МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ И БИОЛОГИИ
КАФЕДРА ЗООЛОГИИ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГИСТОЛОГИИ

Специальность: 020203 – зоология

Специализация: зоология беспозвоночных

Полиморфизм окраски клопов-солдатиков популяций окрестностей Казани

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА
СТУДЕНТА V КУРСА

Пирогова Артема Дмитриевича

Научный руководитель
Кандидат биологических наук, доцент
«18» апреля 2013 г. _____(Р.М.Зелеев)

Заведующий кафедрой
кандидат биологических наук, доцент
«19» апреля 2013 г. _____(Р.М.Сабиров)

Содержание

		стр.
1	Введение …….	2
2	Литературный обзор ……	3
	2.1. Краткая характеристика Pyrrhocoris apterus ……..	6
	2.2. Феномен полиморфизма ……..	7
	2.3. Динамика полиморфной популяции во времени ……...	11
	2.4. Полиморфизм клопа-солдатика ……	12
	2.5. Оценка загрязнения районов г. Казани и окрестностей ……..	14
	2.6. Асимметрия рисунка покровов клопа-солдатика …….	17
3	Материалы и методы ……..	20
	3.1. Места и методы сбора материала …….	20
	3.2. Методика фенетических исследований ……...	23
	3.3. Оценка площади пятен рисунка покровов …….	27
4	Результаты и обсуждение …….	30
	4.1. Оценка полиморфизма популяций клопа-солдатика по результатам сборов 2012 года ……	30
	4.2. Оценка полиморфизма популяций клопа-солдатика в 2010, 2011 и 2012 годах ……..	40
	4.3. Определение площади пятен рисунка покровов для уточнения индикационного значения отдельных морф ……..	43
5	Заключение ……..	48
6	Выводы …….	50
7	Список литературы	51

1. Введение.

В наше время биоиндикация внешних по отношению к естественным экосистемам антропогенных воздействий представляет собой важную задачу прикладной экологии. Однако до настоящего времени не разработана единая система нормативных показателей, пригодная для быстрой и адекватной оценки степени антропогенного влияния на среду обитания живых организмов. Такие трудности обусловлены тем, что совместное воздействие комплекса разнообразных факторов формирует отклик биологических систем, который нельзя предвидеть исходя только из информации об эффектах раздельного действия агентов на экосистемы.

Принцип нормирования загрязнителей, основанный на их предельно допустимых концентрациях, приводит либо к недооценке, либо к переоценке возможных последствий повышения техногенной нагрузки на природные популяции и адекватен лишь при аддитивном взаимодействии факторов. Поэтому всё большее признание и распространение получает биоиндикация, часто представляющая собой единственную возможность получения информации о влиянии параметров среды на природные популяции. Это наиболее обоснованный подход, предполагающий учет отклика реальной популяции на многокомпонентную нагрузку.

Изменение индикационного признака особей в популяциях может происходить по двум основным причинам: во-первых, в результате детерминированного внешним воздействием отклонения признака от нормы, во-вторых, в результате действия совокупности случайных, принципиально не формализуемых причин. Основной задачей биоиндикации является объективное разделение этих причин отклонений индикационного признака от нормы. В настоящее время разработаны методы, позволяющие решить эту задачу (Алексеев, 1997). При организации мониторинга на популяционном уровне в качестве главной задачи встаёт оценка состояния природных популяций разных видов. Для этого могут быть применены различные

подходы. Наиболее известные и широко применяемые в настоящее время это экологические и генетические подходы. Но при этом результат антропогенного воздействия нередко оценивается по наличию необратимого эффекта. С развитием природоохранных мероприятий в качестве наиболее важной задачи встаёт обнаружение последствий менее значительных воздействий на природные популяции, что предполагает использование подходов, позволяющих выявлять последствия даже незначительных отклонений параметров среды от фонового состояния, которые ещё не сказываются на жизнеспособности организмов. Среди них наиболее доступен и информативен фенетический подход, основанный на выявлении отдельных фенов в природных популяциях и определении качества среды по их соотношению, имеющему индикационное значение (Яблоков, 1980). В качестве критериев в фенетическом подходе используется соотношение в отдельных популяциях процента встречаемости отдельных дискретных фенов. В качестве контроля обычно используются фенетические данные популяций из заведомо «чистых» районов. Степень отклонения от этих значений у других исследуемых популяций указывает на неблагополучие среды их обитания. Один из ключевых параметров, используемых в фенетике животных – степень меланизма. В соответствии с правилом (Глоджера Реймерс, 1990), наиболее выражен меланизм у популяций, испытывающих дефицит солнечной энергии и других необходимых условий. Важным индикационным признаком является также степень асимметрии рисунка покровов и/или процент асимметричных особей (Захаров, 1987). В качестве объектов биоиндикации с применением фенетических методов удобно использовать массовые виды насекомых, имеющих хорошо выраженный рисунок покровов с широким спектром изменчивости в пределах популяции. Одним из перспективных объектов фенетических исследований, отвечающий указанным критериям, считается клоп-солдатик (Батлуцкая, 2003).

В работе этого автора дается подробная методика определения морф переднеспинки и надкрылий клопа солдатика, а также приводится перечень

описаний этих морф с рисунками. Исходя из результатов, полученных Г.Р. Ахметшиной на клопе солдатике и С.А. Пылаевым на колорадском жуке, у разных особей, возможно, что одна и та же морфа рисунка может существенно отличаться по площади пятна. Поэтому различия этих особей в расселительной и репродуктивной активности необходимо учитывать при наблюдении за отдельными популяциями исследуемых видов насекомых.

Оценка площади пятна является технически сложной задачей, но благодаря приобретению на кафедре микроскопа Carl Zeiss Axio Imager A2, появилась возможность оценки этого параметра с достаточной точностью. В данной работе предпринята попытка отработки новых приемов выполнения этой задачи. В процессе работы над данным разделом мы многократно пользовались консультациями и технической помощью сотрудника нашей кафедры, Евтюгина Владимира Геннадьевича, за что выражаем ему искреннюю благодарность.

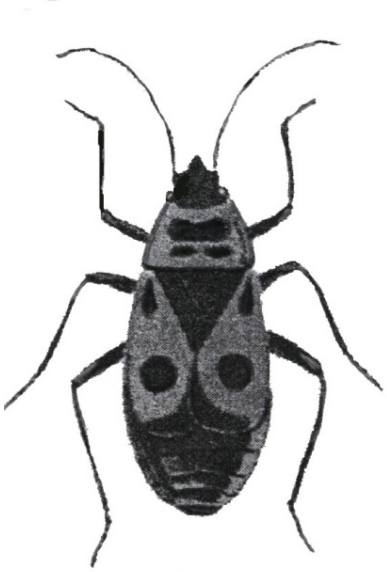
Цель данной работы - продолжить изучение полиморфизма красноклопа Pyrrhocoris apterus в окрестностях Казани для биоиндикации.

Нами поставлены следующие **задачи**:

1. собрать материал в изолированных популяциях, отличающихся по природным условиям и степени антропогенного загрязнения;
2. определить распространённость отдельных морф рисунка покровов в исследованных популяциях;
3. проанализировать полученные результаты и оценить индикационное значение отдельных фенетических признаков.
4. провести сравнение результатов многолетних сборов в точках, где такие наблюдения проводились.
5. Освоить методику определения площади пятен рисунка покровов клопа-солдатика при помощи микроскопа Carl Zeiss Axio Imager A2 и программы AxioVision Rel. 4.8.

2. Литературный обзор

2.1 Краткая характеристика *Pyrrhocoris apterus*



Красноклоп бескрылый (*Pyrrhocoris apterus. Linnaeus, 1758*.) клоп семейства *Pyrrhocoridae,* Длина 7-12 мм (Рис. 1). Распространён на Юге Европы, в Юго-Западной Азии, Северной Америке, в бывшем СССР - в средней полосе и на Юге Европейской части, в Закавказье, Средней Азии, Казахстане.

Рисунок 1. Внешний вид клопа-солдатика

Клоп активен с начала апреля до конца октября. Он образует массовые скопления (ведет колониальный образ жизни), особенно ранней весной, у пней и в других теплых местах. Красноклоп, имеет предостерегающую окраску, эффект которой в скоплениях увеличивается. Питается преимущественно опавшими семенами деревьев, мертвыми насекомыми и различного рода органическими остатками, иногда высасывает сок ягод. Описаны методики разведения этого вида в лабораторных условиях с использованием различных кормовых источников (antclub.org). Зимует под листьями, у стволов и под корой деревьев. Часто встречается в населенных пунктах, претерпевая процесс синантропизации. Скопления клопа–солдатика легко обнаруживаются и идентифицируются, что позволяет в короткие сроки произвести массовые сборы.

У красноклопа бескрылого рисунок, сформировавшийся при метаморфозе, остается неизменным в течение всей жизни. Как и у большинства, насекомых каких-либо возрастных изменений рисунка и степени меланизации не происходит.

Таким образом, красноклоп является удобным объектом для изучения эколого-морфологической структуры популяций т.к. является массовым полиморфным видом, хорошо заметен, вследствие колониального образа жизни, легкодоступен для наблюдений. Его можно содержать в лаборатории и проводить эксперименты этолого-физиологического характера.

2.2. Феномен полиморфизма.

Полиморфизм (от греч. «polymorphos»- многообразный) - это индивидуальная прерывистая изменчивость организмов, у которых есть какие-то внешние наследственные признаки позволяющие выделить внутри вида дискретные группировки. Принято считать, что полиморфизм является обязательной характеристикой любой природной популяции.

Первоначально термином «полиморфизм» обозначали любую прерывистую изменчивость внутри вида (например, касты общественных насекомых, сезонные морфы, возрастные различия в окраске, половой диморфизм и др.). Сегодня эти различия обозначают как «полифенизм», а полиморфизм трактуют строго в генетическом смысле. Этот термин следует также отличать от термина «политипический» употребляемый для обозначения сложных таксономических единиц (например, политипический вид - вид, состоящий из двух подвидов и т. д.) (Алтухов, 1997).

Явление полиморфизма изучает генетика популяций. Она использует математические модели, которые могут быть адекватными или неадекватными природе изучаемого объекта, но интересны в том отношении, что определенным образом позволяют планировать исследования. Кроме того, если мы наблюдаем, соответствия между природной ситуацией и моделью, то получаем возможность

количественной оценки происходящих изменений и прогнозирования их возможных последствий.

Изучение генетического полиморфизма занимает одно из центральных мест в современных микроэволюционных исследованиях. В оценке эволюционного значения этого явления за последнее время произошли значительные изменения. Раньше существование полиморфизма рассматривалось как интересное, но редкое явление. После введения в практику популяционных исследований метода электрофореза стало ясно, что высокая степень полиморфности – это универсальное свойство популяций (Новожёнов, 1980; Басов, 1996; Фасулати, 1985)

Обнаружение этого факта послужило основой для дискуссий об адаптивности полиморфизма, нейтральном характере эволюционного процесса и т.д. Решение этой проблемы возможно только при многоплановом изучении полиморфизма: анализе функциональных различий между формами, механизмов поддержания полиморфизма и факторов, обеспечивающих сдвиг полиморфного баланса в популяциях, пространственной и временной изменчивости и т. д. (Алтухов, 1995).

Создатель концепции генетического полиморфизма английский генетик Э.Форд определил это явление как «наличие в одном и том же местообитании двух или более дискретно отличающихся внутривидовых форм в таких количественных соотношениях, что самая редкая из них не может поддерживаться лишь давлением повторяющихся мутаций» (Новожёнов, 1971). Сегодня это определение не считается полностью удовлетворительным.

Во-первых, между полиморфизмом и мутационной изменчивостью нет принципиальных различий. Полиморфизм возникает благодаря закреплению в популяции генных, хромосомных и геномных мутаций. Отсюда полиморфизм может быть аллельным, хромосомным (инверсионный полиморфизм) и геномным (у некоторых двукрылых). При наличии в популяции достаточно широкой шкалы изменчивости

невозможно найти грань, которая бы разделяла повторные мутации от полиморфных признаков. И те, и другие встречаются с определенной частотой, характерной для популяции, и различия между ними подчас чисто условны (Новожёнов, 1971).

Во-вторых, нет резких различий между полиморфизмом и непрерывной изменчивостью, особенно в популяциях насекомых. При достаточных выборках помимо основных морф, характерных для популяции, встречаются и промежуточные варианты, которые создают шкалу непрерывной изменчивости. Характерно, что при непрерывной изменчивости во многих популяциях вида преобладает одна типичная морфа и несколько сопутствующих ей, как это наблюдается при полиморфизме. Как полиморфизм, так и непрерывная изменчивость обладают стабильностью (для каждой популяции характерен свой спектр частоты и набора морф). Таким образом, для полиморфизма характерны: популяционная специфичность, стабильность и адаптивность. Это характеризует популяцию как коадаптивную генетическую систему.

Между полиморфизмом и непрерывной изменчивостью нет резких различий. Обе формы изменчивости играют равноценную роль в формообразовании. Разница заключается в том, сколько генов контролируют признак. Если признак контролируется отдельными основными генами, то отбор приводит к полиморфизму, если же многими генами с небольшим аддитивным эффектом, то это вызовет непрерывную изменчивость с преобладанием промежуточных форм между крайними вариантами (Новожёнов, 1980).

Наконец, следует учитывать, что полиморфизм – категория внутрипопуляционная. Несколько сходных между собой по фенооблику популяций образуют расу или подвид. Виды, состоящие из нескольких рас или подвидов, называют политипическими. Полиморфной же можно назвать только популяцию, если она состоит из особей двух или более

морфологических типов. В пределах вида могут быть как мономорфные, так и полиморфные популяции (Новоженов, 1979).

Изучение изменчивости в разных частях ареала у ряда видов насекомых позволяет считать полиморфизм одним из возможных путей видообразования. Внутривидовой дифференциации чаще всего подвергаются краевые полуизолированные или изолированные популяции со специфической системой полиморфизма, отличной от таковой в центральных популяциях вида. (Новожёнов, 1979) рассматривает три возможных пути видообразования через полиморфизм: хромосомные перестройки, отбор в пользу адаптивного гена и ассортативное скрещивание в полиморфной популяции (Новожёнов, 1979).

