

Почвенные беспозвоночные как биоиндикаторы техногенного воздействия на экосистему г. Архангельска

Коновалова О. Н., Попова Л. Ф., Филиппов Б. Ю.

Интенсивная производственная деятельность человека сопровождается загрязнением компонентов окружающей среды. Концентрация ТМ в жуужелицах коррелирует с их содержанием в почве и растениях, и может быть использована для биоиндикации антропогенного воздействия на экосистемы промышленных территорий города.

Ключевые слова: *ландшафт, почвенно-растительный покров, жуужелицы, видовое разнообразие экосистемы, поллютанты, тяжелые металлы, подвижные формы.*

Soil invertebrates as bioindicators of technological impact on the ecosystem of Arkhangelsk

Konovalova O. N., Popova L. F., Filippov B. Y.

Intensive production activities of humans are accompanied by contamination of environment components. Concentration of heavy metals in carabid beetles correlates with their concentration in soil and plants and can be used for bioindication of the anthropogenic impact on the ecosystems of the city's industrial areas.

Keywords: *landscape, vegetative ground cover, Carabidae, ecosystem diversity, pollutant, metal heavy, moving form.*

Введение

Крупные промышленные центры Крайнего Севера характеризуются неблагоприятной экологической ситуацией, сложившейся под воздействием техногенных нагрузок, обуславливающих антропогенную модификацию окружающей среды.

Для городских территорий характерно создание совершенно особой среды, где рядом с человеком сосуществуют растительные и животные

комплексы [3]. Для оценки влияния техногенных загрязнений на почвенно-растительный покров часто используют жужелиц [1, 5].

Установлено, что, несмотря на высокую полиморфность этого семейства, его представители способны накапливать все подлежащие контролю поллютанты. Количество тяжелых металлов в животных (жужелицах) широко варьируется для различных территорий и колеблется от 5 мг/кг до 650 мг/мг [2].

Среди всех химических загрязнителей тяжелые металлы (далее ТМ) рассматриваются как одни из основных компонентов антропогенного загрязнения окружающей среды. Наиболее распространенными ТМ являются Zn и Cu, они выполняют двойственную роль: с одной стороны – техногенные поллютанты, с другой – важные микроэлементы.

Цель исследования – изучить возможность использования почвенных беспозвоночных (на примере, жужелиц) как биоиндикаторов техногенного воздействия на экосистему г. Архангельска.

Материал и методы исследования

На территории техногенно-антропогенных ландшафтов г. Архангельска было заложено 7 пробных площадей (далее ПП) (природный ландшафт – 1, селитебный ландшафт – 3 ПП, промышленный – 3 ПП). Характеристику ПП см. табл.1.

Таблица 1 — Характеристика пробных площадей

№	Местоположение	Категория	Древесные породы	Разнотравье	Почва
Природный ландшафт					
1	300 м от дер. Конецгорье	Луг	Отсутствуют	Мятлик луговой, клевер ползучий, одуванчик лекарственный, иван-чай, овсяница луговая и. т. д.	Луговая дерновая
Селитебный ландшафт					

2	ул. Комсомольская, д. 36	Газон	Береза пушистая, тополь душистый	Крапива двудомная, клевер ползучий, одуванчик лекарст., и. т. д.	Реплантозем песчаный
3	Перекресток ул. Логинова и пр. Троицкий	Сквер	Береза пушистая, тополь душистый	Крапива двудомная, лютик едкий, лопух обыкн., и др.	Урбанозем переменнo-насыпной
4	Петровский парк	Парк	Тополь душистый, береза пушистая	Мятник луговой, подорожник большой, одуванчик лекарст., и др.	Культурозем
Промышленный ландшафт					
5	ул. Набережная Северной Двины, 140	Пустырь	Ива	Мать-и-мачеха, осот полевой, злаки, клевер белый, мышинный горошек, лютик едкий и др.	Урбанозем
6	Перекресток ул. Розинга и проезда Бадигина	Газон с деревьями перед предприятиями	Береза пушистая, тополь душистый, ива, ольха	Одуванчик обыкновенный, борщевик Сосновского, осот полевой, полынь и др.	Реплантозем песчаный
7	Рейдовая, д.14	Газон перед предприятием «Речной порт»	Ива	Мать-и-мачеха, злаки, ромашка лекарственная, пижма, борщевик Сосновского, кипрей узколистный и др.	Реплантозем

С этих ПП, для оценки степени поглощения живыми организмами поллютантов из окружающей среды, были отобраны образцы жуков-жужелиц. Основным методом сбора материала были почвенные ловушки Барбера-Гейдермана [10, 11]. В качестве ловушек применяли пластиковые стаканы емкостью 0,5 л. На каждой ПП устанавливали по 6 ловушек. Ловушки проверяли раз в 3 дня.

