

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ МЕТОДАМИ БИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

© 2009 Н.И. Еремеева, С.В. Блинова, С.Л. Лузянин
Кемеровский государственный университет

Рассмотрена возможность использования пчел трибы *Vombini* сем. *Apidae* и муравьев сем. *Formicidae* для биологического мониторинга городской среды. При использовании пчел наиболее информативны показатели: изменение суммарного числа видов по градиенту антропогенного воздействия, индекс разнообразия сообщества, коэффициенты фаунистического сходства и сходства по обилию с контролем, число редких и очень редких видов в экосистеме. При изучении муравьев перспективным показателем является соотношение типов гнезд на различных по степени влияния участках.

Ключевые слова: *биологический мониторинг, городская среда, пчелы, муравьи*

Воздействие техногенеза на окружающую природную среду многоаспектно и охватывает все геосферы: от поверхности Земли и приземного слоя атмосферы до околоземного космического пространства. Однако человечество в наибольшей степени затрагивают такие экологические последствия формирования техносферы, как изменения наземных экосистем в условиях урбанизации. В связи с этим особую актуальность приобретает проблема экологического мониторинга городской среды, адекватная оценка ее состояния. Методы биологического мониторинга позволяют оценить экологическое состояние экосистемы не по уровням абиотических факторов (по нормативам ПДК), а по комплексу биотических показателей. При этом выявляется адаптивный потенциал биоты, учитываются не только прямые, но и косвенные эффекты воздействий. Они не требуют применения дорогостоящей аппаратуры, при этом сохраняется достоверность получаемых оценок.

Целью настоящей работы является изучение возможности использования насекомых для мониторинга состояния городской среды.

В качестве индикаторных групп использовали перепончатокрылых насекомых: муравьев (*Hymenoptera*, *Formicidae*) и пчел трибы *Vombini* (*Hymenoptera*, *Apidae*). Исследования проводили в 1998-2009 гг. на территории г. Кемерово – крупного промышленного центра Сибири. Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) в городе оценивается как «высокий» [5].

Еремеева Наталья Ивановна, доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии и экологии, E-mail: peremeeva@mail.ru

Блинова Светлана Викторовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и экологии, E-mail: sv_blinova@mail.ru

Лузянин Сергей Леонидович, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры зоологии и экологии, E-mail: bombuluz@ngs.ru

Сбор материала проводили на наиболее типичных биотопах – разнотравно-злаковых лугах. В городе исследовали три участка: 1 – промышленная зона ПО «Азот», Заводский район города, 2 – селитебная зона, Центральный район, 3 – луга на территории городского соснового бора, Рудничный район. В качестве контроля были выбраны аналогичные биотопы в окрестностях города, в пределах 30 км от черты города в разных направлениях. Участки исследования различались уровнем загрязнения атмосферного воздуха [5], степенью рекреационной нагрузки [9], проективным покрытием (табл. 1).

Сбор и учет насекомых проводили стандартными методами [2-3]. При сравнении сообществ насекомых в работе использованы: коэффициент фаунистического сходства Жаккара, коэффициент сходства по обилию, индекс разнообразия сообщества Шеннона [8]. Кроме этого рассматривали экологическую структуру сообществ (соотношение экологических групп) насекомых и долю видов разных классов обилия на модельных участках. Были выделены классы обилия пчел и муравьев [1; 6 с изменениями].

В результате установлено, что на разнотравно-злаковых лугах в г. Кемерово и контрольной зоне обитает 12 видов 5 родов сем. *Formicidae* и 23 вида 2 родов трибы *Vombini* сем. *Apidae*. При этом видовое богатство муравьев в условиях города (11 видов 5 родов) почти в два раза выше, чем в контроле, где обнаружены 5 видов 4 родов. У пчел трибы *Vombini*, напротив, видовое богатство на разнотравно-злаковых лугах в условиях города снижается (17 видов 2 родов – в городе; 23 вида 2 родов – в контроле). По мере снижения уровня загрязнения воздуха число видов обоих исследуемых групп растет в последовательности: промзона – Центральный район – сосновый бор (рис. 1). Установлена отрицательная корреляционная зависимость числа видов и ИЗА: коэффициент корреляции $r = -0,77$ – для пчел и $r = -0,76$ – для муравьев.