Механизм поддержания полиморфизма осуществляется за счёт адаптивного преимущества гетерозигот, однако, нередки случаи, когда при неполном доминировании каждая из форм лучше приспособлена к специфическим микроусловиям среды, занимаемым популяцией. Таким образом, индивидуальные различия между организмами контролируются аллельными генами, поэтому Алтухов даёт следующее определение полиморфизма, подразумевая под ним «наличие в популяции двух или более аллелей одного локуса встречаемых с ощутимой частотой» (Алтухов, 1995). Идея о стабилизирующем отборе и гетерозиготном балансе в популяциях опиралась на результаты анализов внутрипопуляционной гетерогенности по полиморфным признакам. Теория сбалансированного, или гетерозиготного полиморфизма позволила распространить ведущую роль отбора на сохранение равновесия в популяции полиморфных видов с изменчивостью качественных признаков. Исследование полиморфизма на конкретных природных популяциях разных видов показало, что полиморфизм в пределах видов проявляется в упорядоченном виде и обуславливает устойчивое своеобразие каждой популяции. По наличию сходства

полиморфного состава можно выделять границы популяции (Береговой, 1977; Фасулати, 1985)

Для полиморфизма характерна не внешняя сторона фенотипического проявления различий (прерывистые или непрерывные переходы между морфами, видимые внешние признаки или скрытые от глаз) а их регулярность и постоянство в популяции. Это та часть генетического разнообразия, которая сформировалась и вошла в стабильной форме в генофонд вида и отражает наследственную специфику популяции. Стабильный полиморфизм популяции поддерживается селективным преимуществом гетерозигот вследствие сверхдоминирования. Преимущество гетерозигот не специфично и проявляется разносторонне в условиях разнообразного отклонения среды от оптимума. Гетерозиготы более гомеостатичны и менее вариабельны морфологически. Преимущество гомозигот носит более узкий и специализированный характер. От них зависит уровень равновесия полиморфной системы и сдвиги его в пользу того или иного фенотипа колеблющейся среды. Поэтому селективная ценность аллелей и фенотипов, слагающих полиморфизм, определяется специфическим значением в гомозиготе. Это одна из главных причин высокой насыщенности диких популяций генами, дающими дефективные фенотипы в выщепляющихся гомозиготах при искусственном разведении. Отсюда - еще одно определение полиморфизма: «Полиморфизм это такая наследственная изменчивость, которая связана с эволюционно сложившейся интегрированной гетерогенной системой популяции и позволяет их описывать по частотам и комбинациям признаков, генов и комплексов» (Береговой, 1977).

2.3. Динамика полиморфной популяции во времени

Гипотеза жёсткого и гибкого полиморфизма констатирует о наличие стабильности или изменчивости в структуре популяции, что связывается

с эволюционной пластичностью на разном генетическом фоне. Согласно концепции полифункциональности и пластичности полиморфизма (Сергиевский, 1985) сходный генетико-эволюционный эффект может быть вызван действием разных селективных факторов. Вследствие разной эволюционной пластичности полиморфизма, обусловленного влиянием генетического фона в популяции, сходное действие селективных факторов на разные популяции вида может приводить к разным результатам (Сергиевский, 1985).

Классическим примером переходного полиморфизма является так называемый индустриальный меланизм, обнаруженный в Англии, где с середины позапрошлого века до середины прошлого более 70 видов бабочек изменили окраску со светлой на темную. Аналогичное явление обнаружено во многих районах континентальной Европы, а также в Канаде и США. С изменением условий, вызванных очисткой среды, наблюдался обратный процесс просветления популяций. Еще более убедительны примеры стабильности полиморфизма, наиболее яркие из них описаны на наземных моллюсках во Франции, частота и набор форм которых не изменялись с плейстоцена. Стабильность обнаруживается как в отношении генного, так и хромосомного полиморфизма. Новоженов (1989) отказывается от разделения полиморфизма на стабильный – переходный и жесткий-гибкий и рассматривает его как динамичный в пространстве и времени. Причина этой динамики можно разделить на два типа: внутренние - популяционные и внешние - средовые.

2.4. Полиморфизм клопа-солдатика

Изучение полиморфизма у клопа–солдатика в нашей стране проводили Н.Г. Винклер, Ю.А. Малозёмов, И.В. Батлуцкая.

Винклер Н.Г. (1975, 1976) изучал биометрические характеристики клопа-солдатика, а также изменчивость рисунка переднеспинки в разных точках ареала – в Таджикистане, Киргизии, Северном Кавказе,

Молдавии, а также в Чехии и Словакии. Он выделил 13 типов рисунка переднеспинки клопа-солдатика.

Малозёмов Ю.А. (1984) изучал полифункциональную структуру популяции клопа-солдатика в Удмуртии, вычислил коэффициент полигамии и выявил морфологические особенности репродуктивной группы, в том числе и рисунок переднеспинки (выделил 23 типа рисунка покровов). Он установил также половые различия и избирательность спаривания по некоторым признакам.

Батлуцкая И.В. (1993, 2003) исследовала связь между меланизированным рисунком переднеспинки и расположенными под ними мышечными элементами передних и задних конечностей. Она выяснила, что слияние мышечных пучков приводит к образованию сплошных пятен, а появление расстояния между смежными мышечными пучками приводит к появлению разрыва в меланизированных элементах находящихся под этими пучками. Чем дальше располагаются мышечные пучки, тем на большем расстоянии находятся меланизированные элементы рисунка. Появление новых элементов рисунка связано с отделением небольших мышечных элементов от основного пучка. Она считает, что благодаря выявленным особенностям формирования рисунка покровов, при антропогенном воздействии полужесткокрылые могут служить одним из индикаторов состояния окружающей среды.

Из сказанного следует, что выбранный нами клоп – солдатик хорошо подходит для изучения окружающей среды г. Казани и ближайших загородных участков, а также удобен для оценки индикационного значения меланинового пятна по его площади.

2.5.Оценка загрязнения районов г. Казани и окрестностей

Такой крупный промышленный и транспортный узел, как г. Казань, очевидно, является примером объекта, удобного для изучения степени антропогенного воздействия на природные экосистемы, с использованием его отдельных компонентов, например, популяции таких видов, как клоп-солдатик в качестве инструмента биоиндикации. Биоиндикация, как ранее было показано, является оперативным и недорогим методом изучения состояния окружающей среды, наиболее эффективным в сочетании с методами инструментального определения отдельных загрязняющих факторов. Известно (Бродский, 2002; Мелехова и др., 2007), что наиболее важными компонентами антропогенного загрязнения являются нефтепродукты и тяжёлые металлы, выпадающие на поверхность земли в форме пыли. Объективную оценку поступления тяжелых металлов в составе пыли из атмосферы дают исследования снежного покрова. Полученные исследователями данные свидетельствуют, что за последние 7 лет суммарный индекс загрязнения пятью элементами тяжелых металлов неуклонно возрастал, а снеговые воды города Казани характеризовались как сильно загрязненные (СИЗСп5 от 8 до 16) (Валентинов и др., 2005). Около 30% снежного покрова городской территории характеризуется опасной степенью загрязнения (суммарный показатель загрязнения (СП3) – 32 – 128). Высокие концентрации металлов (СП3 > 128) зафиксированы в снеговом покрове в центральной части города, а наиболее благоприятными (СП3 < 32) считаются восточная и северо-западная части города (Тунакова, 2006).

Территория г. Казани является очень гетерогенной по степени загрязнений разной природы и возможностям самовосстановления. Так, территории парков и скверов, являясь фрагментами природного окружения, обладают большими возможностями снижения неблагоприятного воздействия антропогенных факторов, в сравнении с участками, лишёнными

растительности. По данным литературы ситуация с озеленением в Казани далека от идеальной. Общая площадь зеленых насаждений в городе Казани составляет 9631 га, что в 2,4 раза меньше общепринятых градостроительных нормативов (55% от площади города). В связи с интенсивным ведением градостроительства, развитием уличной торговли, автостоянок, расширением проезжей части улиц площади зеленых насаждений повсеместно сокращаются (Юпина, 2005). Оценка жизненного состояния древостоя свидетельствует, что наибольший процент деревьев, произрастающих на улицах, в садах и в скверах, относится к III классу жизнеустойчивости (58% - 67% на улицах и 32% - 62% в садах и скверах). Это ослабленные деревья, с усыхающими ветвями в кроне (до 40%), некрозами, хлорозами, пораженные грибами и механическими повреждениями. 10-14% на улицах и 9-11% в садах и скверах составляют деревья IV класса жизнеустойчивости (сильно ослабленные, с усыханием кроны свыше 40-50%, пораженные грибами и механическими повреждениями).

В соответствии с интегральной оценкой экологической ситуации города, с использованием методики расчёта интенсивности техногенного воздействия на окружающую среду (показатели ресурсоёмкости, токсичности выбросов в воздушный бассейн и водоемы) показано (рис. 2), что по суммарному индексу промышленного загрязнения (ИПЗ) в Казани и Приказанье выделяется 11 критических зон и 3 зоны риска. Суммарный ИПЗ достигает максимума (изолиния 30,0) в северной части Казани, центральной части Заречья и южной части города. Изолиния 20,0 охватывает более половины территории мегаполиса, а остальная часть города расположена в пределах изолинии 10,0. Территории с минимальной антропогенной нагрузкой (изолиния 2,5) находятся за пределами городской черты: Высокогорский, Лаишевский, Пестречинский районы (Стратегия.., 2003; Мингазова и др., 2005).

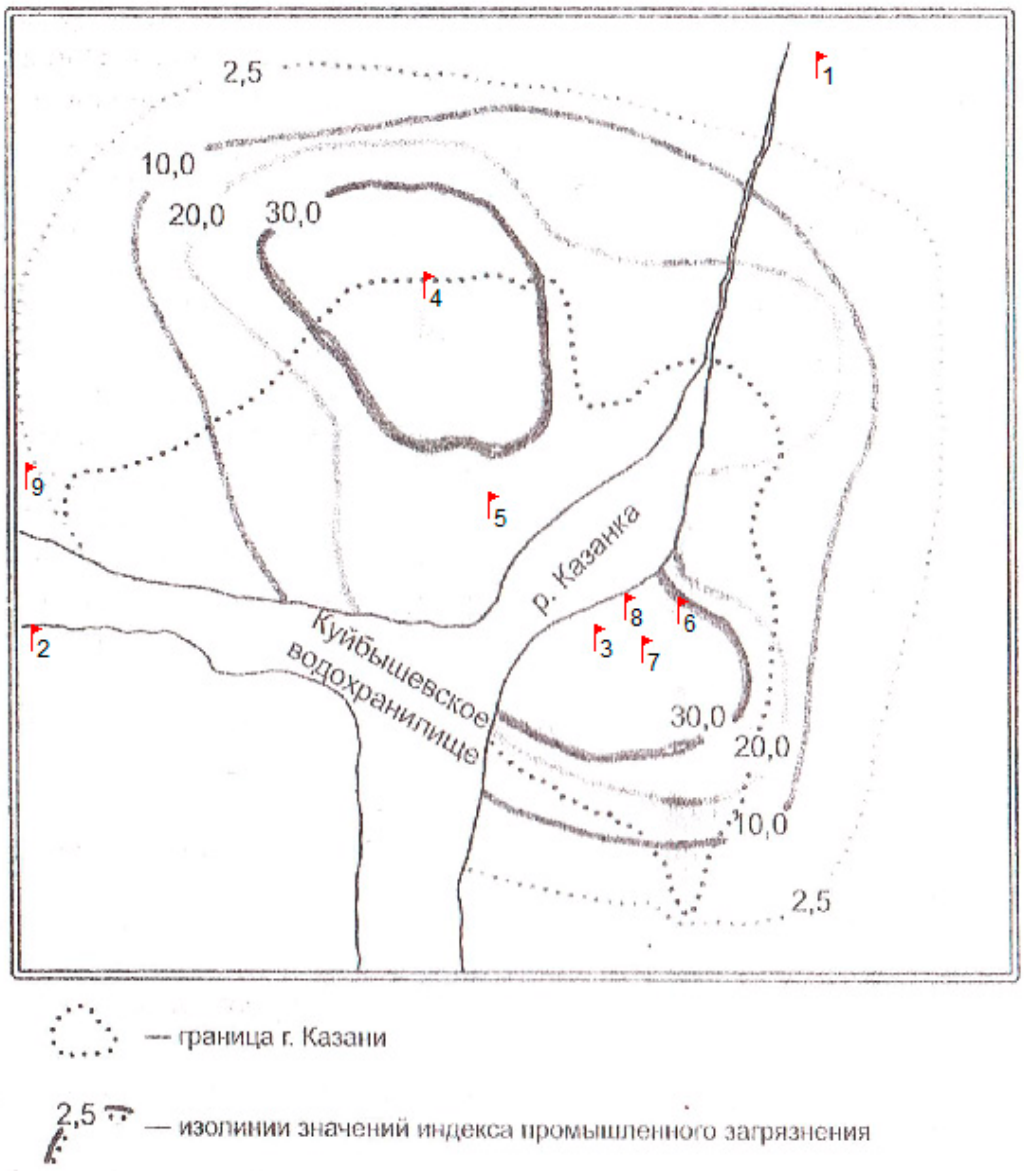


Рисунок 2. Распределение значений индекса промышленного загрязнения г. Казани и Приказанского региона (из кн.: «Стратегия развития Казани до 2015 года», 2003).

На приведённом рисунке мы указали точки, в которых проводился сбор материала по клопам-солдатикам. Эти точки отнесены к разным по степени антропогенной нагрузки зонам, о чём будет сказано в разделе «Материалы и методы».

2.6. Асимметрия рисунка покровов клопа-солдатика.

Использование частот встречаемости особей с асимметрией в меланизированном рисунке покрова насекомых приводит к обнаружению нарушения в экосистемах, вызванных трансформирующим действием антропогенных факторов на очень ранних этапах, когда в окружающей среде еще не проявились структурные преобразования. Эти изменения, как правило, представляют собой незначительные сдвиги, которые не регистрируются другими методами (Захаров, 1987).

Традиционным показателем неблагоприятной экологической обстановки анализируемых сообществ служит расширение фенетической изменчивости признаков насекомых различных биот, появление специфичных фенов. Однако увеличение частот встречаемости асимметричного проявления билатеральных признаков, как экологическая характеристика учитывается достаточно редко.

Отклонения в строении различных морфологических структур организма являются одним из важнейших показателей нарушения популяционного гомеостаза. Такие изменения характеризуют уровень стабильности индивидуального развития организма, оценка которого при энтомобиоиндикации сводится к выявлению случайной изменчивости развития билатерально симметричных признаков.

Различия между гомологичными структурами одного и того же организма, которые в норме должны быть симметричными, удовлетворяют требованию выявления последствий нарушения развития. Флуктуирующая асимметрия -наиболее распространенное и доступное для анализа внутрииндивидуальной изменчивости явление. При нарушении стабильности развития в результате антропогенного воздействия или средового стресса, величина флуктуирующей асимметрии различных, даже некоррелированных

между собой признаков, показывает согласованные изменения. Информация, полученная в отношении ограниченного набора морфологических признаков, характеризует уровень стабильности развития организма в целом. Возрастание флуктуирующей асимметрии является неспецифическим ответом на любые отклонения параметров среды от оптимальных значений, которые сходны для многих популяций вида, что открывает возможность выявления сообществ функционирующих при неоптимальных условиях, как естественной экологической периферии ареала, так и при антропогенных воздействиях. При анализе морфологических показателей стабильности развития можно выявлять различия между отдельными популяциями и следить за изменениями, происходящими в одной и той же изучаемой биоте. (https://ru.wikipedia.org/wiki/Клоп-солдатик).

