переднеспинки колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say, обитающего в Тюменской области / Н. Г. Паутова, И. В. Пак. – Текст : электронный // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2008. – № 8. – С. 104-107. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-polimorfizma-risunka-nadkryliy-i-perednespinky-koloradskogo-zhuka-leptinotarsa-decemlineata-say-obitayuschego-v-tyumenskoy/viewer> (дата обращения : 20.08.2022).
20. Попов, А. А. Фенетический анализ на примере фенотипов колорадского жука / А. А. Попов. – Текст : электронный // Научное обозрение: электронный журнал. – 2019. – № 4. – С. 1-7. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/feneticheskiy-analiz-na-primere-fenov-koloradskogo-zhuka/viewer> (дата обращения : 20.08.2022).
21. Удалов, М. Б. Изменения уровня полиморфизма в популяциях колорадского жука на Южном Урале / М. Б. Удалов, Г. В. Беньковская. – Текст : электронный // Экологическая генетика. – 2010. – Т. – 8. – № 3. – С. 61-65. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmeneniya-urovnya-polimorfizma-v-populyatsiyah-koloradskogo-zhuka-na-yuzhnom-urale/viewer> (дата обращения : 19.08.2022).
22. Фасулати, С. Р. Изменчивость биологических показателей развития колорадского жука при оценке устойчивости пасленовых культур к вредителю в различных экологических условиях / С. Р. Фасулати, О. В. Иванова. – Текст : электронный // Вестник защиты растений. – 2018. – № 3 (97). – С. 43-48. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmenchivost-biologicheskikh-pokazateley-razvitiya->

- koloradskogo-zhuka-pri-otsenke-ustoychivosti-paslenovyh-kultur-k-vreditelyu-v/viewer (дата обращения : 19.08.2022).
23. Фисечко, Р. Н. Особенности биологии сибирской популяции колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata say*) в условиях лесостепи Приобья / Р. Н. Фисечко. – Текст : электронный // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – 2014. – № 5. – С. 17-21. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-biologii-sibirskoy-populyatsii-koloradskogo-zhuka-leptinotarsa-decemlineata-say-v-usloviyah-lesostepi-priobya/viewer> (дата обращения : 12.08.2022).
24. Хорольская, Е. Н. Изучение индивидуальной изменчивости *Pyrrhocoris apterus* в природных популяциях г. Сумы и г. Белгорода / Е. Н. Хорольская, И. В. Батлуцкая. – Текст : электронный // Научные ведомости БелГУ. – 2008. – № 3 (43). – С. 12-17. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-individualnoy-izmenchivosti-pyrrhocoris-apterus-v-prirodnyh-populyatsiyah-g-sumy-i-g-belgoroda/viewer> (дата обращения : 18.08.2022).
25. Хорольская, Е. Н. Оценка биоиндикационной значимости изменчивости элементов меланизированного рисунка покрова клопа-солдатика / Е. Н. Хорольская, И. В. Батлуцкая. – Текст : электронный // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 3 (54). – С. 88-93. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-bioindikatsionnoy-znachimosti-izmenchivosti-elementov-melanizirovannogo-risunka-pokrova-klopa-soldatika/viewer> (дата обращения : 18.08.2022).
26. Шляхтин, Г. В. Биологический мониторинг вокруг крупных техногенных объектов г. Саратова / Г. В. Шляхтин, Т. В. Перевозникова, С. Г. Дмитриев. – Текст : электронный // Известия Саратовского университета. – 2014. – Т. 14. – № 4. – С. 96-104. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biologicheskii-monitoring-vokrug-krupnyh-tehnogennyh-obektov-g-saratova/viewer> (дата обращения : 18.08.2022).

