

Министерство образования и науки Республики Коми  
Государственное учреждение дополнительного образования Республики Коми  
«Республиканский центр экологического образования»  
объединение «В мире животных»

Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды имени  
Б.В. Всесвятского  
Номинация: «Юные исследователи»

**Исследование влияния аминокислот на хеморецепцию у жужелиц**

**Автор работы:**

Новаковский Егор Александрович,  
6 класс

**Руководитель:**

Шучалина Ольга Александровна,  
педагог дополнительного образования,  
ГУДО РК «РЦЭО»

**Консультант:**

Дитц Алла Анатольевна,  
доцент, к.б.н, с.н.с. Института биологии  
Коми ИЦ УрО РАН

## Оглавление

<b>Введение</b> .....	3
<b>Глава 1. Обзор литературы</b> .....	4
1.1. Особенности биологии жуужелиц.....	4
1.2. Хеморецепция насекомых и её роль.....	5
<b>Глава 2. Методика исследований</b> .....	5
<b>Глава 3. Результаты исследований и их обсуждение</b> .....	6
<b>Выводы</b> .....	10
<b>Заключение</b> .....	10
<b>Список использованной литературы</b> .....	11
<b>Приложения</b> .....	13
Приложение 1.....	13
Приложение 2.....	14

## Введение

Жужелицы (*Carabidae*) – одно из самых больших и многочисленных семейств жуков подотряда плотоядных. Тело продолговатое, может достигать в длину до 90 мм, окраска обычно чёрная или бурая. В мире насчитывается примерно 24 тыс. видов жуков этого семейства. На территории России отмечено 2300 видов, в Республике Коми зарегистрировано 250 видов [2]. Распространены во всех природных зонах, кроме полярных пустынь. Обитают в почве и на её поверхности, реже на деревьях и под корой, на травянистых растениях, в муравейниках, термитниках и пещерах. Хищных жужелиц используют для биологической защиты сельскохозяйственных и лесных растений от вредных насекомых и слизней. Растительноядные жужелицы могут повреждать посевы пшеницы, ржи и ячменя. Среди жужелиц есть виды, которые занесены в Красную книгу РФ [3].

Хеморецепция – восприятие различных химических веществ, обеспечивает работу органов вкуса. Является древнейшим видом чувствительности, имеется у всех видов от прокариот до млекопитающих. Играет важную роль в жизни насекомых, т.к. определяет большинство физиологических и поведенческих реакций (поиск пищи, избегание врагов, ориентация в пространстве и др.). Хеморецепторы у жуков расположены на челюстных и губных щупиках [5].

Хеморецепция у насекомых издавна привлекает внимание исследователей. Активно исследуется строение, ультраструктура и функционирование хеморецепторных органов у этой группы животных [5,7]. Сейчас к исследованию привлекают молекулярно-генетические методы. Так, Е.Л. Соколинская и др. описали систему хеморецепции насекомых, которая включает не менее трёх суперсемейств рецепторов, обеспечивающих восприятие запаха и вкуса, а также химическую коммуникацию этих животных [9]. Изучение хеморецепции с помощью незаменимых аминокислот у жужелиц является актуальным, т.к. строительным материалом для новых клеток всех организмов являются аминокислоты. Большинство жужелиц – хищники, хеморецепция играет важную роль в жизни этих насекомых. Однако мы не нашли информации об изучении хеморецепции с помощью незаменимых аминокислот у жужелиц в научных публикациях.

**Актуальность работы.** В настоящее время активно исследуется хеморецепция у насекомых, т.к. это позволяет управлять поведением насекомых и открывает возможности для разработки методов защиты растений от вредителей. Хеморецепция на наличие органических веществ, в частности аминокислот, которые указывают на наличие пищи, является одним из основных факторов в ориентации насекомых.

Жужелицы являются хорошим объектом для исследования, поскольку имеют большое разнообразие, крупные размеры и широко распространены в природе [8].

**Гипотеза:** жужелицы, будучи в большинстве своём хищники, для поиска пищи используют хеморецепцию и активно реагируют на вещества с резким запахом.