Изучение и анализ стабильности развития клопа-солдатика по уровню флуктуирующей асимметрии меланизированного рисунка покрова является перспективным в качестве показателя состояния окружающей среды в системе биомониторинга.

В связи с возрастающим естественным и антропогенным воздействием на природные сообщества важнейшей задачей экологических исследований является разработка региональных систем комплексного изучения биот методами биоиндикации. В большинстве подобных исследований в качестве информативных показателей используются: видовое разнообразие определенных групп широко распространенных видов; изменчивость отдельных признаков организмов. Перспективным представляется применение флуктуирующей асимметрии морфологических признаков, характеризующейся незначительными, ненаправленными отклонениями от строгой билатеральной симметрии живых организмов. (http://heteroptera.ru/klop_soldatik)

Оценка уровня стабильности развития организмов по величине флуктуирующей асимметрии возможна при использовании одного признака,

так как информация, получаемая при анализе его изменчивости, в действительности отражает стабильность индивидуального развития в целом. Флуктуирующая асимметрия является минимальной при определенных оптимальных условиях и неспецифично возрастает при любых стрессовых воздействиях. Доступность применения показателя флуктуирующей асимметрии морфологических признаков организмов предполагает широкое использование данного значения в экологическом обследовании среды обитания (Захаров, 1987). Имеются лишь немногие работы, посвященные оценке уровня стабильности развития беспозвоночных животных методом флуктуирующей асимметрии.

Используя различные информативно значимые биоиндикационные признаки насекомых, можно обнаружить нарушения в экосистемах на очень ранних этапах, когда незначительные сдвиги не регистрируются другими методами. Изменчивость элементов меланизированного рисунка покрова клопа-солдатика представляет собой внешнее косвенное отражение стабильности процессов популяционного гомеостаза, что подтверждается аналогичным исследованием, проведенным с колорадским жуком, горчичным и итальянским клопами, клопом-солдатиком и осой германской. (http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/20d0362e-4807-4f0b-b4e6-79f323c4af98/hias.htm)

Актуальность использования стабильности развития популяций клопа-солдатика по уровню флуктуирующей асимметрии меланизированного рисунка покрова продиктована доступностью и экономичностью этого метода. По характеру проявления флуктуирующей асимметрии можно определить степень антропогенного воздействия на наземные экосистемы.

3. Материалы и методы

3.1 Места и методы сбора материала

Материал собирали в 2010, 2011 и 2012 годах в точках указанных в таблице 1, где приведены объёмы собранного материала по годам.

Таблица 1.

Объем сборов клопов солдатиков за три года.

Места взятия материала	2010	2011	2012
1. 807 км поселок КГМУ (сосновый бор)	105	140	100
2. Веденская слобода (зоостанция)	126	130	100
3. Ленинский сад	49	100	100
4. Поселок Левченко	0	100	100
5. Парк Петрова	0	100	100
6. Парк Горького	0	100	100
7. Лядской сад	0	0	100
8. Фуксовский сад	0	0	100
9. Васильево	0	0	100
Итого :	280	670	900

Указанные точки обозначены на рисунке 3 цифрами соответствующими номеру данного участка в таблице 1.

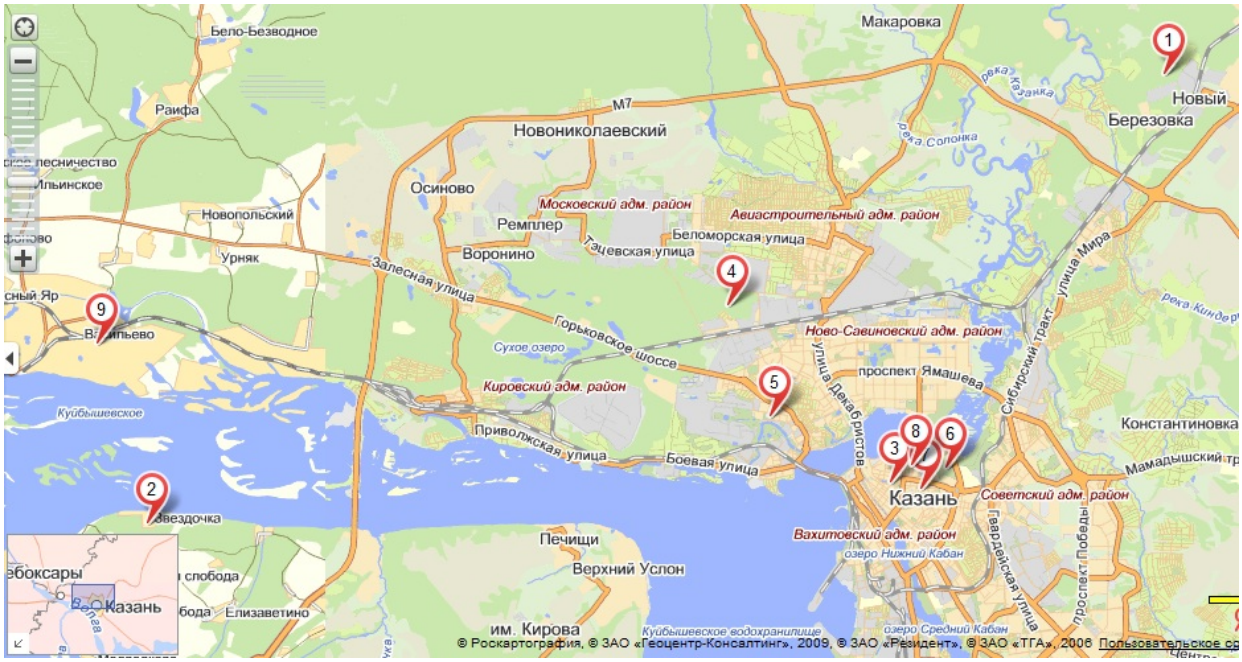


Рисунок 3. Места сбора материала.

1. 807 км поселок КГМУ (сосновый бор), 2. Зоостанция, 3. Ленинский сад, 4. Поселок Левченко, 5. Парк Петрова, 6. Парк Горького, 7. Лядской сад, 8.Фуксовский сад, 9. Дачный поселок Васильево

Приводим краткую экологическую характеристику указанных точек сбора материала, полученную глазомерной оценкой в ходе наблюдений при сборе материала.

Точка 1 (пос. Солнечный Высокогорского района РТ, о.п. 807 км) расположена в 20 км от Казани, открытое солнечное место, сборы производились далеко от воды, приблизительное расстояние до воды 1,5 – 2.

Точка 2 Зоостанция КФУ расположена в 25 км от Казани, сборы производились вблизи леса, средне освещённое место, по близости дорог не было, до воды приблизительно 100 – 200 м.

Точка 3 Ленинский сад, сборы производились в средне освещённом месте, клопы были найдены в основном на деревьях и пнях, далеко от воды, ближайший водоем (Черное озеро) 150 – 200 м. сборы производились рядом с дорогой.

Точка 4 поселок Левченко, сборы производились в средне освещённом месте, клопы были найдены в основном на деревьях, пнях и на земле, далеко от воды, приблизительное расстояние до дороги 70 – 100 м.

Точка 5 парк Петрова, сборы производились в хорошо освещённом, открытом месте, клопы были обнаружены на деревьях и на земле, далеко от воды, приблизительное расстояние до дороги 25 – 50 м.

Точка 6 парк Горького, сборы производились в средне освещённом месте, и на открытом освещенном, клопы были найдены на деревьях, пнях, на почве (тропинки), далеко от воды и от проезжих частей.

Точка 7 Лядской сад, клопы в основном собирались в тени, были найдены на деревьях, на земле и вокруг клумб, далеко от воды, приблизительное расстояние до дороги 25 – 50 м.

Точка 8 Фуксовский сад, клопы собирались как в хорошо освещённом месте, так и в приглушенном от света местах, были найдены на земле, на

асфальте и рядом с беседками, лавками, до ближайшей дороги приблизительно 50 метров, до воды приблизительно 200 – 250 метров.

Точка 9 дачный поселок Васильево, клопы собирались как в хорошо освещённом месте, так и в приглушённых от света местах, сборы производились маршрутным методом на тропинках и на открытых для транспорта дорогах, сборы были вдали от воды (1 – 1.5 км).

Исходя из классификации зон города Казани и окрестностей по степени антропогенного загрязнения (Бойко, 2011) указанные точки распределяются следующим образом: 1, 2, 9 – чистая зона, 5 – зона сильного загрязнения, 3, 4, 6, 7, 8 – зона с максимальным антропогенным загрязнением.

В соответствии с требованиями фенетического анализа (Яблоков, 1980), в каждой из указанных точек собирали не менее 100 особей клопов. Сборы производились, помимо непосредственного изъятия насекомых, также «щадящим» способом (при повторном отлове особей с ранее отмеченным рисунком, клопа отпускали, но учитывали в общем числе собранных экземпляров). Фенетический анализ имаго проводили на высушенном материале, после фиксации в морилках с помощью ацетона, который лучше эфира или хлороформа сохраняет окраску насекомых (Фасулати, 1971, 1985). Рисунок переднеспинки клопа-солдатика легко различим под лупой с 2-х кратным увеличением и даже невооруженным глазом. Для определения морф пользовались методикой Батлуцкой (2003), находя по имеющимся рисункам морфы переднеспинки и двух групп пятен надкрылий.

Полученные количественные результаты сборов представляли в форме фенограмм (лепестковых диаграмм), как это принято в подобных работах (Фасулати, 1985). В них по отдельным осям лепестковой диаграммы, которые соответствуют используемым фенам, откладывали процент встречаемости этих фенов в данной популяции. Для большей наглядности и экономии места, фенограммы отдельных популяций представляли на одном рисунке в

зависимости от указанных ранее целей сравнения. Всего было собрано 1850 особей.

3.2. Методика фенетических исследований

Описание специфики рисунков определяемых морф клопа-солдатика приведено в таблицах 2 и 3, а также на рисунках 4 и 5.

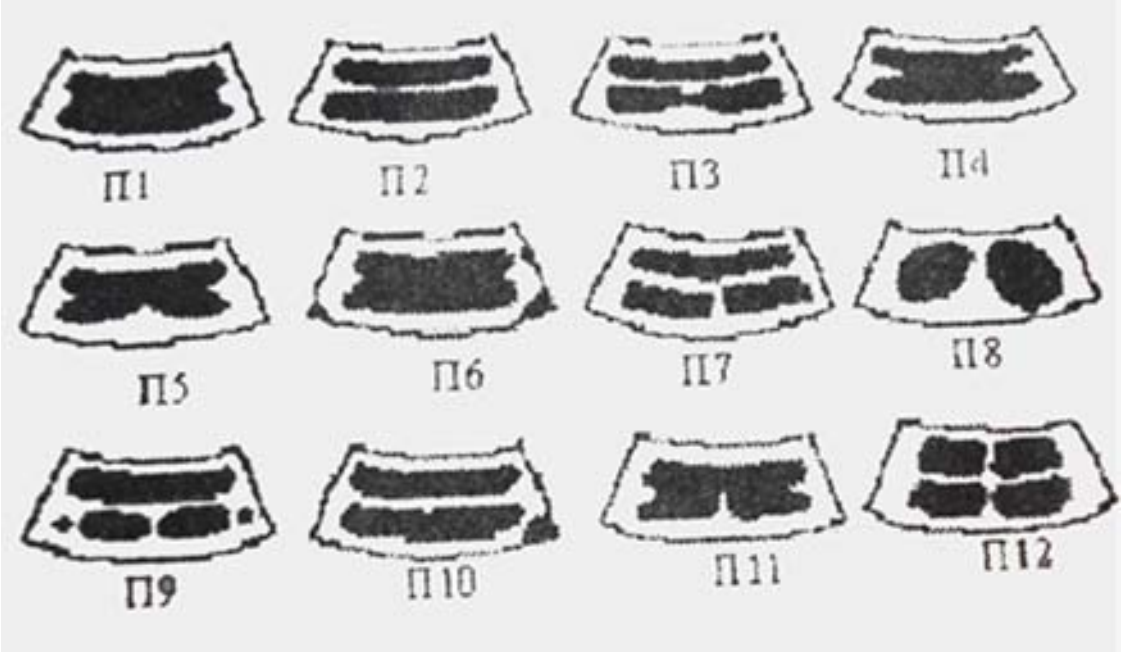


Рисунок 4. Морфы переднеспинки и надкрылий (Батлуцкая, 2003)

На основании имеющегося материала можно отметить, что морфа П1 является наиболее меланистической, и по-видимому, отражающей исходный «дикий» тип, характерный для ненарушенных местообитаний (Яблоков, 1980). На основании этого можно предположить индикационное значение данной морфы. Она характерна для благоприятных условий обитания, а морфы идущие по возрастанию порядкового числа, по видимому, отражают специфику менее благоприятных условий. С другой стороны, возрастание

степени меланизма, в соответствии с правилом Глоджера (Реймерс, 1990), является показателем неблагоприятных (например, сырых и затемнённых) условий обитания. Поэтому, об индикационном значении отдельных морф клопа-солдатика, в отличие от колорадского жука (Фасулати, 1988), можно будет судить на основе анализа наших собственных результатов.

Таблица 2.

Описание морф переднеспинки и надкрылий клопа-солдатика (Батлуцкая, 2003).

Морфа	Описание П- переднеспинка, В, А надкрыльев
П1	верхняя и нижняя меланизированные полосы плотно прилегают друг к другу, нижняя полоса сплошная
П2	Верхняя и нижняя меланизированные полосы не плотно прилегают друг к другу, нижняя полоса сплошная
П3	Верхняя и нижняя меланизированные полосы не прилегают друг к другу, на нижней полосе по центру заметно сужение
П4	верхняя и нижняя меланизированные полосы плотно прилегают друг к другу, нижняя сплошная, с левой и правой стороны есть глубокие выемки.
П5	верхняя и нижняя меланизированные полосы плотно прилегают друг к другу, нижняя разорвана посередине
П6	верхняя и нижняя меланизированные полосы плотно прилегают друг к другу, нижняя сплошная, с левой и правой стороны есть чуть заметные выемки
П7	верхняя и нижняя меланизированные полосы четко отделены друг от друга, нижняя разорвана посередине
П8	За место меланизированных полос два больших круга левый и правый
П9	верхняя и нижняя меланизированные полосы четко отделены друг от друга, нижняя разорвана посередине и с каждой стороны у нижней полосы имеются пятна
П10	верхняя и нижняя меланизированные полосы четко отделены друг от друга
П11	верхняя и нижняя меланизированные полосы плотно прилегают друг к другу, нижняя разорвана посередине, разрыв маленький
П12	верхняя и нижняя меланизированные полосы четко отделены друг от друга и верхняя и нижняя полосы с разрывом по середине

Собранный И.В. Батлуцкой материал Белгородской области требует адаптации к условиям Республики Татарстан, находящейся в

существенно более северо-восточных и поэтому более холодных и контрастных условиях. Поэтому характеристики и особенно спектры встречаемости отдельных морф необходимо учитывать при анализе приказанских популяций клопа-солдатика.