Таблица 1. Некоторые характеристики участков исследования

Характеристика	Город			Контроль
	промзона	Централь- ный район	городской со- сновый бор	
ИЗА в разные годы	29,03-47,38	9,79-15,74	2,91-12,57	8,89-9,09
оценка уровня загрязнения	очень высокий	высокий	повышенный	повышенный
проективное покрытие, %	80-100	65-80	65-75	85-100
степень рекреационной на- грузки	средняя	высокая	высокая	низкая

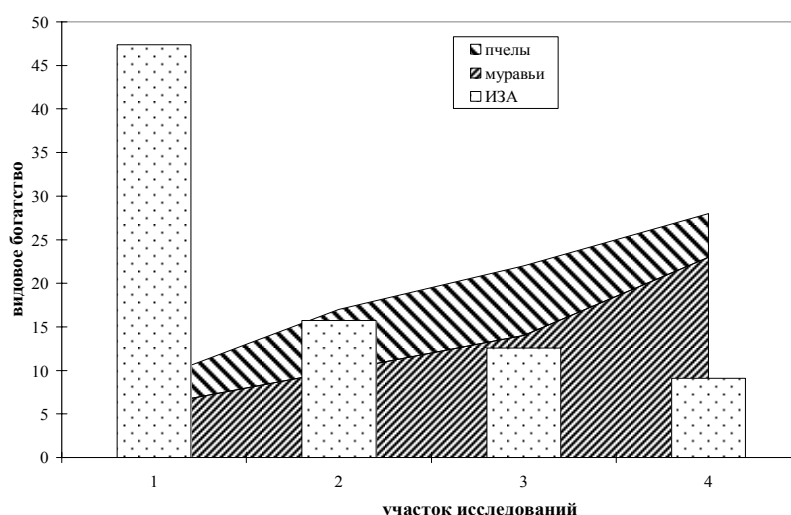


Рис. 1. Изменение видового богатства пчел и муравьев в зависимости от уровня атмосферного загрязнения (ИЗА). Характеристика участков – в тексте

Наименьшее видовое богатство исследуемых групп насекомых отмечено в промышленной зоне, характеризующейся максимальной степенью загрязнения выбросами промышленных предприятий: 3 вида муравьев и 6 видов пчел трибы *Vombini* (табл. 2). Максимальное число видов в городе обнаружено на лугах на

территории соснового бора: *Vombini* – 14, *Formicidae* – 8 видов. Это объясняется тем, что данное местообитание является «экологическим окном» города Кемерово, где сохранились элементы естественной растительности в пределах урбанизированной территории [7].

Таблица 2. Характеристики сообществ пчел трибы *Vombini* (верхняя строка) и муравьев (нижняя строка) на модельных участках

Показатель	Город			Контроль
	Пром- зона	Централь- ный район	городской сосновый бор	
число видов	6 3	10 7	14 8	23 5
доля редких и очень редких видов от общего числа видов, %	- -	10,0 14,3	7,1 37,5	17,4 -
доля эвритопных видов, %	66,6 33,3	70,0 14,3	50,0 25,0	34,8 20,0
коэффициент фаунистического сходства с контролем, долях	0,26 0,33	0,43 0,50	0,54 0,44	- -
коэффициент сходства по оби- лию с контролем, долях	0,25 0,25	0,25 0,47	0,33 0,19	- -
индекс разнообразия сообщест- ва, битах/особь	1,34 0,64	1,80 1,02	2,24 2,18	2,82 1,21