Приложение
Приложение 1

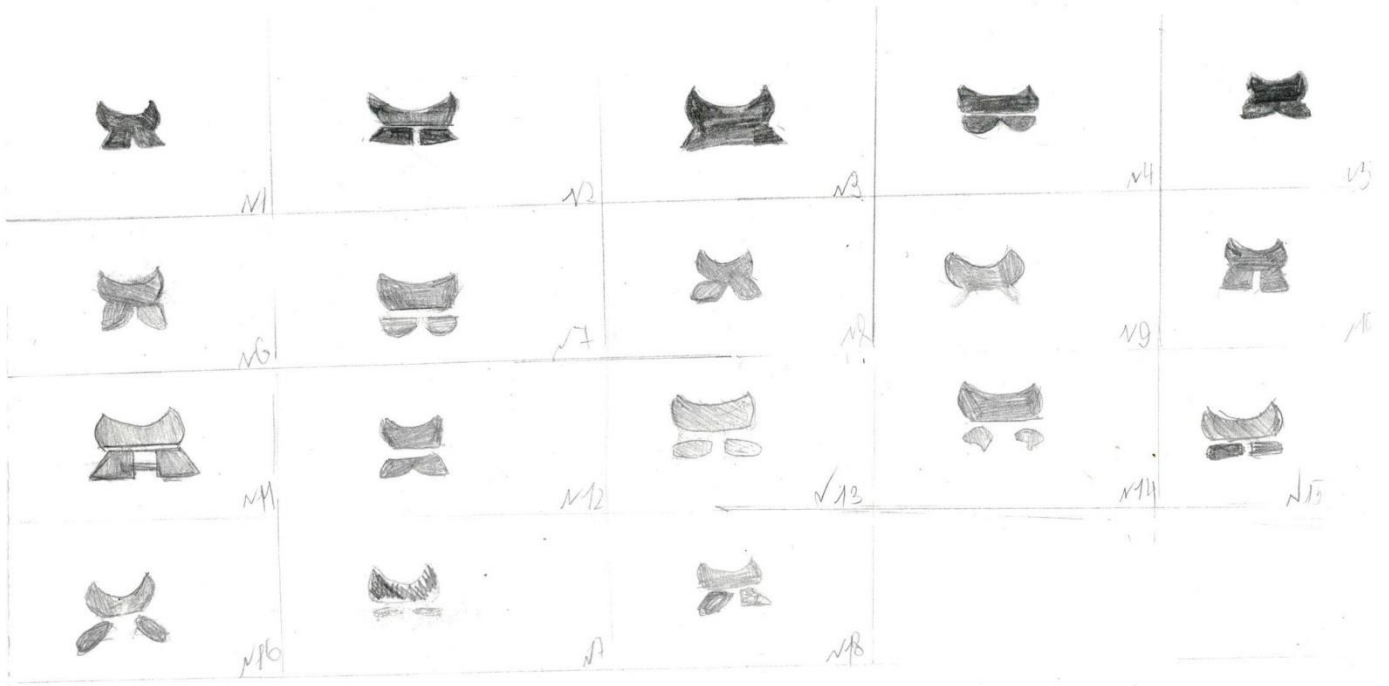


Рис. 1 Морфы П-пятна переднеспинки клопа-солдатика



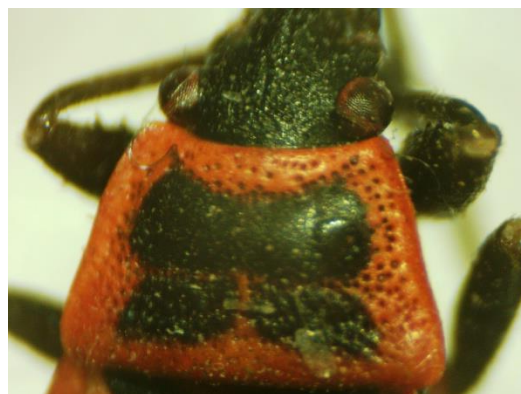
Рис. 2 Морфы А-пятна надкрыльев клопа-солдатика



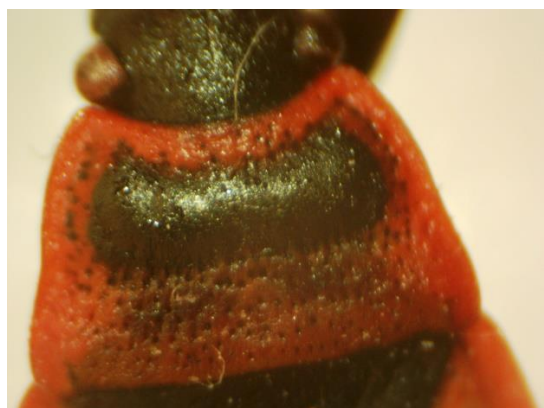
Рис. 3 Морфы В-пятна надкрыльев клопа-солдатика