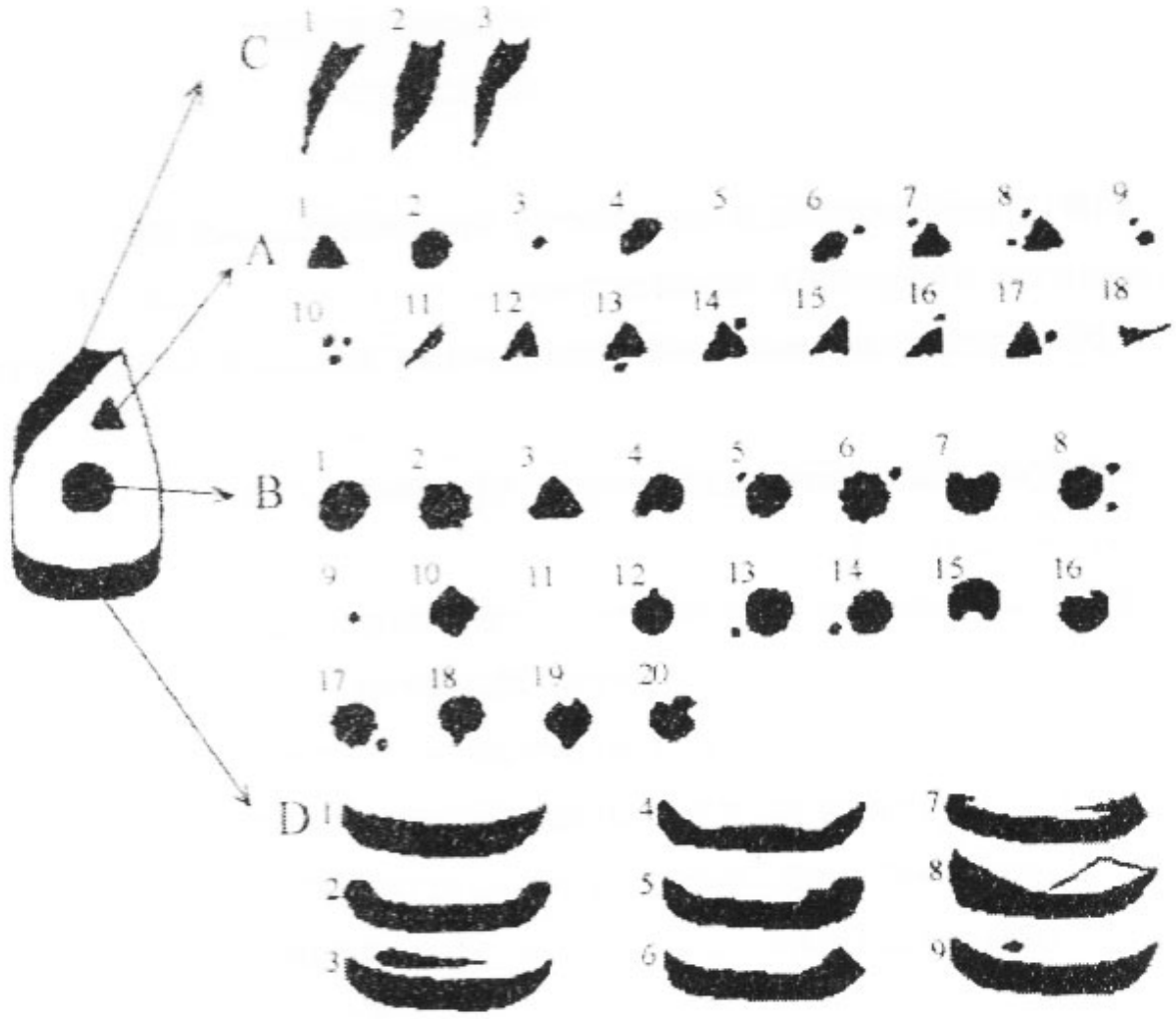


Рисунок 5. Рисунки надкрылий клопов-солдатиков (Батлуцкая, 2003)

Наш собственный опыт работы с фенетикой клопа-солдатика в 2010-11 годах указывает на различия в удобстве пользования отдельными признаками рисунка надкрылий. Наиболее легко дифференцируются различия в морфах пятен A и B, в то время как пятна C и D различаются не столь надёжно. В разнообразии вариантов пятен A и B также угадывается градиент меланизации от наиболее тёмных (A1, A2, B1, B2) – до вариантов полного исчезновения окраски (A5, B11). Учитывая упомянутое правило Глоджера (Реймерс, 1990), можно сделать определённые выводы об индикационном значении отдельных морф, но в отличие от морф

переднеспинки, морфы пятен на надкрыльях не столь однозначно определяют функциональные возможности клопов, поскольку эти пятна не связаны с мышцами, и, скорее всего, имеют значение предостерегающей окраски, или внутривидовой коммуникации. Это обстоятельство требует ещё в большей степени, чем на переднеспинке, учёта результатов собственного анализа, основанного на сопоставлении частот встречаемости отдельных морф ф разных по степени антропогенной нагрузки участках.

Таблица 3.

Описание признаков отдельных морф рисунка покровов клопа-солдатика (Батлуцкая, 2003)

Пятно А надкрылий	
A1	Пятно треугольной формы
A2	Округлое пятно правильной формы небольшого размера
A3	Точечное пятно
A4	Округлое пятно неправильной формы небольшого размера
A5	Отсутствие меланизированного пятна
A6	Два пятна: одно небольшое правильной округлой формы и второе точечное слева сверху
A7	Два пятна: одно небольшое треугольной формы и второе точечное слева сверху
A8	Три пятна: одно небольшое треугольное и два точечных слева у вершины основания
A9	Два точечных неодинаковых пятна по размеру пятна
A10	Три точечных пятна
A11	Пятно в виде вытянутой полосы, которая равномерно утолщается справа налево и снизу вверх
A12	Пятно треугольной формы с рассечением снизу
A13	Два пятна: одно небольшое треугольной формы, другое точечное внизу
A14	Два пятна: одно небольшое треугольной формы, другое точечное справа у вершины
A15	Пятно треугольной формы с неровным основанием
A16	Два пятна сложный элемент, одно треугольной формы с неровным основанием, второе – точечное на вершине
A17	Два пятна: одно треугольной формы, второе, точечное справа у основания
A18	Горизонтальная меланизированная полоса, утолщающаяся справа налево в виде треугольника
Пятно В надкрылий	
B1	Пятно правильной формы больших размеров

B2	Пятно неправильной формы большого размера с выростами по всей окружности
B3	Пятно неправильной формы (вытянутый треугольник) большого размера
B4	Простой элемент – пятно неправильной формы, вытянуто слева
B5	Два пятна: одно правильной округлой формы, второе точечное слева сверху
B6	Два пятна: одно неправильной округлой формы, второе точечное справа сверху
B7	Пятно неправильной формы большого размера с углублением в верхней части
B8	Три пятна: одно правильной округлой формы и два точечных справа
B9	Точечное пятно
B10	Пятно в виде ромба
B11	Отсутствие меланизированного пятна
B12	Округлое пятно правильной формы с небольшим выростом вверх
B13	Два пятна: одно правильной округлой формы, второе точечное слева внизу
B14	Два пятна: одно округлое неправильной формы, второе точечное слева снизу
B15	Пятно правильной округлой формы с выемкой снизу
B16	Пятно округлой формы в виде перевернутой запятой
B17	Два пятна: одно неправильной округлой формы с выростами, второе точечное справа внизу
B18	Округлое пятно правильной формы с небольшим выростом вниз
B19	Пятно в виде ромба с округлой выемкой на вершине
B20	Округлое пятно с двумя выемками: вверху и слева

3.3 Оценка площади пятен рисунка покровов.

Указанные выше трудности в определении индикационной значимости отдельных морф рисунка покровов клопа-солдатика вызывают

необходимость поиска других критериев, основанных не на качественных (форма пятна), а количественных (площадь пятна) показателях.

Ранее такая работа на нашей кафедре проводилась либо глазомерной оценкой (пятно больше-меньше) на клопах-солдатиках Г.Р. Ахметшиной в 2004 году. Другой, более строгий количественный подход был опробован С.А Пылаевым в 2011 году на колорадском жуке. Оценка размера пятна на покровах производилась на основе изображения, полученного при сканировании на стандартном сканере Epson perfection 2480 при разрешении 1200p, так как это наиболее доступное на данной модели сканера разрешение, при котором возможно сканирование на всей его рабочей поверхности. Затем полученное изображение обрабатывалось в программе CorelDRAW X3: При необходимости усиливалась интенсивность и контрастность изображений, после чего выделялись контуры меланиновых пятен с помощью инструмента «ломаная линия», и определялись площади этих пятен с помощью макроса SanM_Curveinfo.gms. Недостатком такой методики, помимо технических трудностей в подборе угла экспозиции для сканирования, является недостаточная точность определения площади пятна в рамках используемой компьютерной программы.

С появлением в нашем распоряжении более надёжного и точного оборудования (помощи микроскопа Carl Zeiss Axio Imager A2), появилась возможность отработки методики определения площади меланиновых пятен с использованием адаптированных к микроскопу программ Photoshop CS4 Portable, Paint и AxioVision Rel. 4.8.

Порядок работы: собранный материал фиксировался в хлороформе, ацетоне, затем выборочно интересующие нас особи выкладывали на предметное стекло и делали фотографии при помощи микроскопа Carl Zeiss Axio Imager A2, на каждого клопа солдатика приходилось делать по четыре фотографии, чтобы можно было охватить полностью переднеспинку и надкрылья. Далее полученные фотографии соединялись в одну при помощи

программ: Photoshop CS4 Portable и Paint для получения цельной фотографии переднеспинки и надкрылия. Полученную цельную фотографию обрабатывали программой AxioVision Rel. 4.8, при обработке была возможность изменения контраста и тона. Затем обводились контуры морфы клопа солдатика специальной мерной линией, объём выдавался в пикселях, которые переводились в квадратные миллиметры. Всего было обработано 5 клопов с морфой П1, с П5 - 25 клопов, с П11 - 30 клопов. Такой объём обработанного материала был обусловлен следующими обстоятельствами. Во-первых, наиболее надёжными и легко диагностируемыми фенетическими признаками оказались морфы переднеспинки, число вариантов которых было минимальным (3 морфы). Во-вторых, на этом примере, как модели можно было рассмотреть как возможность «наложения» размеров пятен этих морф, так и различия в размерах одной и той же морфы в пределах одной или нескольких точек сбора материала.

Таким образом, запланированная нами работа должна позволить уточнить индикационную значимость отдельных морф и дать заключение об их удобстве использования на практике.

Полученные количественные данные обрабатывались с использованием стандартного пакета программ Excell 2007 Microsoft office.

4. Результаты и обсуждения.

4.1. Оценка полиморфизма популяций клопа-солдатика по результатам сборов 2012 года

В 2012 году при сборах и определении морф клопов были найдены следующие морфы надкрылий: А1, А2, А3, А4, А5, А6, А11, А12, А15; В1, В2, В7, В10, В12, В18, В19. А также морфы переднеспинки: П1, П5, П11.

Сравнение рисунка морф, найденных нами со всем разнообразием морф, указанных Батлуцкой И.В. (2003) позволяет сделать вывод о большей (в целом) меланизированности найденного нами набора морф. Это может говорить либо о недостаточной изученности приказанских популяций (и в дальнейшем следует ожидать находок более «светлых» морф), либо об адаптивном характере меланизма, который возрастает при более холодных и сырых условиях. Последнее предположение подтверждается тем, что сборы И.В. Батлуцкой были сделаны в более южных и западных условиях Белгородской области.

В целом по собранному материалу найденные морфы распределены относительно равномерно, но выявлены существенные различия в их обилии при сравнении отдельных мест сбора.

Таблица 4.1 частота встречаемости морф переднеспинки в точках 1, 2, 9.

	807 км поселок КГМУ (сосновый бор)	Веденская слобода (зоостанция)	Дачный поселок Васильево
П 1	25%	24%	27%
П 5	50%	50%	50%
П 11	25%	26%	23%

Таблица 4.2 частота встречаемости морф переднеспинки в точках 4, 5, 6.

	Поселок Левченко	Парк Петрова	Парк Горького
П 1	25%	19%	22%
П 5	39%	57%	68%

П 11	36%	24%	10%

Таблица 4.3 частота встречаемости морф переднеспинки в точках 3, 7, 8.

	Ленинский сад	Лядской сад	Фуксовский сад
П 1	30%	27%	46%
П 5	50%	55%	29%
П 11	20%	18%	25%

Из приведённых таблиц следует что наиболее многочисленная морфа это П5 во всех точках сбора, кроме Фуксовского садика где преобладает морфа П1, морфы П1 и П11 распространенны приблизительно в равном количестве, за исключением поселка Левченко, парк Петрова, где морфа П11 преобладает количественно в сравнении морфы П1. Ниже, на рисунках 6, 7, 8, указаны фенограммы по этим популяциям. На них можно увидеть, что во всех местах сбора линии смещаются в сторону морфы П5 и в принципе в большинстве случаев линии почти накладываются друг на друга, можно сказать, что есть некая стабильность в распространении морф.

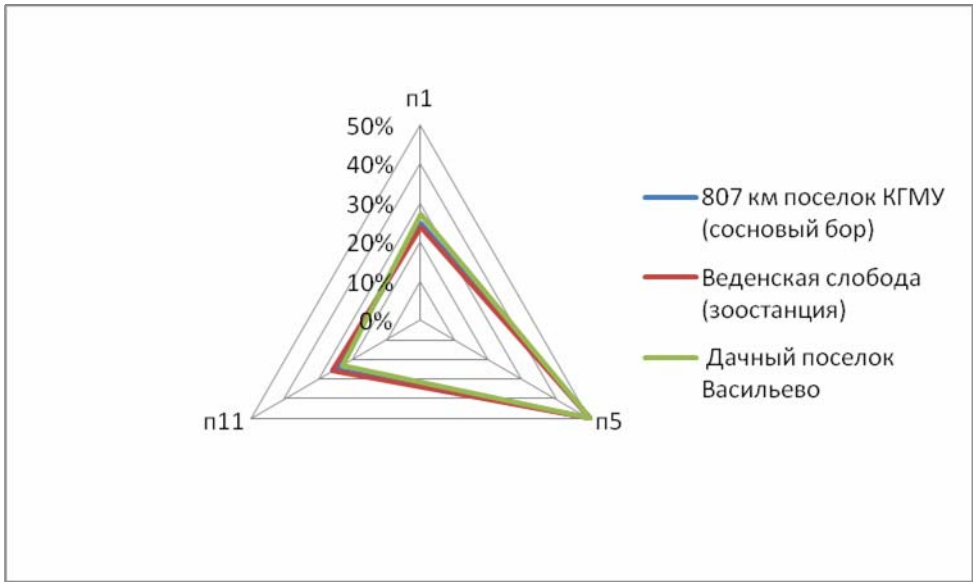


Рисунок 6. Встречаемость морф переднеспинки. 807 км поселок КГМУ (сосновый бор), Зоостанция, Дачный поселок Васильево.