По мере снижения уровня загрязнения у пчел наблюдается возрастание числа видов и, соответственно, закономерное возрастание коэффициента фаунистического сходства с контролем. В то же время у муравьев в контроле число видов снижается и сравнимо с видовым богатством в зоне среднего уровня загрязнения (Центральный район города). При рассмотрении сходства городских участков с контролем по обилию особей установлено, что сообщества пчел на лугах соснового бора (наименьший уровень загрязнения на территории города) и по этому показателю наиболее близки к контролю, в то же время у муравьев такой закономерности не отмечено. У муравьев наибольшее сходство с контролем отмечено на участке, расположенном в Центральном районе. Несмотря на отличия сообществ муравьев и пчел по видовому богатству и обилию особей на разных участках исследования, максимальный индекс разнообразия сообщества в условиях города был отмечен на лугах в сосновом бору. При этом в контрольной зоне у пчел индекс имеет еще большее значение, а у муравьев, напротив, снижается по сравнению с сосновым бором. При рассмотрении соотношения насекомых разных классов обилия на модельных участках установлено, что доля редких и очень редких видов пчел трибы *Vombini* достигает максимальной величины в контрольной зоне (табл. 2). У муравьев такой закономерности не выявлено.

Способность рассматриваемых групп насекомых успешно существовать в условиях города определяется их экологическими особенностями. Например, у пчел основу населения лугов составляют виды-эвритопы (табл. 2). Однако у них корреляционная зависимость числа видов-эвритопов от уровня загрязнения атмосферного воздуха невелика: $r=0,56$. Анализируя кормовую базу *Vombini* обнаружено, что

на всех городских участках достаточно разнообразен трофический спектр, как в видовом, так и в численном отношении [4]. Это связано с наличием в Центральном районе города участков с естественной растительностью, а в промзоне – заброшенных территорий, где наблюдается частичное восстановление растительного покрова. В городских условиях отмеченные виды *Vombini* и *Formicidae* могут обеспечить себя необходимыми кормовыми ресурсами благодаря широким трофическим связям и реактивности переключения с одного корма на другой.

Исследования показали, что пчелы и муравьи по-разному реагируют на антропогенное воздействие. Более четкие реакции на загрязнение среды выявлены у пчел трибы *Vombini*. Информативными показателями являются изменение суммарного числа видов в зависимости от степени антропогенного воздействия, индекс разнообразия сообщества, коэффициенты фаунистического сходства и сходства по обилию с контролем, вклад редких и очень редких видов. По этим характеристикам пчел наиболее перспективно использовать в мониторинговых исследованиях по сравнению с муравьями. У муравьев наблюдается прямая корреляционная зависимость между степенью загрязнения и встречаемостью представителей рода *Lasius* ($r=0,58$) и обратная корреляция для родов *Formica* и *Myrmica* ($r=-0,95$ и $-0,20$, соответственно). Наиболее информативным показателем для биологического мониторинга при исследованиях муравьев является изменение соотношения типов гнезд на различных по степени влияния участках (рис. 2). Установлено, что большинство найденных гнезд на территории города расположены подземно. В контроле на долю подземных гнезд приходится менее 10%; преобладают гнезда в виде земляных и растительных холмиков.

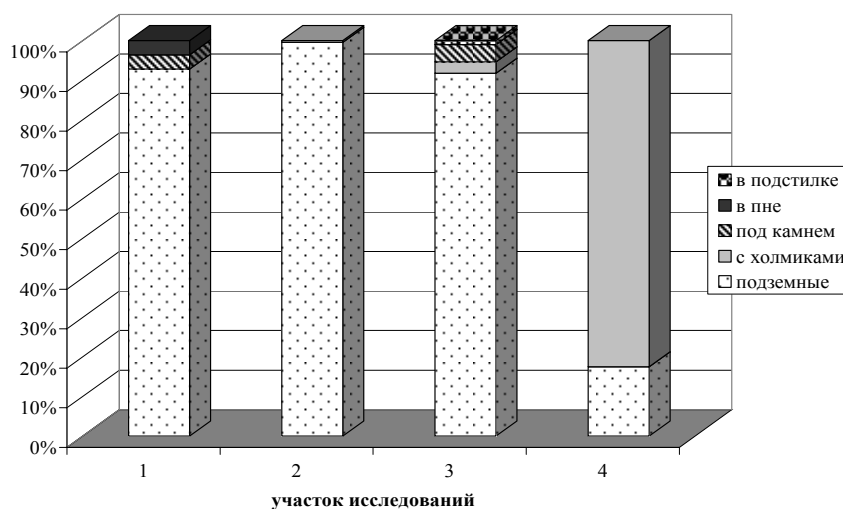


Рис. 2. Число гнезд муравьев различных типов на городских участках и контроле, %. Характеристика участков приведена в тексте

В связи с высокой степенью рекреационной нагрузки в городе происходит активное разрушение гнезд насекомых, и в первую очередь наземного типа. Поэтому у большинства обнаруженных видов Formicidae и Vombini гнезда расположены подземно. Виды только с наземным гнездованием (*L. flavus*, *T. caespitum*, *B. pascuorum*, *B. veteranus*) строят гнезда в наиболее безлюдных местах и на участках с высокой степенью проективного покрытия.