П1



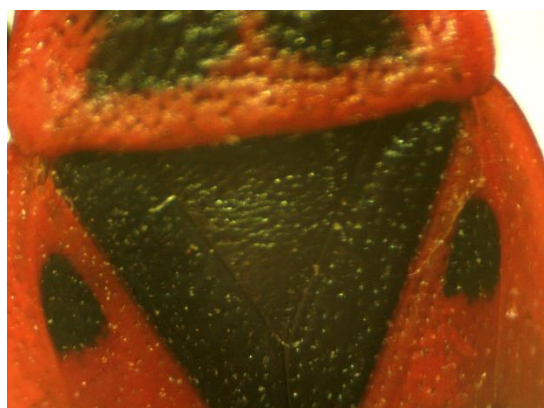
П11



П17



П18



А6



В9

Рис. 4 Морфы переднеспинки и надкрыльев клопа-солдатика

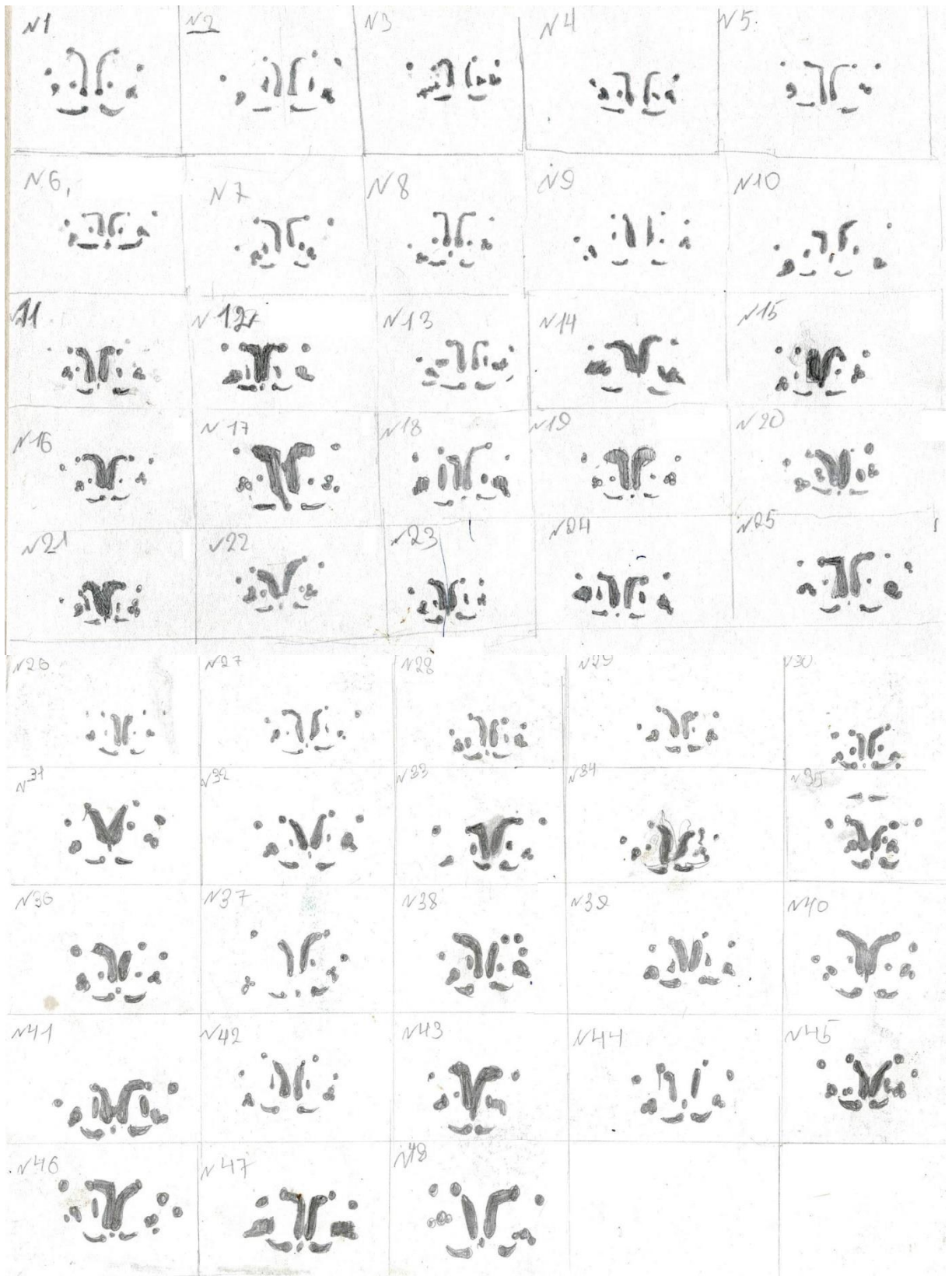


Рис. 5 Морфы переднеспинки и надкрыльев клопа-солдатика



1



2



3



4



5



6



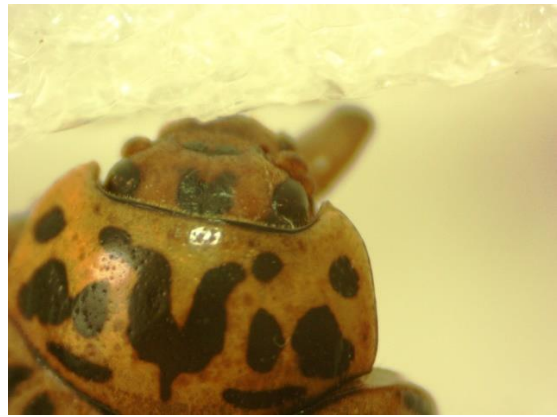
7



8



9



10



11



12



13

Рис. 6 Морфы переднеспинки колорадского жука