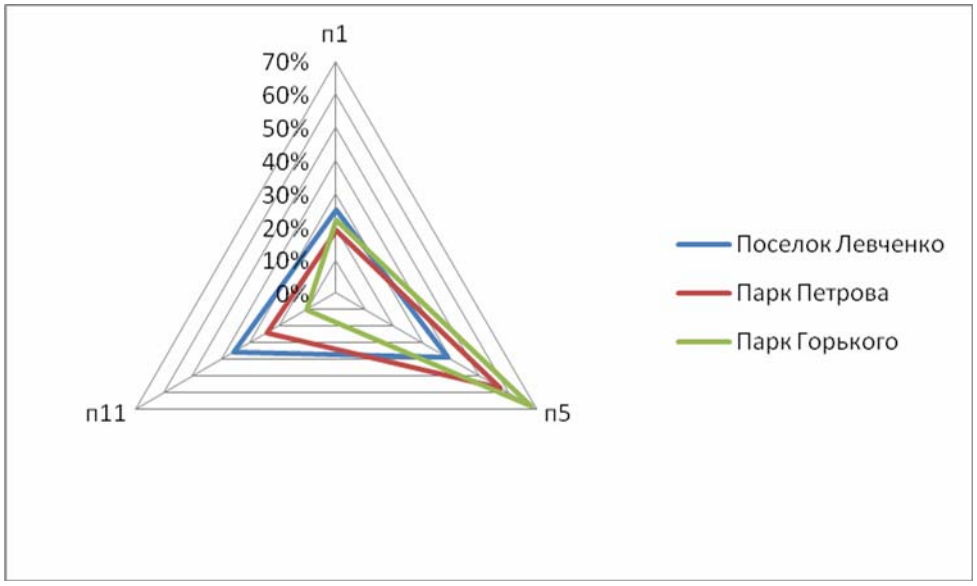


Рисунок 7. Встречаемость морф переднеспинки. Поселок Левченко, Парк Петрова, Парк Горького.

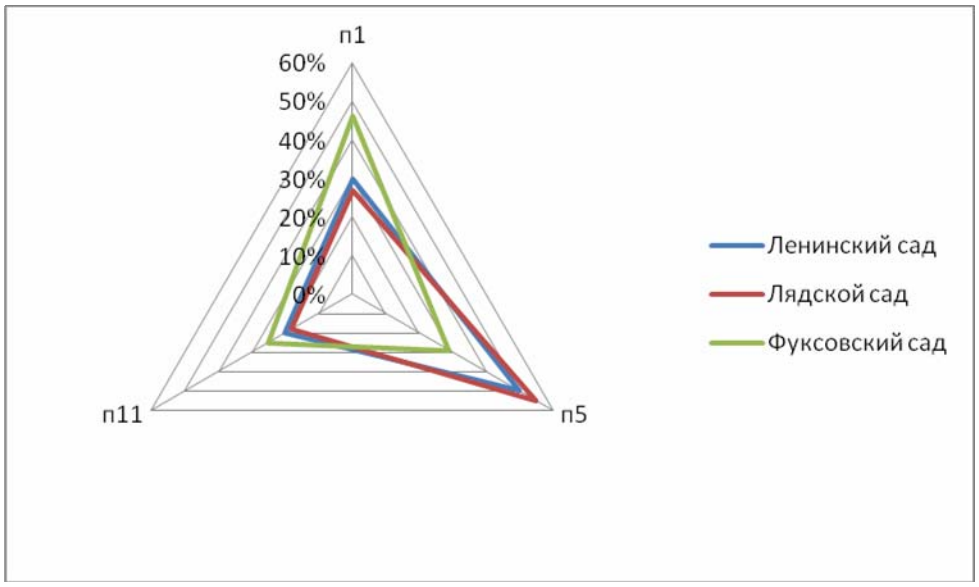


Рисунок 8. Встречаемость морф переднеспинки. Лядской сад, Фуксовский сад, Ленинский сад.

В отличие от морф переднеспинки, морфы надкрылий более разнообразны, и по результатам предыдущих лет распределение морф этих признаков не столь однозначно, что может иметь большее индикаторное

значение. Ниже приведены таблицы и фенограммы, характеризующие распределение морф пятен А и В надкрылий в разных местах сборов. Эти места сгруппированы по принципу сходства в степени антропогенного воздействия или по принципу территориальной расположенности.

Таблица 5.1 частота встречаемости морф надкрылий в точках 1, 2, 9.

	807 км поселок КГМУ (сосновый бор)	Веденская слобода (зоостанция)	Дачный поселок Васильево
А 1	15%	11%	0%
А 2	0%	9%	0%
А 3	23%	15%	25%
А 4	20%	13%	16%
А 5	19%	5%	0%
А 6	0%	5%	29%
А 11	0%	22%	0%
А 12	0%	0%	17%
А 15	23%	20%	13%

Таблица 5.2 частота встречаемости морф надкрылий в точках 4, 5, 6.

	Поселок Левченко	Парк Петрова	Парк Горького
А 1	9%	0%	21%
А 2	17%	14%	9%
А 3	23%	18%	16%
А 4	5%	10%	13%
А 5	0%	23%	11%
А 6	0%	6%	5%
А 11	0%	10%	0
А 12	17%	0%	14%
А 15	29%	19%	11%

Таблица 5.3 частота встречаемости морф надкрылий в точках 3, 7, 8.

.

	Ленинский сад	Лядской сад	Фуксовский сад
А 1	0%	15%	0%
А 2	19%	12%	25%
А 3	15%	11%	0%
А 4	6%	17%	9%
А 5	12%	6%	16%
А 6	27%	20%	0%
А11	0%	8%	19%
А12	0%	0%	17%
А 15	21%	11%	14%

Из приведённых таблиц следует, что почти полный набор морф был встречен на Введенской слободе (зоостанция), Лядском садике, парке Горького и парке Петрова. Наиболее распространенная морфа - это А4 и А15 в отличие от других они были найдены на всех точках сбора, хоть и не всегда в большом количестве, морфы А2, А3, А5 часто встречаемые, были найдены во многих точках сбора, морфы А1, А6, А11, А12 редко встречаемые и не многочисленны. Ниже указаны фенограммы надкрылий (рисунки 9, 10, 11) из них следует, что нет определённого постоянства во встречаемости какой либо морфы: в загородных точках преобладают морфы А3, А4, А5, А6, А11, А15, в городских А3, А5, А15, в центрально-городских точках ярко выражены А6 и А11. В приведённых данных трудно обнаружить какие-либо закономерности, которые могли бы однозначно свидетельствовать об индикационном значении используемых показателей.

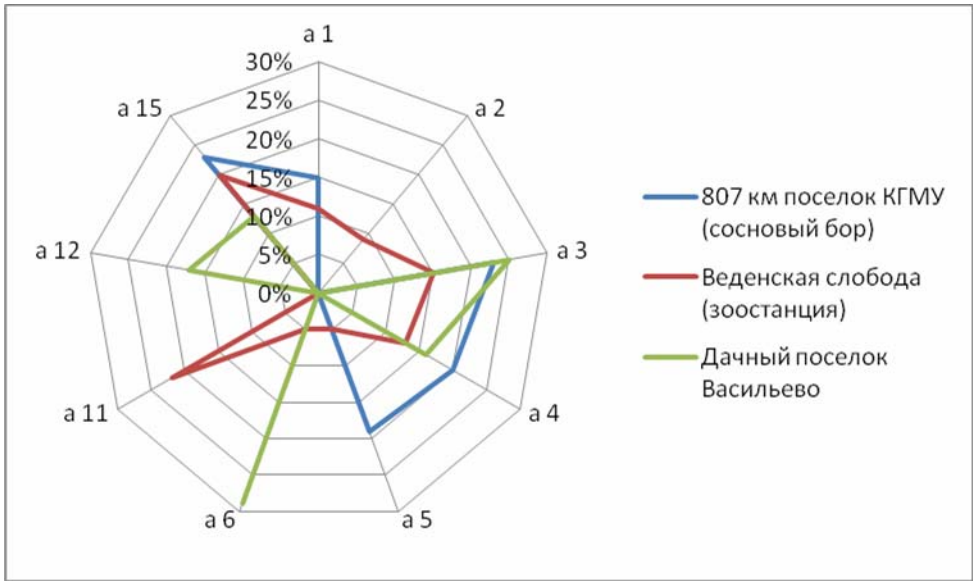


Рисунок 9. Фенограммы надкрылий клопа солдатика по морфе А. 807 км поселок КГМУ (сосновый бор), Зоостанция, Дачный поселок Васильево.

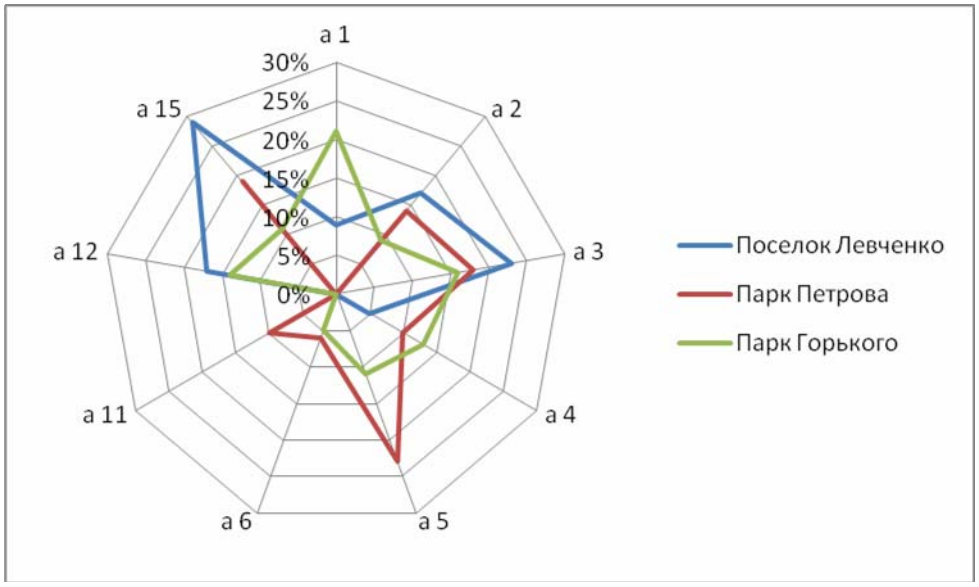


Рисунок 10. Фенограммы надкрылий клопа солдатика по морфе А. Поселок Левченко, Парк Петрова, Парк Горького.

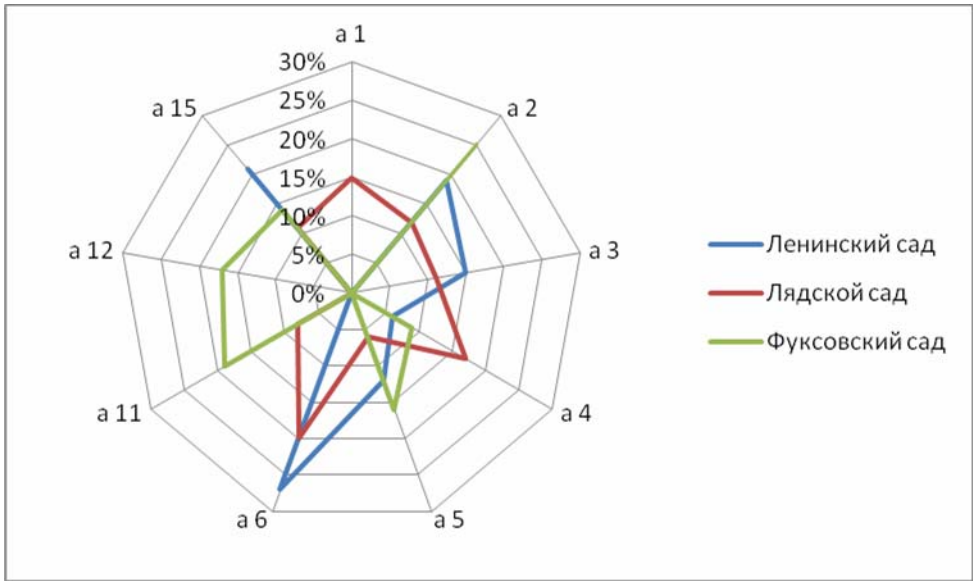


Рисунок 11. Фенограммы надкрылий клопа солдатика по морфе А. Лядской сад, Фуксовский сад, Ленинский сад.

Пятно В надкрылий является наиболее заметным, а по числу вариантов – наиболее разнообразным по степени выраженности элементом рисунка надкрылий. Это обстоятельство способствует использованию данного признака как индикационного. Ниже приведены, по аналогии с ранее рассмотренными признаками, таблицы и фенограммы, характеризующие распространённость разных форм пятна В в исследованных точках.

Таблица 6.1 частота встречаемости морф надкрылий в точках 1, 2, 9.

	807 км поселок КГМУ (сосновый бор)	Веденская слобода (зоостанция)	Дачный поселок Васильево
В 1	21%	15%	21%
В 2	23%	27%	27%
В 7	0%	0	0
В 10	0%	19%	0
В 12	0%	15%	0
В 18	27%	14%	23%
В 19	29%	10%	29%

Таблица 6.2 частота встречаемости морф надкрылий в точках 4, 5, 6.

	Поселок Левченко	Парк Петрова	Парк Горького
B 1	17%	13%	0
B 2	23%	16%	26%
B 7	0	20%	17%
B 10	26%	12%	0
B 12	0	17%	19%
B 18	16%	12%	15%
B 19	18%	10%	23%

Таблица 6.3 частота встречаемости морф надкрылий в точках 3, 7, 8.

морфы	Ленинский сад	Лядской сад	Фуксовский сад
B 1	21%	16%	14%
B 2	15%	11%	18%
B 7	19%	0	0
B 10	13%	22%	26%
B 12	17%	18%	16%
B 18	6%	14%	11%
B 19	9%	19%	15%

Из приведённых таблиц следует, что наиболее полный набор морф был встречен лишь на Ленинском саде и парке Петрова, точках, которые по экологическим признакам не являются достаточно сходными, поскольку два этих участка – внутригородские парки, отличающиеся как территориально (на разных берегах р. Казанки), так и характером древостоя. В силу непонятных причин все загородные точки отличались отсутствием хотя бы одной из морф. Между тем принято считать (Реймерс, 1990), что степень разнообразия пропорциональна благополучию территории (правило Тинеманна).