**Цель работы:** изучение эффективности влияния незаменимых аминокислот на хеморецепцию у жужелиц.

**Задачи работы:**

1. Изучить особенности строения, питания, размножения и обитания жужелиц; собрать информацию о хеморецепции насекомых;
2. Выявить наиболее эффективную аминокислоту для изучения хеморецепции жужелиц;
3. Сравнить влияние аминокислот метионина и триптофана на хеморецепцию у жужелиц;
4. Предложить реакцию хеморецепции к использованию при разработке биологически активных веществ для защиты сельскохозяйственных и лесных растений от вредителей.

**Место и сроки проведения исследования:** Экспериментальная работа проводилась на садовом земельном участке в Кировской области в июне – августе 2024 и 2025 годов.

**Теоретическая значимость** работы заключается в расширении знаний о биологических особенностях жужелиц, в раскрытии проблемы восприятия различных аминокислот жужелицами и управлении миграциями насекомых.

**Практическая ценность результатов** работы связана с разработкой эффективных аттрактантов (привлекающих веществ) и репеллентов (отпугивающих веществ) для защиты растений, основанных на применении нетоксичных для теплокровных животных и окружающей среды средств.

## **Глава 1. Обзор литературы**

### **1.1. Особенности биологии жужелиц**

Жужелицы (*Carabidae*) – это семейство из отряда жуков, класса насекомые, типа членистоногие. Название «жуки» произошло от слова «жужжать».

*Питание.* Пищевые предпочтения жужелиц: улитки, слизни, личинки других насекомых, гусеницы, тли. В связи с этим жужелицы-хищники приносят большой вклад в борьбу с вредителями. Принцип охоты у жужелиц следующий. Когда жук видит свою добычу и готов на неё напасть, в его челюстных железах появляется специальная парализующая жидкость. Жук опрыскивает свою добычу этой жидкостью, ждёт несколько минут и принимается за трапезу. В составе жидкости содержатся вещества, которые обездвиживают и размягчают жертву, превращая её в полужидкую кашу. Жук эту кашу всасывает и возвращается в укрытие на несколько дней – переваривать пищу и отдыхать. Через два-три дня жук выходит из укрытия и снова начинает охотиться [4].

*Образ жизни.* Большинство видов жужелиц ведут наземный образ жизни, предпочитая слой перепревшей опавшей листвы либо слой сухой прошлогодней травы. Жужелицы ведут в основном ночной образ жизни, хотя

есть и исключительно дневные виды. С наступлением темноты все члены небольшого семейства выходят на охоту, а ранним утром, ещё до рассвета все прячутся в тень. Жужелицы живут один год, существуют виды, которые живут 2-5 лет и дольше.

*Размножение.* Размножение у жужелиц начинается в возрасте 9-12 месяцев. Выделяют следующие типы годового ритма жуков жужелиц: брачный период происходит весной (развитие личинок происходит летом, а в зимнюю спячку впадают насекомые в стадии имаго); брачный период происходит летом или осенью (зимует личинка, летняя спячка отсутствует); брачный период происходит летом или осенью (зимует личинка, есть летняя спячка); изменчивый брачный период (размножение может быть в любое время года, зимуют как личинки, так и взрослые жуки); брачный период и развитие занимает больше года [4].

## **1.2. Хеморецепция насекомых и её роль**

Хеморецепция – это физиологическая реакция органа чувств на химический стимул, при котором химические вещества действуют как сигналы для регулирования состояния или активности клетки [13].

Полухимические вещества часто получают из метаболитов растений. Их можно сгруппировать по тому принципу, как они воздействуют на насекомых:

- Феромоны служат для общения между насекомыми одного вида.
- Алломоны приносят пользу своему производителю благодаря эффекту, который они оказывают на получателя.
- Кайромоны приносят пользу своему получателю, а не производителю.
- Синомоны приносят пользу производителю и получателю.

Некоторые химические вещества воздействуют на особей одного вида, другие необходимы для общения между видами. Использование запахов особенно хорошо развито у общественных насекомых [1].

