

Сообщества герпетобионтных беспозвоночных в окрестностях крупных медеплавильных заводов на Урале: четверть века исследований



Бельская Е.А., Золотарев

Лаборатория экотоксикологии популяций и
сообществ



Почему загрязнение

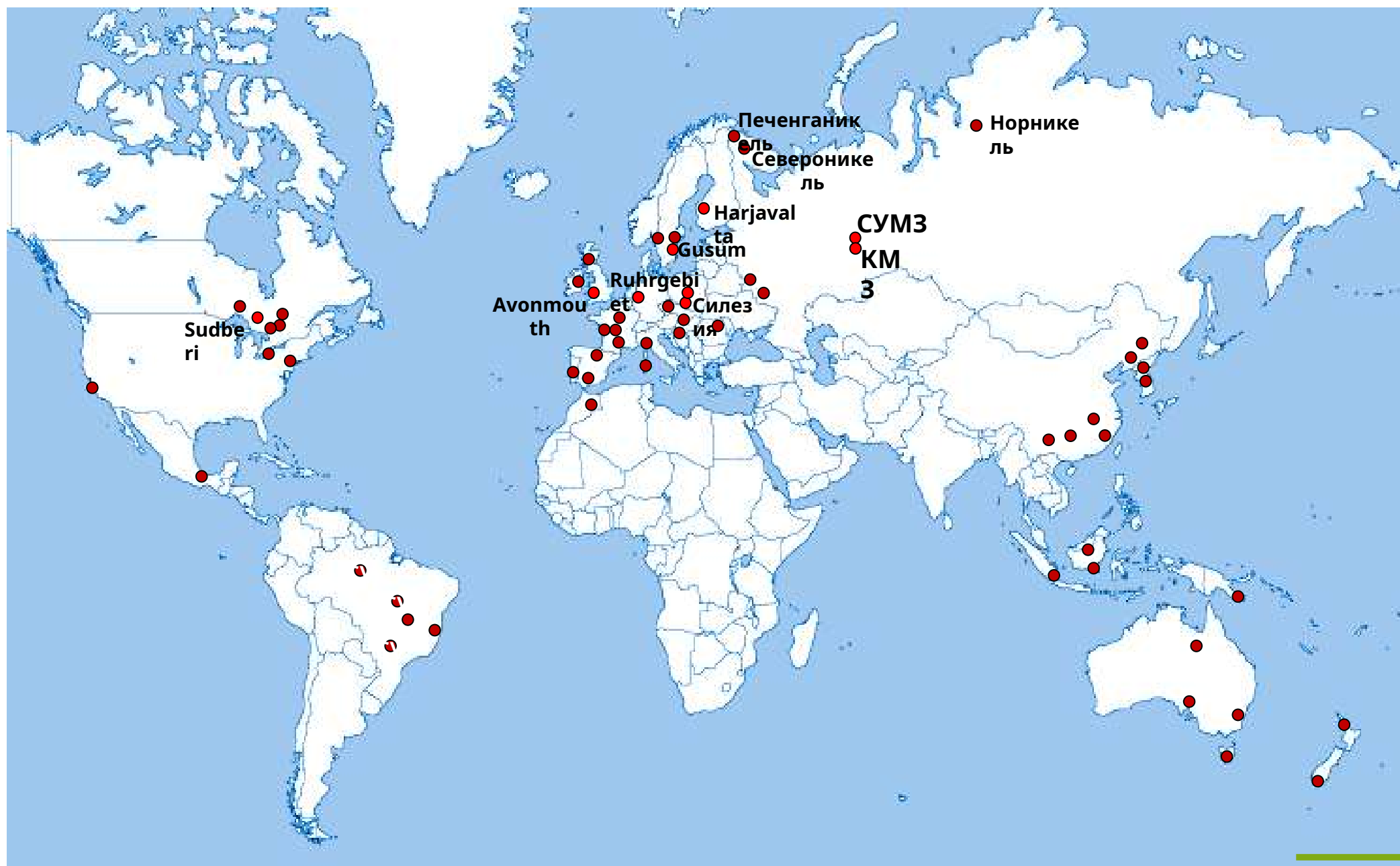


The background image shows several industrial smokestacks emitting thick, dark plumes of smoke that rise into a sky filled with heavy, grey clouds. The smokestacks are dark and silhouetted against the lighter sky. The overall scene conveys a sense of industrial activity and air pollution.