Наиболее распространенные морфы - это B2, B18, B19 - встречены во всех девяти точках сбора. Морфу B1 так же можно считать часто встречаемой: она была найдена во всех точках кроме парка Горького, и также довольно многочисленная. Морфы B7, B10, B12 по нашим данным - редко встречаемые. Ниже указаны фенограммы надкрылий (рис. 12, 13, 14). Из них следует, что в загородных точках сбора сильно выражено преобладание морф B2, B10, B18 и B19, почти так же обстоит дело с городскими точками где преобладают B2, B10 и B19. В центрально-городских местообитаниях

преобладает только морфа B10, получается, что самая стабильная морфа это B10 т.к. она повсеместно распространена и довольно многочисленна.

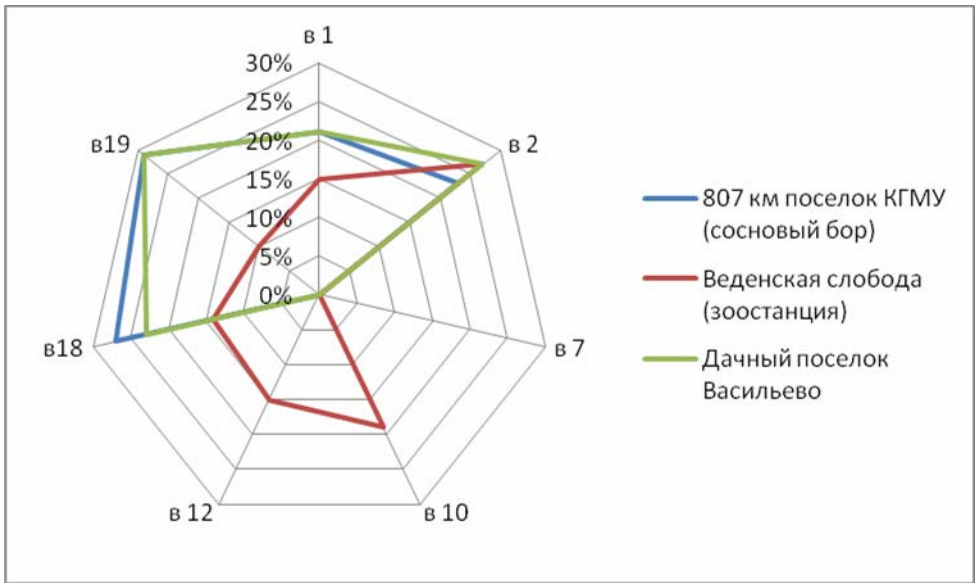


Рисунок 12. Фенограммы надкрылий клопа солдатика по морфе B. 807 км поселок КГМУ (сосновый бор), Зоостанция, Дачный поселок Васильево.

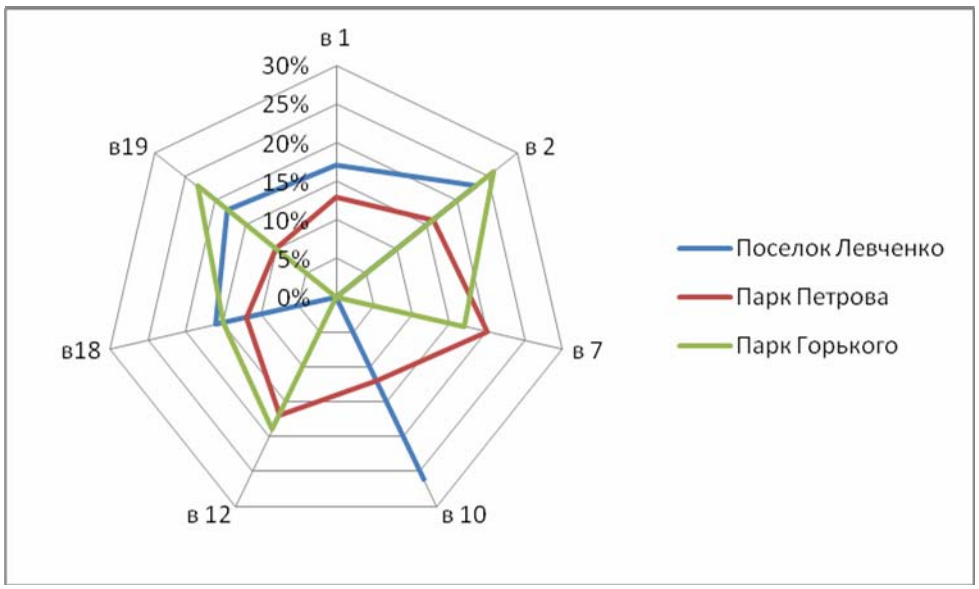


Рисунок 13. Фенограммы надкрылий клопа солдатика по морфе B. Поселок Левченко, Парк Петрова, Парк Горького.

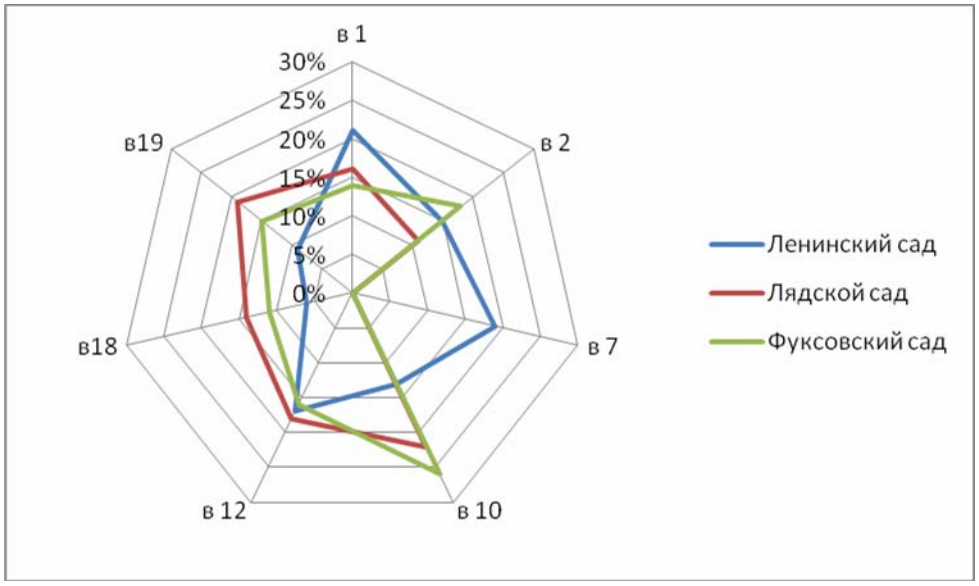


Рисунок 14. Фенограммы надкрылий клопа солдатика по морфе В. Лядской сад, Фуксовский сад, Ленинский сад.

Следует указать, что в отличие от двух других признаков, фенограммы пятна В более компактны и легче диагностируемы при сравнении разных точек сбор материала, чем напоминают классические фенограммы по другим видам и признакам (Яблоков, 1980). Так, по рис. 13 заметно смещение контуров пятна фенограммы Ленинского сада в сравнении с двумя другими изображёнными точками. По-видимому, данное удобное для восприятия обстоятельство является отражением того, что последовательность обозначений морф этого пятна составлена в соответствии с какой-то естественной закономерностью. Таким образом, в качестве признака, имеющего индикационное значение, может служить и общий контур фенограммы, степень его компактности и смещённости в общем поле фенограммы. При сравнении характера расположения контуров фенограмм на рисунках 11-13, можно заметить некоторые тенденции: более северные участки имеют смещение к верхнему левому краю поля фенограммы, а южные и большая часть внутригородских территорий – наоборот, смещены от центра в большей степени вниз и правую сторону. Особенно заметна эта тенденция для первой группы в фенограмме точек 1 и 9, а для второй группы – 2, 3 и 5. Можно предположить, что такой характер контура фенограммы коррелирует с эффектом правила Глоджера, но форма соответствующих пятен не подтверждает этот вывод. Поэтому данный вопрос нуждается в дополнительной проверке.

4.2. Оценка полиморфизма популяций клопа-солдатика в 2010, 2011 и 2012 годах.

На рисунке 2 указаны точки: 1. пос. Солнечный 2. Зоостанция КФУ, 3. Ленинский садик, эти точки изучались в предыдущих сезонах в 2010, 2011 годах, что позволяет сравнить имеющиеся данные между собой в разные годы.

В 2010 году материал был собран в трех точках: 1, 2, 3 (суммарно 280 экземпляров). В 2011 году сборы производились по тем же точкам и еще добавились три точки сбора: 4. пос. Левченко, 5. парк Петрова, 6. парк Горького (суммарно за год 670 экземпляров). В 2012 году сборы произвелись в точках: 1, 2, 3, 4, 5, 6 и добавились еще три: 7. Лядской сад, 8. Фуксовский сад, 9. Дачный поселок Васильево (суммарно за год 900 экземпляров). Все эти точки входят в зоны с разной степенью антропогенной нагрузки – внутригородские (3, 4, 5, 6, 7, 8) и пригородные (1, 2, 9). В каждой из зон точки географически удалены: внутригородские разделены рекой Казанкой, а пригородные – Волгой. Сравнение результатов фенетического анализа клопов из этих точек позволяет выявить вклад в суммарную картину распределения морф - отдельно экологического и географического факторов. Мы будем рассматривать рисунок переднеспинки так как он является наиболее показательным. В таблицах 7, 8 и 9 указаны доли отдельных морф переднеспинки встреченные за три года наблюдений, а в фенограммах 14, 15 и 16 эти различия показаны графически.

Таблица 7.

Данные по частотам морф переднеспинки на Зоостанции за три года.

зоостанция	п1	п4	п5	п6	п7	п10	п11
2010	0	39%	0	47%	0	34%	30%
2011	31%	0	15%	0	28%	0	46%
2012	24%	0	50%	0	0	0	26%

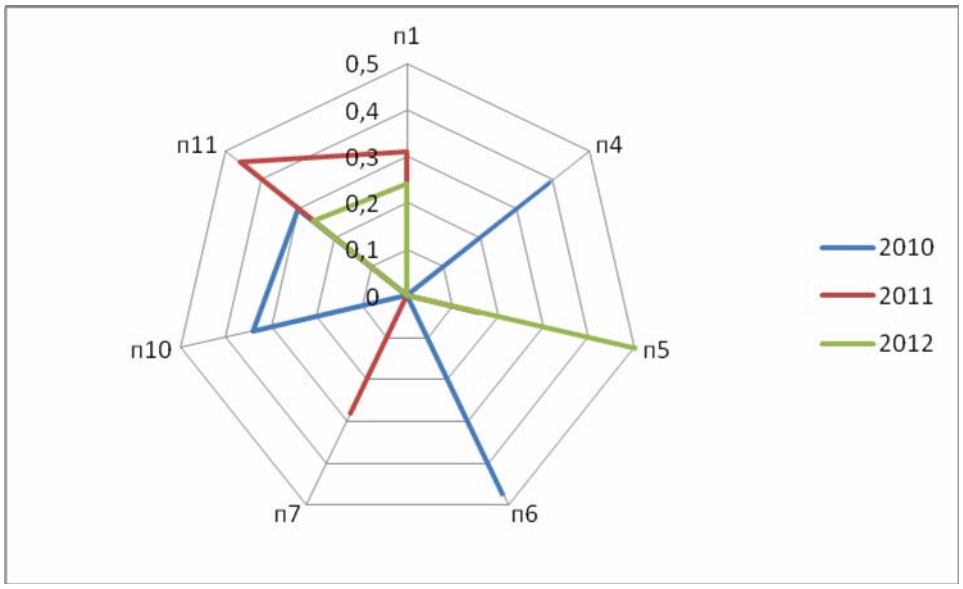


Рисунок 15. Обзор данных за три года по переднеспинке на зоостанции.

Таблица 8.

Данные по переднеспинке на 807км поселок КГМУ за три года.

807 км	п1	п4	п5	п6	п7	п10	п11
2010	0	41%	0	45%	0	31%	36%
2011	37%	0	7%	0	27%	0	50%
2012	25%	0	50%	0	0	0	25%

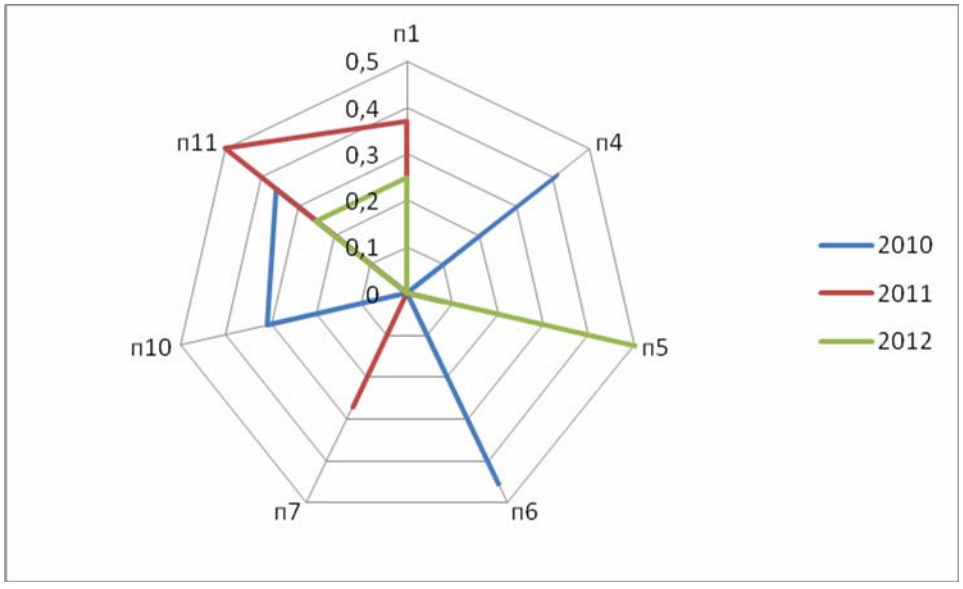


Рисунок 16. Обзор данных за три года по переднеспинке на 807км поселок КГМУ.

Таблица 9.

Данные по частотам морф переднеспинки в Ленинском саду за три года.