Для определения содержания цинка и меди в жужелицах была взята смешанная проба с каждого ландшафта, массой 5г. Количественное

определение меди и цинка в исследуемых пробах было выполнено на базе лаборатории биогеохимических исследований ИЕНБ САФУ имени М.В. Ломоносова атомно-абсорбционным методом по методике, основанной на ГОСТ 30692-2000 [4], с привлечением оборудования ЦКП НО «Арктика» САФУ имени М.В. Ломоносова при финансовой поддержке Минобрнауки России.

Результаты исследования и их обсуждения

Все отмеченные виды жуужелиц относятся к хищным видам, растительноядных видов не зарегистрировано. Хищные виды жуужелиц (зоофаги) представлены следующими видами: *Carabus granulatus*, *Pterostichus melanarius*, *Pterostichus niger*. Один вид был из группы со смешанным питанием *Amara communis* (миксофитофаг). Данный вид отмечен на ПП промышленного и селитебного ландшафтов. Исследования показали, что число экземпляров видов зоофагов и миксофитофага в почвенно-растительном покрове природных и техногенно-антропогенных ландшафтов различно (табл. 2).

В условно чистой дерновой почве природного ландшафта жуужелиц со смешанным типом питания не зарегистрировано. В почвах городских ландшафтов, наряду с хищными видами жуужелиц зарегистрировано значительное количество жуужелиц со смешанным типом питания.

Таблица 2 — Видовой состав жуужелиц

Ландшафт	Виды жуужелиц	№, экз.	№, общ. экз. Жуужелиц	Динамическая плотность, экз./10лов.-сут
Природный	<i>Carabus granulatus</i>	38	94	2,1
	<i>Pterostichus melanarius</i>	56		3,1
Селитебный	<i>Carabus granulatus</i>	79	167	4,4
	<i>Amara communis</i>	50		2,8
	<i>Pterostichus melanarius</i>	20		1,1
	<i>Pterostichus niger</i>	18		1,0

Промышленный	<i>Carabus granulatus</i>	62	152	3,5
	<i>Amara communis</i>	14		0,8
	<i>Pterosticus melanarius</i>	76		4,2

Средняя уловитость жуужелиц ПП промышленного и селитебного ландшафтов, выше в среднем в 1,5 раза, чем ПП природного ландшафта (см. табл.2). Более высокие показатели числа видов и уловитости жуужелиц в ПП селитебного и промышленного ландшафтов по сравнению с природным ландшафтом, скорее всего, связаны с повышением мозаичности биоценозов этой территории и длительным техногенным воздействием на них.

Таким образом, в техногенно измененных условиях города изменяется не только видовой состав и численность популяции жуужелиц, но и отмечается рост динамической плотности.

Предполагается, что хищные виды способны аккумулировать в себе значительное количество ТМ, тем самым лучше приспосабливаться к изменяющимся условиям окружающей среды [3].

Поллютанты, поступая в почву, частично трансформируются и мигрируют в сопредельные среды: грунтовые воды, растения и живые организмы. Наиболее доступными для растений и почвенной биоты являются подвижные формы (далее ПФ) ТМ (~ 95 % от валового содержания) [8].

ПФ ТМ представлены следующими формами: обменные и специфически сорбированные формы, формы цинка и меди, связанные с несиликатными соединениями железа, марганца и алюминия, формы ТМ, связанные с органическим веществом почвы [9].

Наиболее подвижными и доступными для растений и почвенной биоты являются обменные и специфически сорбированные формы ТМ. Эти формы для Zn составляют 35% и 7% от всех ПФ, а для Cu – 20% и 6%, соответственно, поэтому далее в виде ПФ мы рассматривали сумму обменных и специфически сорбированных форм этих металлов [6, 9].

Валовое содержание (далее ВС) и содержание подвижных форм меди и цинка в почвах исследуемых ландшафтов отображено в табл. 3.

Количество ПФ цинка в естественной почве на 85 % представлены обменными формами, в городских почвах доля этих форм уменьшается в среднем в 1,5 раза, а содержание специфически сорбированных форм увеличивается в 1,8 раза. ПФ меди в естественной почве практически отсутствуют (< 1,0 % от ВС), а в городских почвах их доля увеличивается в 5 раз [9].