Хеморецепция играет важную роль при поиске пищи, избегании хищников и вредных факторов, нахождении особей другого пола или узнавании представителей своего вида и т. п. Особое значение хеморецепция имеет в процессах обмена информацией между особями одного вида: передача сигналов тревоги, мечение территории, феромонные коммуникации [12]. Насекомые выработали своеобразную и одну из наиболее сложно организованных систем хеморецепции [10].

## **Глава 2. Методика исследований**

*Объектом исследования* являются жужелицы, *предметом исследования* - влияние аминокислот на хеморецепцию жужелиц.

*Методы исследования:* теоретические – анализ литературы, сравнение; практические – эксперимент, наблюдение с фотосъёмкой, статистическая обработка результатов исследования.

Эксперименты были проведены в июне – августе 2024 г. и 2025 г. на садовом земельном участке в Кировской области. Для этого была разработана и сделана камера для изучения хеморецепции (Приложение 1, Рис. 1).

Камера имеет Y-образную форму. Одну половину камеры заправляли фильтровальной бумагой, смоченной дистиллированной водой, а вторую половину фильтровальной бумагой с аминокислотой (Приложение 1, Рис. 2).

Для первого эксперимента использовали пять аминокислот: триптофан, метионин, валин, лейцин и лизин (концентрация 1 г на 10 мл дистиллированной воды).

Всего в эксперименте участвовало десять особей жужелиц. Эксперимент проведён в 10 повторностях для каждой из пяти аминокислот. Для повторного изучения отлавливали новую жужелицу (Приложение 1, Рис. 3, 4, 5).

Исследование с одной особью проводили в течение 30 минут. После каждого запуска насекомого помещали в контейнер для отдыха. В это время промывали камеру дистиллированной водой и меняли положение фильтровальных бумажек (с дистиллированной водой и аминокислотой).

В июне-августе 2025 года эксперимент был продолжен. Дополнительно испытывали две аминокислоты: метионин (с резким запахом) и триптофан (без выраженного резкого запаха). Проверяли теорию, о том, что жужелицы в природе могут питаться мёртвой органикой. Эксперимент был проведён в 20 повторностях для каждой аминокислоты (Приложение 2, Рис.1-6).

Статистический анализ на значимое преобладание выбора аминокислот проводили при помощи G критерия знаков. G критерий используется для оценки экспериментов с двумя исходами: положительным (обычно помечается знаком «+») и отрицательным (помечается знаком «-»). Примерно равное количество положительных и отрицательных исходов указывает на случайный выбор направления движения жужелицы, и означает отсутствие влияния аминокислоты на её поведение. Высокая доля «+» указывает на химический стимул аминокислоты при выборе направления движения, а высокая доля «-», наоборот, указывает на отрицательный эффект данного препарата [9].

### **Глава 3. Результаты исследований и их обсуждение**

Аминокислота – это органическое вещество, которое участвует в образовании белков, а они являются строительным материалом для новых клеток организма. В эксперименте использованы незаменимые аминокислоты:

Триптофан – белый или почти белый кристаллический или аморфный порошок, умеренно растворимый в воде. Входит в состав белков всех живых существ [11].

Метионин представляет собой бесцветные кристаллы со специфическим неприятным запахом, растворимые в воде. Содержится во многих белках и пептидах.

Валин представляет собой белый моноклинный кристалл или кристаллический порошок, входит в состав практически всех известных белков и незаменимых для человека аминокислот.

Лейцин – бесцветный порошок, ограниченно растворим в воде. Используется в биосинтезе белков.

Лизин – кристаллический порошок от белого до бледно-жёлтого цвета. Хорошо растворим в воде [11].

В ходе эксперимента были проведены исследования на четырёх видах жужелиц: *Carabus granulatus* – хищник, предпочитает влажные места обитания; *Broscus cephalotes* – хищник, охотится на многих беспозвоночных, предпочитает открытые ландшафты с лёгкими, иногда слабо засоленными почвами; *Pterostichus magus* – хищник, бореальный вид (встречается в разных биотопах, в том числе населяет сфагновые и осоковые болота, пойменные сообщества); *Pterostichus melanarius* – хищник, широко распространён, встречается в лесах с хорошо развитым моховым или травянистым покровом, отмечен на лугах, городских садах и парках, агроценозах [6] (Приложение 2, Рис. 1-4).