Ленинский сад	п1	п4	п5	п6	п7	п10	п11
2010	39%	64,00%	0	0%	0	49%	18%
2011	0%	0	50%	0	0	0	50%
2012	30%	0	50%	0	0	0	20%

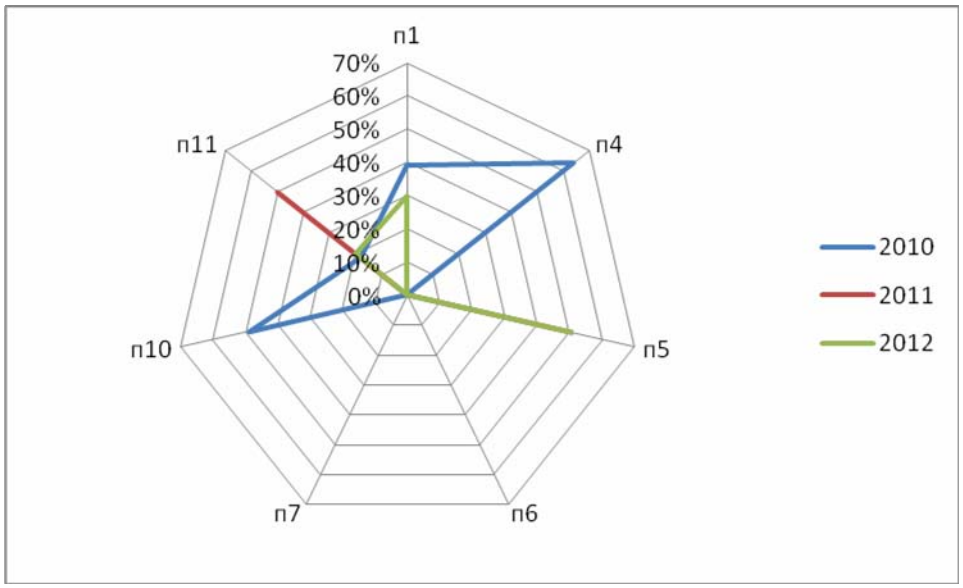


Рисунок 17. Обзор данных за три года по переднеспинке на Ленинском саду.

В отличие от предыдущих лет в 2012 году были встречены только морфы П1, П5, П11, в 2010 году П1, П4, П6, П10, П11, в 2011 году П1, П5, П7, П11, в целом в сборах 2010 и 2011 гг. преобладают морфы П1 и П11, являющиеся, по-видимому, показателем благоприятных условий, причём морфа П11, как менее меланистическая, характерна для пригородных биотопов. В 2012 году ситуация немного изменилась, разнообразие морф сократилось, но при этом были встречены морфы, по-видимому, также являющиеся показателем благоприятных условий. В сборах 2011 г., даже в черте города не обнаружено ассиметричных форм рисунка переднеспинки,

что говорит о приемлемом состоянии среды по этому показателю. Исходя из рисунков 15, 16, 17 видно что загородные точки - Зоостанция и 807км поселок КГМУ имеют почти идентичный рисунок феноограммы, а точка Ленинский сад сильно отличается от загородных. Таким образом, сравнение результатов по трём годам, очень сильно отличавшимся погодными условиями (аномальная жара 2010 года, умеренный и достаточно влажный сезон 2011года и прохладное лето 2012 года) показало не столько различие этих сезонов, сколько различия в сравниваемых точках. При этом контуры феноограмм загородных точек более сходны между собой, чем с внутригородской точкой (Ленинский сад). Единственный признак, маркирующий аномальную жару 2010 года – выраженность морфы 4, а такой же маркёр относительно прохладного лета 2012 года – морфа 5, по форме и размеру пятна не соответствует ожидаемым правилом Глоджера значениям. Можно предположить, что ситуация с выраженностью отдельных морф на феноограмме отражает не столько адаптацию к данному сезону, сколько эффект адаптации к прошедшему лету, но, скорее всего, разгадка этого несоответствия – в невозможности учёта площади пятна.

4.3. Определение площади пятен рисунка покровов для уточнения индикационного значения отдельных морф.

На представленных ниже таблицах и графиках отражено разнообразие площадей пятен, соответствующих морфам переднеспинки и надкрылий**.**

Таблица 10.

Площадь рисунка изученных морф переднеспинки.

морфы	наименьшее	среднее	максимальное
П1	0,15mml	0,2mml	0,33mml
П5	0,16mml	0,22mml	0,4mml
П11	0,18mml	0,25mml	0,34mml

Из таблицы 10 следует что, морфа переднеспинки П5 имела наибольший показатель площади пятна, но также имела и наибольший разброс значений,

что показано на рисунке 15. Морфы П1 и П11 схожи по своим максимальным показателям, при рассмотрении минимальной площади пятна, морфа П1 наиболее маленькая морфа.

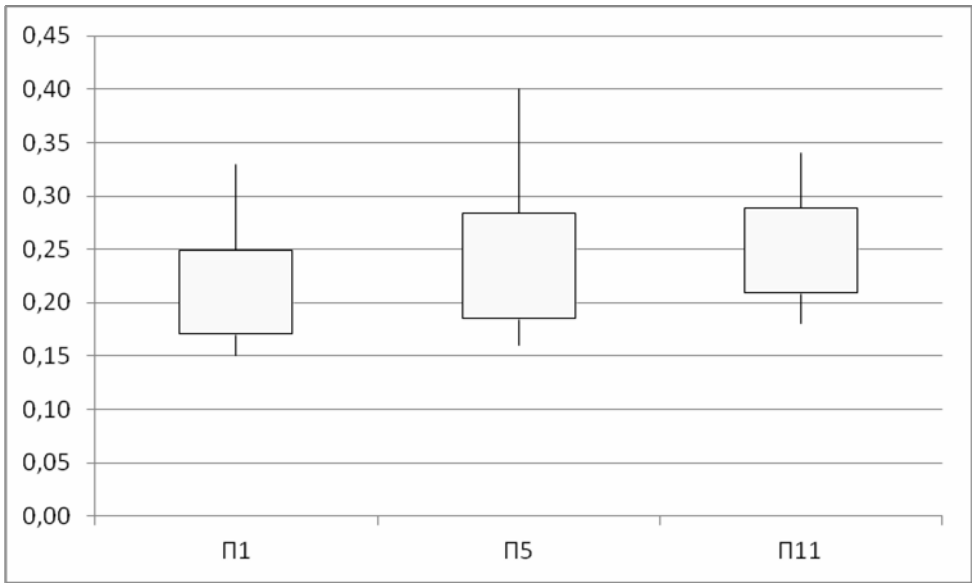


Рисунок 18. Минимальные, средние и максимальные варианты площади рисунка переднеспинки.

Таблица 11.

Площадь рисунка надкрылий.

	наименьшее	среднее	максимальное
A2, A4, A6	0mml	0,02mml	0,03mml
A3, A5, A11	0,01mml	0,022mml	0,030mml
A1, A12, A15	0,01mml	0,023mml	0,043mmi

Из таблицы 11 следует что, морфы надкрылий A1, A12 и A15 имели наибольшую площадь рисунка, морфы A3, A5 и A11 так же имели довольно большую площадь рисунка в отличие от морф A2, A4 и A6, у которых были случаи отсутствия меланиновых пятен рисунка.

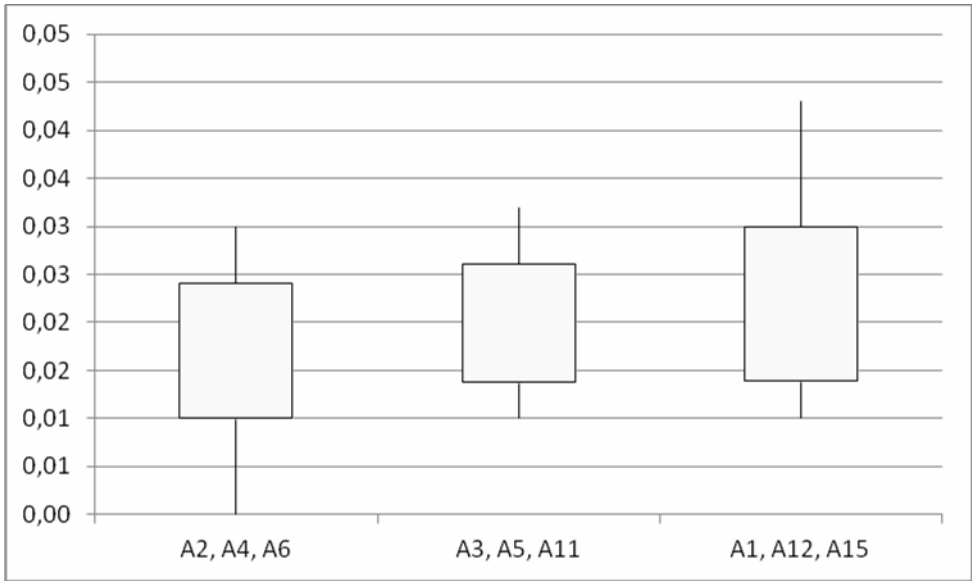


Рисунок 19. Минимальные, средние и максимальные варианты площади рисунка надкрылий А.

Таблица 12.

Площадь рисунка надкрылий.

	наименьшее	среднее	максимальное
B7, B10	0,08mml	0,15mml	0,2mml
B12, B18, B19	0,07mml	0,12mml	0,2mmi
B1 , B2	0,11mml	0,14mml	0,19mml

Из приведённой таблицы 12 следует что, морфы надкрылий B7 и B10 в среднем имели большую площадь пятна рисунка нежели морфы B12, B18 и B19. Максимальное значение объема всех морф приблизительно одинаково, морфы B1 и B2 имели самый большой показатель при сравнении минимального объема рисунка, при сравнении среднего и максимального объема морфы B1 и B2 имели большие показатели.

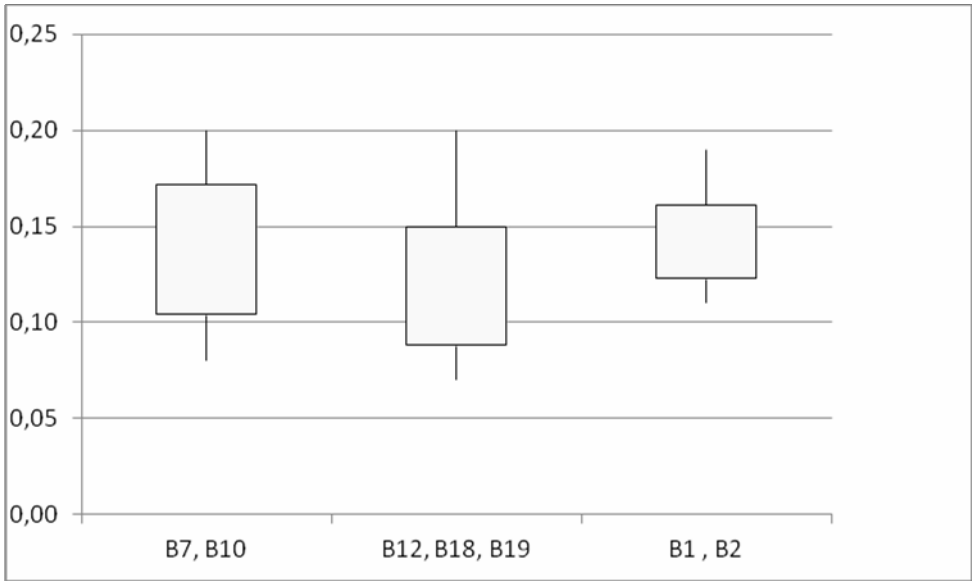


Рисунок 20. Минимальные, средние и максимальные варианты площади рисунка надкрылий В.

Рассмотрим отдельно изменчивость морфы переднеспинки П5, так как она является самой массовой в наших сборах (см. табл. 13, рис. 21).

Таблица 13.

Площадь рисунка надкрылий П5.

П5	наименьшее	среднее	максимальное
зоо	0,16	0,22	0,4
807 км	0,16	0,2	0,36
Лен. Сад	0,18	0,2	0,34

Как следует из приведённых данных, полученных при обработке 25 особей морфы П5, показатели изменчивости площади этого пятна, попадая в один диапазон вариации, всё-таки, не являются идентичными, больше напоминая различия между отдельными морфами П1, П5 и П11, иллюстрированные на рис. 18. Эти результаты становятся ещё более удивительными, поскольку во всех трёх точках морфа П5 является наиболее массовой, что делает фенограммы этих точек практически идентичными (рис. 6 и 8).

Таким образом, определение площади пятен рисунка покровов клопа-солдатика при помощи микроскопа Carl Zeiss Axio Imager A2 и программы AxioVision Rel. 4.8 указывает на необходимость пересмотра индикационного значения морф, выделенных по форме пятен: одна и та же морфа в разных точках сбора заметно различается по диапазону вариации размеров пятна, а разные морфы могут иметь сходные размеры. Результаты, полученные на морфе П5 могут быть в дальнейшем подтверждены на других индикационных признаках, как это ранее было показано С.А. Пылаевым на примере колорадского жука. В таком случае возникает серьёзное сомнение в корректности использования для биоиндикации фенетических критериев, основанных исключительно на форме пятен рисунка покровов.

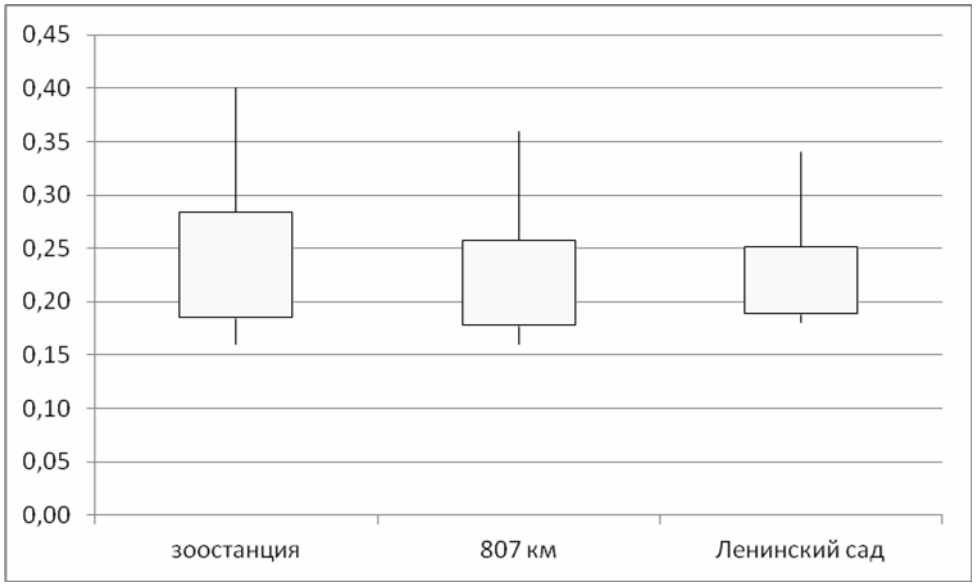


Рисунок 21. Минимальные, средние и максимальные значения площади рисунка переднеспинки П5.

На рисунке 22 показан пример проведенной работы по замерам площади пятна рисунка переднеспинки. Дополнительные данные по другим вариантам рисунков, полученные при обработке фотографий других особей клопа-солдатика, приведены в Приложении 1.