Таблица 3 — Валовое содержание и содержание подвижных форм цинка и меди в почве природных и городских ландшафтов

Ландшафт	ТМ	Природный	Селитебный	Промышленный
Содержание ВС, мг/кг	Zn	68	190	70
	Cu	18	52	17
С (ПФ), мг/кг	Zn	26	48	38
	Cu	0,5	2,5	13

Анализ накопления ТМ в разнотравье не выявил превышения ПДК меди ни на одном из исследуемых ландшафтов, и её содержание является достаточным для нормального роста и развития растений, нормой считается интервал концентраций от 5,0 до 30,0 мг/кг.

Так как единого мнения относительно содержания цинка в растениях нет и ПДК для растений установлена довольно в широких пределах (от 150,0 до 300,0 мг/кг), то в качестве оценочного показателя была использована фитотоксическая его концентрация (400,0 мг/кг). Превышения этого значения ни на одном ландшафте не отмечается.

Содержание Cu в растительном покрове природного ландшафта составляет 0,4 мг/кг, Zn – 1,3 мг/кг, в разнотравье селитебного и промышленного ландшафтов содержание Cu составляет 1,3 мг/кг и 2,7 мг/кг, а Zn – 7,3 мг/кг и 3,2 мг/кг, соответственно [7].

Интенсивность накопления ТМ растительным покровом оценивалась с помощью коэффициента биологического поглощения КБП, который характеризует потенциальную доступность элементов растениям (рис.1). По величине КБП цинк разнотравье относится к элементам сильного

накопления, а медь – слабого захвата. Потенциальная доступность цинка выше, чем меди.

Актуальная доступность элементов для растений была оценена с помощью коэффициента биогеохимического поглощения (рис. 1).

Для разнотравья природного ландшафта наиболее доступным является Zn. Оценить реальное поглощение элементов растениями из почвы здесь не представляется возможным, так как для этих ландшафтов велика роль пылевого загрязнения. Аккумуляция металлов в растениях отражает специфику антропогенного воздействия.

Содержание Zn в почвах и растениях убывает в ряду ландшафтов (рис. 2): селитебный > промышленный > природный. По содержанию Cu в почвах и растениях исследуемые ландшафты можно расположить в ряд: промышленный > селитебный > природный. Накопление ТМ в городских ландшафтах может свидетельствовать о техногенном загрязнении этими поллютантами почвенно-растительного покрова [7].

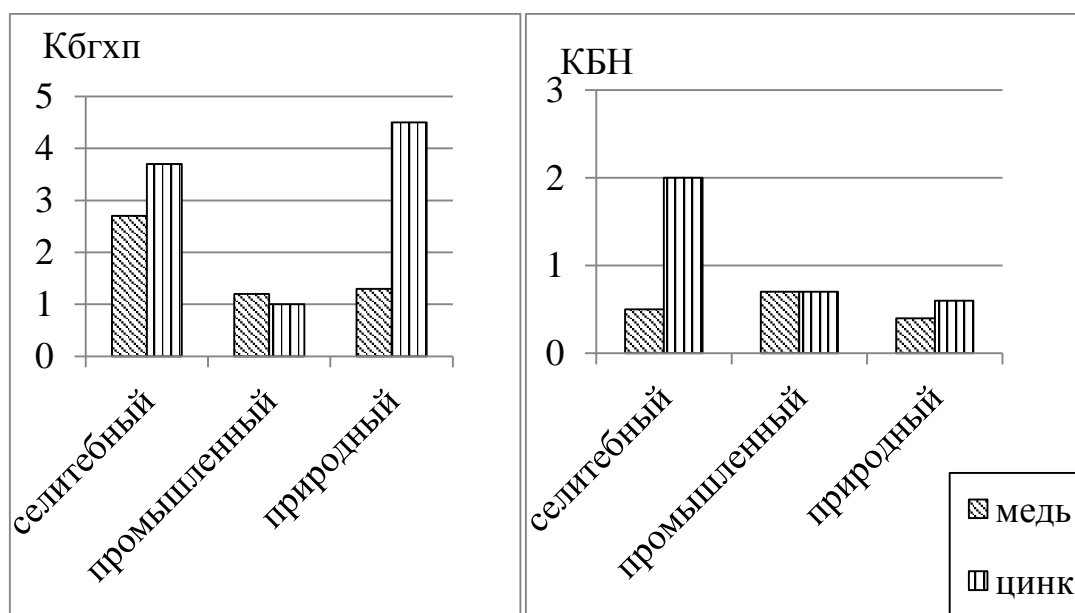


Рисунок 1 — Значение коэффициентов биогеохимического поглощения ($K_{бгхп}$) и коэффициентов биологического накопления (КБН) для разнотравья урбодиафтов г. Архангельска

Содержание Cu в жуелицах, собранных в почвах природного ландшафта, составляет 4,7 мг/кг, Zn – 11,5 мг/кг. В почвенной биоте

городских ландшафтов содержание Cu в среднем составляет 11,0 мг/кг, Zn – 7,5 мг/кг (см. рис.2).