В 2024 года во время эксперимента показано, что жужелицы активно реагируют на наличие рассмотренных аминокислот, в 36 из 50 вариантов (или 72 %) перемещаясь в камере в направлении фильтровальной бумаги с аминокислотой. Только в 14 вариантах (лишь 28 %) жуки выбирали фильтровальную бумагу с дистиллированной водой (Таблица 1).

Таблица 1

#### Реакция жужелиц на аминокислоты

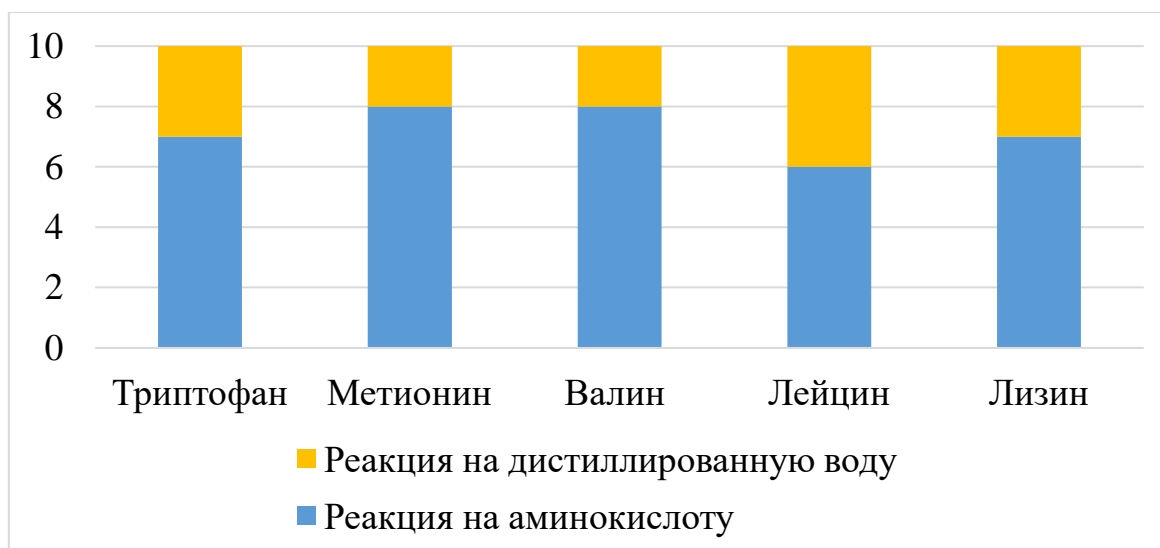
Аминокислота	Количество этапов в эксперименте										Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Триптофан	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	7
Метионин	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	8*
Валин	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	8*
Лейцин	+	+	-	+	-	+	+	-	+	-	6
Лизин	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	7

Примечание: «+» – выбор аминокислоты, «-» – выбор дистиллированной воды.

\*означает статистически значимое превалирование выбора аминокислоты по отношению к дистиллированной воде (уровень значимости  $p < 0.05$ ).

Наибольшая реакция жуков выявлена на аминокислоты метионин и валин, что может быть связано с тем, что хотя жужелицы и являются хищниками, но в природе они могут питаться и мёртвой органикой. Потому их больше привлекают аминокислоты с неприятным запахом (как метионин), характерным для их жертв (Таблица 1, Диаграмма 1, Приложение 1, Рис. 6, 7).

**Реакция на аминокислоту**



В ходе данного эксперимента подтверждено, что хеморецепция или реакция жужелиц на аминокислоту является важным фактором в их ориентации.

В 2025 году подтвердили результаты экспериментов за 2024 год (Таблица 2). В ходе работы сравнили влияние двух аминокислот: метионина (с резким запахом) и триптофана (без выраженного резкого запаха) (Таблица 2).