Выводы: условия городской среды определяют формирование на территории города групп экологически пластичных насекомых, которые проявляют ряд ответных реакций на антропогенное воздействие и способны адаптироваться к сложившимся условиям городской среды. При правильном выборе видов-индикаторов применение методов биологического мониторинга гарантирует адекватную оценку реальной экологической опасности и позволяет организовать мониторинговые исследования с наименьшими затратами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Блинова, С.В.* Анализ структуры мирмекофауны (Formicidae, Hymenoptera) Кузнецко-Салаирской горной области // Тр. Кемер. отд-я РЭО. – Кемерово: Юнити, 2007. – Вып. 5. – С. 10-16.
2. *Бубнова, Т.В.* Методические рекомендации по сбору насекомых. – Горно-Алтайск, 1988. – 67 с.
3. *Бугрова, Н.М.* Методические указания по изучению экологии и определению муравьев / *Н.М. Бугрова, Ж.И. Резникова.* – Новосибирск: Изд-во НГУ, 1989. – 42 с.
4. *Еремеева, Н.И.* Трофические особенности дневных бабочек и шмелей на урбанизированной территории / *Н.И. Еремеева, Д.В. Сущев* // Тр. Кемер. отд-я РЭО. – Кемерово: Юнити, 2003. – Вып. 2. – С. 23-34.
5. *Зайцев, В.И.* Охрана атмосферного воздуха / *В.И. Зайцев, В.П. Латыгин, А.Ф. Лодза, А.Н. Гравдун* // Здоровье населения и окружающая среда г. Кемерово. – Кемерово: Летопись, 2004. – С. 139-227.
6. *Песенко, Ю.А.* Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. – М.: Наука, 1982. – 288 с.
7. *Тарасова, И.В.* Современное состояние растительности Рудничного бора г. Кемерово // Молодые ученые Кузбасса – народному хозяйству. – Кемерово, 1990. – Ч. 4. – С. 54.
8. *Чернов, Ю.И.* О некоторых индексах, используемых при анализе структуры животного населения суши // Зоол. журн. – 1971. – Т. 50, вып. 7. – С. 1079-1092.
9. *Bugrova, N.M.* The state of *Formica polyctena* Forst. (Hymenoptera, Formicidae) population in recreation forests / *N.M. Bugrova, J.I. Reznikova* // Mem. zool. – 1990. – 44. – P. 13-19.
1. *Блинова, С.В.* Анализ структуры мирмекофауны (Formicidae, Hymenoptera) Кузнецко-Салаирской

ESTIMATION OF CITY MEDIUM QUALITY BY METHODS OF BIOLOGICAL MONITORING

© 2009 N.I. Yeremeyeva, S.V. Blinova, S.L. Luzyanin
Kemerovo State University

The opportunity of using the bees tribe Bombini (Apidae) and ants (Formicidae) for city medium biological monitoring is surveyed. At bees using most informative parameters are: change of total number of kinds on a gradient of anthropogenous influence, index of variety of community, factors of faunistic similarity and similarity on an abundance with the control, number of rare and very rare kinds in ecosystem. At studying ants the perspective parameter is the ratio of jack types on various of influence degree sites.

Key words: *biological monitoring, city medium, bees, ants*

Natalia Eremeeva, Doctor of Biology, Professor, Zoology and Ecology Department. E-mail: neremeeva@mail.ru
Svetlana Blinova, Candidate of Biology, Associate Professor, Zoology and Ecology Department. E-mail: sv_blinova@mail.ru
Sergey Luzyanin, Candidate of Biology, Senior Lecturer, Zoology and Ecology Department. E-mail: bombuluz@ngs.ru