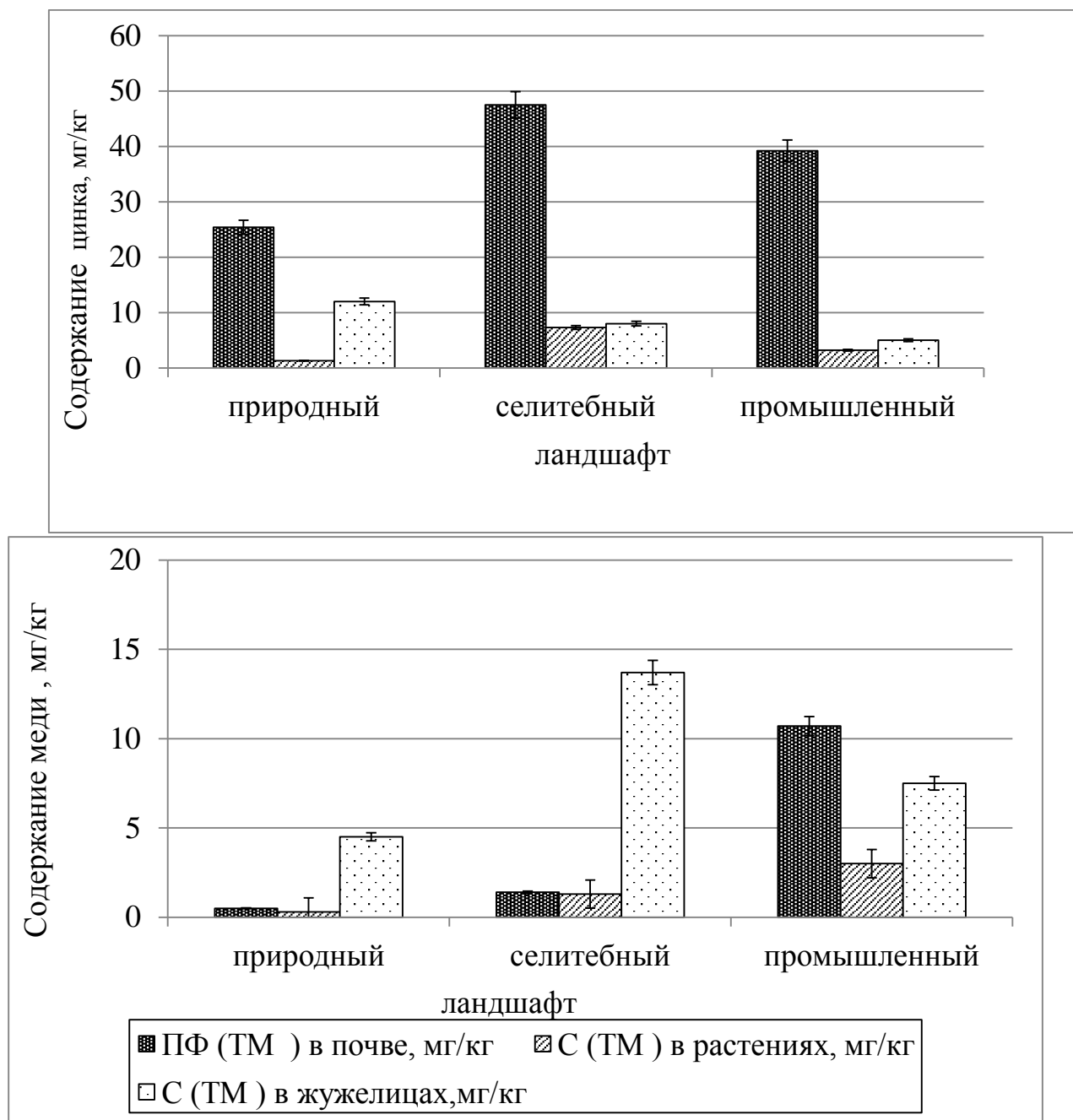


Рисунок 2 — Содержание цинка и меди в почвах, растениях и жужелицах, мг/кг.

Содержание этих металлов в жужелицах, обитающих в городских и природных почвах выше, чем в растениях (см. рис. 2). Это обусловлено

тем, что жуки-жужелицы являются консументом в трофической цепи и накапливают поллютанты, питаясь как наземной, так и подземной частью растений.