Таблица 2

**Реакция жужелиц на метионин и триптофан (2025 г.)**

Аминокислота	Количество этапов в эксперименте										Всего «+»
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Триптофан	+	-	+	-	+	+	+	+	-	+	12
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	+	+	-	+	-	+	+	-	-	-	
Метионин	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	

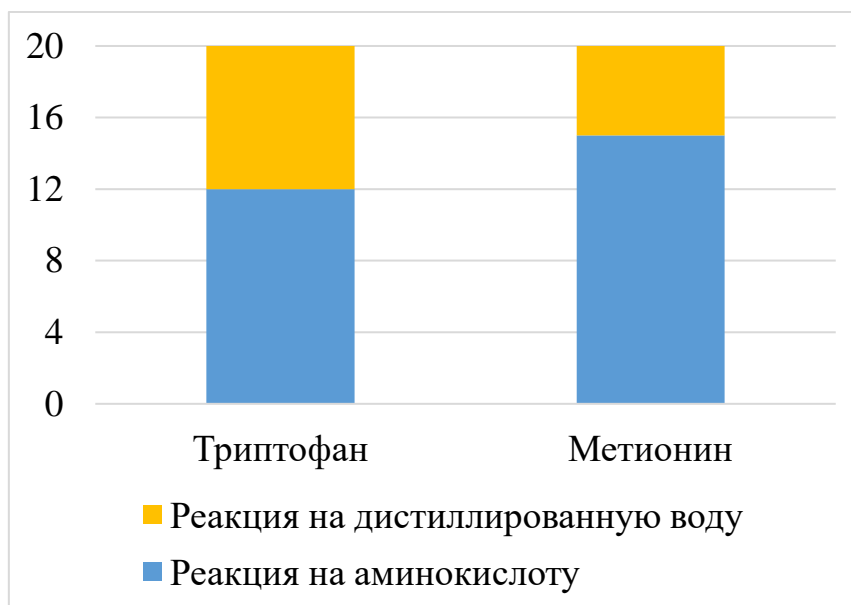
Примечание: «+» – выбор аминокислоты, «-» – выбор дистиллированной воды.

Как видно из таблицы, жужелицы активно реагируют на наличие рассмотренных аминокислот, в 27 из 40 вариантов (или 67,5 %) перемещаясь в камере в направлении фильтровальной бумаги с аминокислотой, что подтверждает результат эксперимента за 2024 год (Таблица 1, 2).

Наибольшую реакцию жужелицы показали на аминокислоту метионин, которая имеет неприятный запах и тем самым привлекает жужелиц (несмотря на то, что разница в экспериментах получилась незначительная, но реакция на метионин более выраженная) (Таблица 2, Диаграмма 2, Приложение 2, Рис. 6).

Диаграмма 2

### Реакция жужелиц на метионин и триптофан



Таким образом, мы подтвердили, что жужелиц привлекают аминокислоты с неприятным запахом (как метионин), характерным для их жертв (Таблица 2, Диаграмма 2).

## **Выводы**

1. Жужелицы – насекомые из отряда жёсткокрылых, большинство – хищники. Хеморецепция – способность воспринимать специфические химические стимулы, обеспечивающая восприятие запаха и вкуса, химическую коммуникацию. Хеморецепция у жужелиц осуществляется с помощью обонятельных сенсилл.

2. Для изучения хеморецепции были взяты четыре вида жужелиц и незаменимые аминокислоты: триптофан, метионин, валин, лейцин, лизин. По результатам исследования за два года наибольшую реакцию жужелицы показали на аминокислоту метионин.

3. Сравнивая реакцию жужелиц на триптофан и метионин, наибольшую реакцию жужелицы показали на аминокислоту метионин, которая имеет резкий неприятный запах и тем самым привлекает жужелиц.

4. Полученные результаты рекомендуем использовать при разработке биологически активных веществ для защиты сельскохозяйственных и лесных растений от вредителей.

## **Заключение**

Проведённое исследование позволило выявить, что жужелицы способны реагировать на аминокислоты и использовать при поиске пищи хеморецепцию, т.е. выдвинутая нами гипотеза подтвердилась. Насекомых больше привлекают аминокислоты с неприятным запахом (как метионин), характерным для их жертв.

Полученные результаты могут быть также использованы при изучении пространственной ориентации и горизонтальных миграций насекомых.