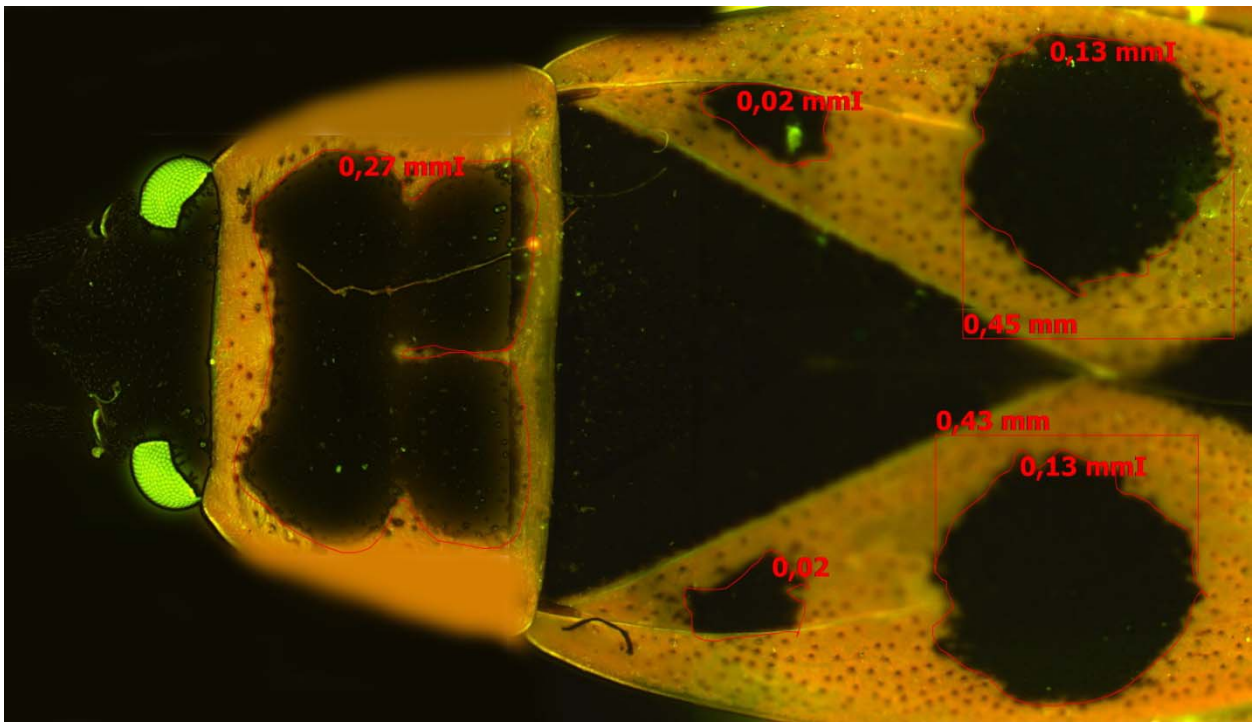


Рисунок 22. Пример по измерению площали рисунка. П 11 А4 В2.

5. Заключение

Результаты проведённой работы условно можно разделить на три блока. В первом, касающемся пространственного распределения морф переднеспинки и надкрылий в зависимости от географического положения и степени антропогенного загрязнения, показано, что фенограммы изученных биотопов проявляют индикационные признаки по морфам переднеспинки и пятну В надкрылий, выявляя специфику степени загрязнения. Во втором блоке по трёхлетней динамике соотношения морф проявляется специфика популяций отдельных точек, в частности, загородные точки отличаются от внутригородской. Результаты, полученные в этих двух блоках работы указывают на недостаточность качественной оценки морф, основанной лишь на форме пятна рисунка покровов, выявлена необходимость использования количественных признаков, в частности, определение площади меланинового пятна, что в случае морф переднеспинки имеет очевидную связь с физиологией (контуры пятен рисунка соответствуют месту прикрепления

мышц, задействованных в локомоции). Пятно В надкрылий, в силу отсутсвия связи с мышечным аппаратом, важно как признак, имеющий значение как наиболее заметный элемент предупредительной окраски, или внутривидовой коммуникации. Эти выводы стали причиной для проведении исследований по третьему блоку дипломной работы – отработки методики измерения площади меланиновых пятен рисунка покровов. Определение площади пятен рисунка покровов клопа-солдатика при помощи микроскопа Carl Zeiss Axio Imager A2 и программы AxioVision Rel. 4.8 указывает на необходимость пересмотра индикационного значения морф. В целом по собранному материалу найденные морфы распределены относительно равномерно, но выявлены существенные различия в их обилии при сравнении отдельных мест сбора. Изучение и анализ стабильности развития клопа-солдатика по уровню флуктуирующей асимметрии меланизированного рисунка покрова является перспективным в качестве показателя состояния окружающей среды в системе биомониторинга.

6. Выводы:

1. На основании собранного материала в количестве 1850 экземпляров, проанализировано соотношение морф рисунка покровов клопа-солдатика в 9 точках г. Казани и пригородов, отличающихся степенью антропогенного загрязнения;
2. распространённость отдельных морф рисунка покровов в исследованных популяциях сильно различается как по территории; так и в разные сезоны
3. анализ полученных результатов не позволяет однозначно оценить индикационное значение отдельных фенетических признаков. Наиболее удобным для биоиндикации оказался признак формы пятна B надкрылий
4. сравнение результатов трёхлетних сборов на зоостанции, 807 км. И Ленинском садике по морфам переднеспинки указывает на большую выраженность влияния на характер фенограммы - степени антропогенной нагрузки, чем территориальной близости или особенностей сезона.
5. Определение площади пятен рисунка покровов клопа-солдатика при помощи микроскопа Carl Zeiss Axio Imager A2 и программы AxioVision Rel. 4.8 указывает на необходимость пересмотра индикационного значения морф, выделенных по форме пятен: одна и та же морфа в разных точках сбора отличается существенно различается по размерам, а разные морфы могут иметь сходные размеры.

7. Список литературы:

1. Алексеев А.С. Теория популяционной индикации антропогенных воздействий //Журнал общей биологии, 1997, т.58, №1, с.121-139.
2. Алтухов Ю.П. Генетика популяций и сохранение биоразнообразия // Соросовский Образовательный Журнал, №1, 1995. с. 32-43.
3. Александрова, А.Б. Общая характеристика почвенного покрова / А.Б. Александрова //Экология города Казани. – Казань, 2005. – с. 135-144.
4. Александрова, А.Б. Почвенно-экологические условия формирования ландшавтов г. Казани: автореф. Дис. … канд. Биол. Наук / А.Б. Александрова.- Казань, 2004.- 24с.
5. Антропогенная трансформация биологических систем в Республике Татарстан и актуальные направления их исследования / В.А. Бойко, В.Г. Ивлиев, В.И. Гаранин, Ю.Е. Егоров и др. // Актуальные экологические проблемы РТ: материалы I Респ. науч. конф.- Казань, 1995. – С.35 – 43.
6. Ахметшина Г.Р. Изменчивость рисунка покровов клопа-солдатика и возможности её применения в биоиндикации. Дипломная работа. Казань, 2004. – 64 с.
7. Баравой, В.А. Структура, биосинтез меланинов, их биологическая роль и перспективы применения / В.А. Баравой // Успехи современной биологии. 2001. - Т. 1, №1. - С. 36-47.
8. Басов В.М., Толстогузова И.А. Изменчивость мух рода Urophora (DIPTERA, TEPHRITIDAE) в среднем Поволжье //Зоологический журнал,1996, т.75, вып.12, с.1803-1814.
9. Батлуцкая И.В. Закономерности изменчивости меланизированных покровов полужесткокрылых / Автореф. Канд. биол. наук, Белгород, 1993. – 15с.

10. Батлуцкая И.В. Изменчивость меланизированного рисунка насекомых в условиях антропогенного воздействия.- Белгород 2003.-165с.
11. Батлуцкая, И.В. Изменчивость фенетической структуры популяций клопа-солдатика в различных экологических условиях / И.В. Батлуцкая // Биолог, вестн. Харьков, гос. ун-та.- 1998.- С. 94-97.
12. Батлуцкая, И.В. Изменчивость фенетической структуры природных популяций клопа-солдатика в различных экологических условиях / И.В. Батлуцкая // Экологическая безопасность и здоровье людей в XXI веке. Белгород, 2000. -С.14-17.
13. Батлуцкая, И.В. Каталог фенов элементов меланизированного рисунка надкрыльев клопа-солдатика / И.В. Батлуцкая, Е.Н. Гончарова // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. -2003. - № 1. С. 50-52.
14. Батлуцкая, И.В. Морфологическая основа изменчивости меланизированного рисунка переднеспинки клопа-солдатика: Экология в теории и практике / И.В. Батлуцкая // Материалы межвуз. науч.-практ. конф. Белгород, 1992. — Т.1. - С. 15-16.
15. Береговой В.Е. Стабилизация гетерогенности в популяциях полиморфного вида. //Журнал общей биологии, 1977, т.38, №2, с.182-184.
16. Береговой В.Е Исследования полиморфизма как путь познания хорологической структуры вида. // Журнал общей биологии, 1971, т.32, №2, с.143-150.
17. Бродский А.К. Введение в проблемы биоразнообразия. – СПб.: Наука, 2002.
18. Валетдинов А.Р. Уровень загрязнения снежного покрова г. Казани тяжелыми металлами / А.Р. Валетдинов , Р.К. Валетдинов, А.Т. Горшкова // Экология города Казани. 2005. – с.65 – 70.

19. Винклер Н.Г. Изучение изменчивости рисунка переднеспинки у клопа-солдатика (*Pyrrhocoris apterus L.*) из разных точек ареала //Известия АН Таджикской ССР, Отделение биологических наук, 1975, №3(60), с.31-36.
20. Винклер Н.Г. О внутривидовой изменчивости некоторых морфологических признаков у клопа-солдатика (*Pyrrhocoris apterus L.*) в Таджикистане //Известия АН Таджикской ССР, Отделение биологических наук, 1976, №3(64), с.45-49.
21. Геодакян В.А., Геодакян С.В. Существует ли отрицательная обратная связь в определении пола? //Журнал общей биологии, 1985 т.46, №5, с.201-215.
22. Геодакян В.А. Половой диморфизм и “отцовский эффект” //Журнал общей биологии, 1981, т.42, №5, с.657-667.
23. Гимадеев М.М., Щеповских А.И. Современные проблемы охраны атмосферного воздуха. — Казань, 1997. — 368 с.
24. Захаров В.М. Асимметрия животных. М.: Наука, 1987, - 216с.
25. Карта «Республика Татарстан. Предрасположенность территорий к проявлению неблагоприятных ситуаций (природных и техногенных)». — М.: Картография, 2002. — 2 п.л. (М. 1:600 000).
26. Малозёмов Ю.А. Половой диморфизм и эколого-морфологические особенности репродуктивной группы клопа-солдатика (*Pyrrhocoris apterus L.*) в Удмуртской АССР //Фауна Урала и прилежащих территорий сб. докл. Свердловск,1984.
27. Мелихова О.П., Егорова Е.И, Евсеева Т.И. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и бмотестирование. М.: «Академия», 2007. 288с.
28. Новоженов Ю.И. Полиморфизм и непрерывная изменчивость в популяциях насекомых //Журнал общей биологии, 1980, т.41, №5, с.668-679.

29. Новоженов Ю.И. Половой диморфизм полиморфизма окраски у некоторых видов насекомых //Журнал общей биологии, 1997, т. 58, №1, с.26-43.
30. Новоженов Ю.И. Полиморфизм и видообразование. //Журнал общей биологии, 1979, т.40, №1, с.17-32.
31. Новоженов Ю.И. Соотношение полов – специфический параметр элементарной природной популяции. //Журнал общей биологии, 1971, т.32, №1, с.37-43.
32. Новоженов Ю.И. Хронографическая изменчивость популяции //Журнал общей биологии, 1989 т.50, №2, с.171-182.
33. Пылаев С.А. Апробация методики определения площади меланизированных пятен центральных элементов рисунка переднеспинки колорадского жука для фенетических исследований. Выпускная квалификационная работа. Казань, 2011. – 60с.
34. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь – справочник. – М.: Мысль, 1990. 637с.
35. Розанова Л.Н. Оценка взаимосвязей токсичности техногенного загрязнения окружающей среды и заболеваемости населения в регионе (на примере Республики Татарстан): Автореф. дисс..канд. географ. наук. — Казань, 2000. — 24 с.
36. Самойлов А.Н. Картограмма потенциальной трансграничности промышленного влияния городов и поселков городского типа на земельный фонд Республики Татарстан (М.1:1500 000)/Состояние окружающей природной среды Республики Татарстан в 1994 г. Госдоклад. - Казань, 1995. - С.53.
37. Сергиевский С.О. Полифункциональность и пластичность полиморфизма (на примере популяционного меланизма двуточечной божьей коровки *Adalia bipunctata L.*) //Журнал общей биологии, 1985 т.46, №4, с.491-500.

38. Стратегия развития Казани до 2015 г. (раздел 1.2.Экологическая ситуация). — Казань, 2003. — С.8—9.
39. Тунакова Ю.А. Элементный состав биосред как интегральный показатель опасности полиметаллического загрязнения компонентов окружающей среды урбанизированных территорий и рекомендации минимизации опасности (на примере г.Казани): Автореф. дисс....докт. хим. наук. — Казань, 2006. — 37 с.
40. Фасулати С.Р. Полиморфизм и популяционная структура колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata Say* в Европейской части СССР // Экология , 1985. №6, с50-56.
41. Фасулати С.Р. Полевое изучение наземных беспозвоночных. М.: высшая школа, 1971. -424 с.
42. Фасулати С. Р. Микроэволюционные аспекты воздействия сортов картофеля на структуру популяций колорадского жука. /С. Р. Фасулати // Изменчивость насекомых-вредителей в условиях научно-технического прогресса в сельском хозяйстве. Л.: ВИЗР, 1988. С.71-83.
43. Фасхутдинов М.Г. Формирование и динамика геохимических полей тяжелых металлов в условиях крупного промышленного центра: Автореф. дисс.. канд.географ.наук. — Ярославль, 2004. — 24 с.
44. Хабутдинов Ю.Г. Метеорологические условия самоочищения атмосферного воздуха Казани/ Меж. вуз.сб. «Макросинаптические процессы и состояние природной среды». — Казань, 1993. — С.96—101.
45. Экологические системы островов Куйбышевского водохранилища. Казанский район переменного подпора/ (Отв. ред. Бойко В.А. — Казань: Изд-во «ФЭН», 2002. — 360 с

46. Юпина Г.А. Инвентаризация зеленых насаждений и проблемы озеленения города / Г.А. Юпина // Экология города Казани. – Казань, 2005.- с.158 – 171.
47. Яблоков А.В. Фенетика. - М.: Наука, 1980. - 132с.
48. http://antclub.org/node/1796?page=2
49. https://ru.wikipedia.org/wiki/Клоп-солдатик
50. http://heteroptera.ru/klop_soldatik
51. http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/20d0362e-4807-4f0b-b4e6-79f323c4af98/hias.htm
52. http://dorohino.ru/?p=110
53. http://www.putnik.nkorol.ru/franc/page_1.html
54. http://entomology.ru/heteroptera/apterus.htm
55. http://coleop123.narod.ru/hemiptera/Pyrrhocoris_apterus.htm
56. http://ru.wikipedia.org/wiki/Эволюционная_теория_асимметрии_В._А._Геодакяна