Жужелицы, собранные в почве природного ландшафта содержат больше Zn, чем жужелицы, обитающие в почвах городских ландшафтов, что может быть связано с высоким содержанием обменных форм этого поллютанта в естественной почве. Непрочно связанный цинк поступает в растения и почвенный раствор, и далее по трофической цепи питания в биообъекты. Следует отметить, что для цинка характерно специфическое распределение элемента в цепях питания.

Медь накапливается преимущественно в жужелицах, собранных в городских почвах. Аналогично, можно предположить, что накопление Cu в почвенной биоте связано с увеличением доли обменных форм этого металла в почвах городских ландшафтов. Таким образом, накопление ТМ в жужелицах зависит от содержания в почве их обменных форм.

Городские ландшафты испытывают больший техногенный пресс, чем природные (содержание Cu в городских почвах выше в 3 раза, Zn – в 2 раза). В техногенно-антропогенных ландшафтах ТМ накапливаются в хищных видах жуков-жужелиц, это свидетельствует об устойчивости их к антропогенному воздействию.

Заключение

Таким образом, техногенное загрязнение почвенно-растительного покрова оказывает влияние на видовое и численное разнообразие сообщества жужелиц. Присутствие цинка и меди в жужелицах, обитающих на ПП природного и антропогенных ландшафтов, свидетельствует о загрязнении экосистемы в целом. Накопление ТМ в жужелицах напрямую зависит от количества подвижных трансформационных форм цинка и меди в почвенном покрове.

Результаты исследований свидетельствуют о возможности и необходимости использования жужелиц в качестве биоиндикаторов техногенного воздействия на экосистему г. Архангельска

Список литературы

Коновалова О. Н., Попова Л. Ф., Филиппов Б. Ю. Почвенные беспозвоночные как биоиндикаторы техногенного воздействия на экосистему г. Архангельска // «Живые и биокосные системы». – 2013. – № 3; URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-3/article-18>

1. Бутовский Б. О. Экологические аспекты энтофауны промышленных зон г. Тулы: автореф. дис. докт. биол. наук: – Тула, 2005, 30 с.
2. Бутовский Б. О. Загрязнение химическими поллютантами энтофауны г. Тулы / Бутовский Б.О. // Теоретические и прикладные проблемы этнографии: тез. докл.Межд. научн. Конф.- М: 2002. - С.100-115.
3. Гонгальский К.Г. Почвенные беспозвоночные как биоиндикаторы промышленного воздействия в лесных экосистемах Центра Европейской России : автореф. дис. ...канд. биол. наук: - Москва, 2004, 160 с.
4. ГОСТ 30692 – 2000. «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Атомно-абсорбционный метод определения содержания меди, свинца, цинка и кадмия».
5. Емец В. М. Биоразнообразие/ Емец В. М. - М: МСХА, 1987. – 485 с.
6. Никитина М.В., Попова Л.Ф., Репницына О.Н. Трансформация подвижных форм цинка и меди в почвах природных и промышленных ландшафтов г. Архангельска. Вестник МГОУ. Серия «Естественные и точные науки». М.: Изд-во МГОУ, 2012. № 4. С. 123-127.
7. Никитина М.В., Репницына О.Н. Трансформация подвижных форм тяжелых металлов на примере цинка, меди и свинца в почвах урболандшафтов г. Архангельска. Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и использования. 13-18 августа 2012. Материалы докладов VI съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева. 2012. Кн. 2. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С.119.
8. Попова Л.Ф., Репницына О.Н. Тяжелые металлы (медь и цинк) в почвенно-растительном покрове Архангельска. Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и использования. 13-18 августа 2012. Материалы докладов VI съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева. 2012. Кн. 3. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С.183.
9. Попова Л. Ф., Репницына О. Н. , Никитина М. В. Трансформация подвижных форм цинка в почвах г. Архангельска / Л.Ф. Попова, О.Н. Репницына, М.В. Никитина // Вестник ПГУ. Серия «Естественные и точные науки». – Архангельск: Изд-во Поморского государственного университета, 2010. – № 4. – С.65–71.

10. Barber H. Traps for cave – inhabiting insects // J. Elisha Mitchell Sci. Soc. 1931. Vol. 46. № 3. P. 259–266.
11. Heydemann B. Über die Bedeutung der "Formalinfallen" für die zoologische Landesforschung // Faun. Mitt. Norddeutschland. 1956. Bd. 6. S. 19–24.

Л. Коновалова
Л. Попова - ЛФ
Филиппов Б. Ю. 