## Список использованной литературы







1. Гуллан, П.Дж. Насекомые: очерк энтомологии / П.Дж. Гуллан, П.С. Крэнстон. -3-е изд.- Оксфорд: Изд-во Блэквелла, 2005. - 475 с.
2. Животный мир Республики Коми. Паукообразные и насекомые / М.М. Долгин, А.Н. Зиновьева, А.А. Колесникова, О.И. Кулакова, О.А. Лоскутова, Е.Н. Мелехина, С.В. Пестов, А.А. Таскаева, А.Г. Татаринцов. - Сыктывкар, 2010. -252 с.
3. Жужелицы [Электронный ресурс]. - М.: Большая Рос.энцикл., 2008. - Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/zhuzhelitsy-7002> ес.
4. Жужелица [Электронный ресурс]. – Дикие животные, 2019 - Режим доступа: <https://wildfauna.ru/zhuzhelica>.
5. Калюжный, В.Г. Изучение ориентации почвенных беспозвоночных / В.Г.Калюжный. - Ростов: Из-во Ростовского университета, 1984. - 48 с.
6. Колесникова, А.А. Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) / А.А. Колесникова, М.М. Долгин, Т.Н. Конакова - Сыктывкар : ИБ Коми НЦ УрО РАН, 2017. - 340 с.
7. Мамонова, З.И. Изучение почвенных беспозвоночных животных (методические рекомендации в помощь учителям биологии, руководителям школьных научных обществ, педагогам дополнительного образования) / З.И. Мамонова. -Тверь, 2011.- 12 с.
8. Мордкович, В.Г. Жуки-жужелицы (Coleoptera, Carabidae) и зоодиагностика экологической сукцессии на техногенных катенах бурогольных отвалов КАТЭКа (Красноярский край) / В.Г. Мордкович, И.И. Любечанский// Известия РАН. Серия биологическая. - 2019. - № 5.- С. 533-543.
9. Москалев, А.А. Статистические методы в экологии с использованием R, Statistica, Excel и SPSS /А.А.Москалев, А.Б. Новаковский. - Сыктывкар: Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, 2014. - 197 с.
10. Соколинская, Е.Л. Молекулярные основы хеморецепции насекомых [Электронный ресурс] / Е.Л. Соколинская, Д.В. Колесов, К.А. Лукьянов, А.М. Богданов. - Москва: Институт биоорганической химии им. академиком М.М.Шемякина и Ю.А.Овчинникова РАН, 2020. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/molekulyarnye-osnovy-hemoretseptsii-nasekomuyh/viewer>.
11. Стручкова, И.В. Аминокислоты. Учебно-методическое пособие / И.В. Стручкова, А.А. Брилкина. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2016. - 32 с.
12. Химическая коммуникация у насекомых [Электронный ресурс] – Википедия, 2024. - Режим доступа: [https://translated.turbopages.org/proxy\\_u/en-ru.ru.9c2706b9-671e5093-4900e1a5-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Chemical\\_communication\\_in\\_insects](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.9c2706b9-671e5093-4900e1a5-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Chemical_communication_in_insects).

13. Fadl, M.A. Chemical communication in insect communities: a guide to insect pheromones with special emphasis on social insects / M.A. Fadl, E.D. Morgan // Biol. Rev. -1990. - № 65.- P. 227-247.

Проведение эксперимента

		
<p>Рис. 1. Камера для изучения хеморецепции у жувелиц (фото автора)</p>		

Проведение эксперимента (2025 год)

	
<p>Рис. 1. Жужелица <i>Carabus granulatus</i>, используемая для эксперимента (фото автора)</p>	<p>Рис. 2. Жужелица <i>Broscus cephalotes</i>, используемая для эксперимента (фото автора)</p>
	
<p>Рис. 3. Жужелица <i>Pterostichus magus</i>, используемая для эксперимента (фото автора)</p>	<p>Рис. 4. Жужелица <i>Pterostichus melanarius</i>, используемая для эксперимента (фото автора)</p>
	
<p>Рис. 5. Подготовка к эксперименту (фото автора)</p>	<p>Рис. 6. Реакция жужелицы на метионин (фото автора)</p>