**В период с 2000 по 2022 год в атмосферу ежегодно
выбрасывалось 72–123 млн тонн SO_2 , 113–136 млн тонн
 NO_x и 424–554 млн тонн CO**

(Hoesly et al., 2024)

Импактные регионы



УДК 504.5:661+574.4+574.001.8

ВОЗДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭМИССИИ ПОЛЛЮТАНТОВ НА НАЗЕМНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ: МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СХЕМЫ, РАСПРОСТРАНЕННЫЕ ОШИБКИ

© 2012 г. Е. Л. Воробейчик*, М. В. Козлов**

**Институт экологии растений и животных УрО РАН*

620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

E-mail: ev@ipae.uran.ru

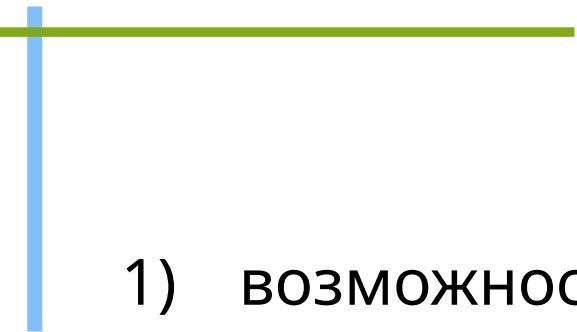
***Лаборатория экологии Университета г. Турку*

20014 Турку, Финляндия

E-mail: mikoz@utu.fi

Поступила в редакцию 15.07.2011 г.

Охарактеризовано современное состояние экологии импактных регионов. Показано, что комплекс экосистем, расположенных вокруг точечного источника эмиссии поллютантов (импактный регион), — удобный модельный объект для решения многих фундаментальных и прикладных проблем экологии, связанных с изучением сильных внешних воздействий на биоту. Рассмотрены типичные методологические ошибки, вызванные недостаточным учетом специфики пассивных экспериментов, и предложены пути их преодоления. Обсуждаются принципы размещения исследуемых участков в пределах импактного региона, а также выбора экспериментальных и измеряемых единиц.

- 
- 1) возможность изучать эффекты на всех уровнях организации живой материи – от суборганизменного до популяционного и ценотического;
 - 2) значительная длительность воздействия, позволяющая рассматривать сукцессионные изменения и микроэволюционные процессы;
 - 3) относительная легкость измерения величины основного действующего фактора;
 - 4) небольшая протяженность градиента загрязнения, что существенно упрощает организацию сбора данных;
 - 5) сильная выраженность биотических эффектов
- 

Объект исследования – ядро герпетобионтного сообщества



ЧТО НЕ ИЗУЧЕНО

- 1) форма зависимости «доза-эффект» (т.е. остается неясной динамика функциональных и структурных показателей вдоль градиентов загрязнения)
- 2) ограниченная информация о конкретных пороговых значениях загрязнения, которые вызывают значительные изменения в сообществах
- 3) крайне слабо изучено естественное восстановление герпетобионтов после сокращения промышленных выбросов

Степень изученности естественного восстановления в районах промышленных предприятий

Типы предприятий	Район	Деревья и кустарники			Травы и кустарнички			Лишайники и мхи	Почвенная микрофлора	Почвенная мезофауна	Почвенная макрофауна	Беспозвоночные-герпетобионты	Беспозвоночные-хортобионты	Беспозвоночные-дендробионты	Насекомые-опылители	Птицы			Мелкие млекопитающие			
		L1	L2	L3	L1	L2	L3	L3	L3	L3	L3	L3	L3	L2	L3	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Cu, Ni, Pb, Zn	г. Садбери																					
	г. Палмертон																					
	г. Рёншэр																					
	г. Жеряв																					
	г. Харьявалта																					
	г. Мончегорск																					
	г. Никель																					
	г. Лисвалль																					
	г. Ревда																					
Al	г. Жьяр-над-Хроном																					
	г. Полевской																					
	г. Кандалакша																					
Прочие	г. Йонава																					
	г. Йена																					
	г. Ситковска-Новины																					

Уровни организации:

L1 – организменный

L2 –

популяционный

L3 – ценотический

СУМЗ



КМЗ



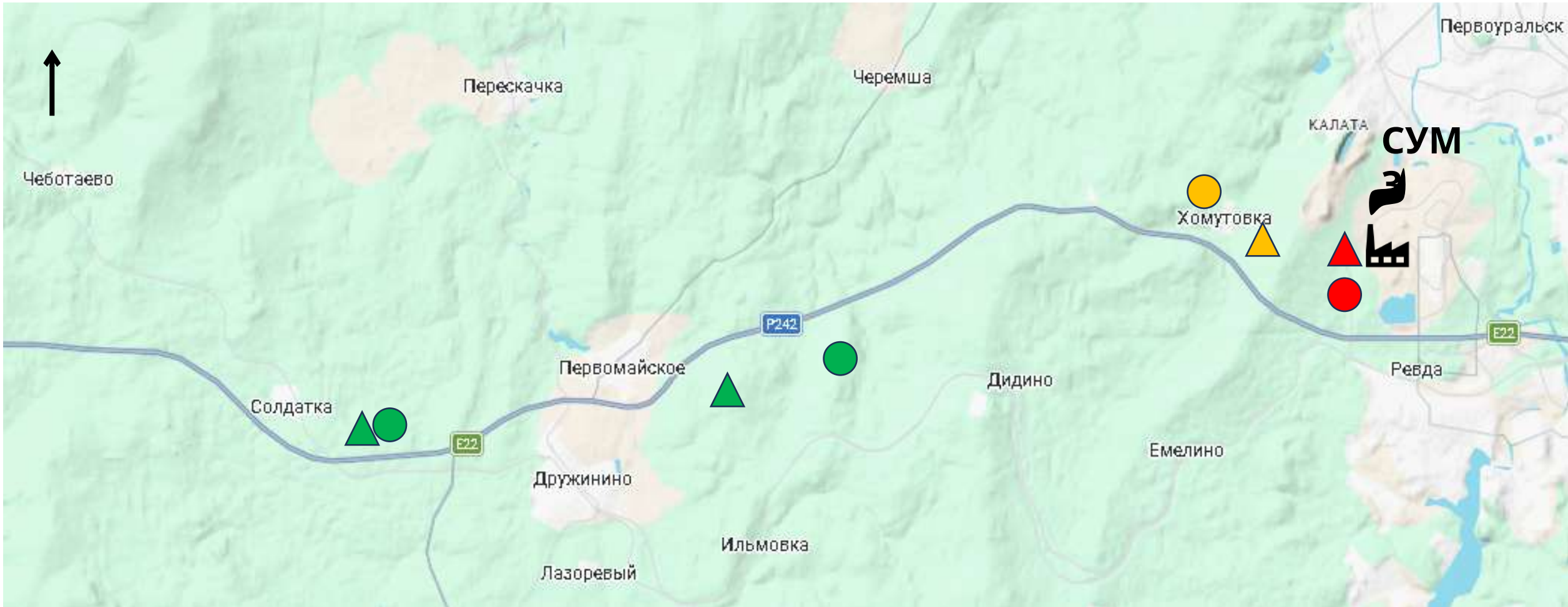
Состав выбросов: SO_2 , NO_x , Cu, Pb, Cd, Zn, As, Hg, Fe



Ловушка Барбера
Фиксатор 3% уксусная
кислота

Схема экспериментальных участков в градиенте СУМЗ

2004 г.



- | | | |
|------------------------|-------------------|--------------------|
| △ - Елово-пихтовый лес | ■ - Фоновая зона | ■ - Импактная зона |
| ○ - Осиново-березовый | ■ - Буферная зона | ■ - Промышленная |



УДК 591.525:595.762.12+504.05:621.745.3

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ ЖУЖЕЛИЦ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТОКСИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

© 2004 г. А. И. Ермаков

Институт экологии растений и животных УрО РАН

620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

Поступила в редакцию 05.08.2003 г.

Исследовано изменение обилия, видовой и биоморфологической структуры населения жуужелиц березовых и пихто-еловых лесов в зоне действия выбросов медеплавильного завода на Среднем Урале. В градиенте загрязнения уменьшается динамическая плотность жуужелиц, меняются видовой со-

Сибирский экологический журнал, 4 (2007) 533–543

УДК 504.7.05:595.762.12(470.54)

Структура комплексов жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в природных и техногенно-нарушенных лесных экосистемах на юго-западе Свердловской области

Е. А. БЕЛЬСКАЯ, Е. В. ЗИНОВЬЕВ

Институт экологии растений и животных УрО РАН
620144, Екатеринбург, ул. 8-го Марта, 202

АННОТАЦИЯ

Исследованы показатели биоразнообразия и структуры комплексов Carabidae елово-пихтового и осиново-березового леса в градиенте химического загрязнения выбросами Среднеуральского медеплавильного завода (Свердловская обл.). Выявлено 56 видов жуужелиц с преобладанием по численности *Pterostichus oblongopunctatus* и *Eparphius secalis*. В условиях техногенной трансформации экосистем происходит снижение видового богатства, сокращение численности жуужелиц, снижение относительного обилия зоофагов, особенно видов, специализированных к обитанию на поверхности почвы. В ряде случаев на загрязненной территории наблюдается усиление доминирования, выраженное индексами Симпсона и Бергера–Паркера. Тренды изменения видового разнообразия и трофической структуры

УДК 595.4+504.74.05:504.054:66/.67

ИЗМЕНЕНИЕ ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ ПАУКООБРАЗНЫХ-ГЕРПЕТОБИОНТОВ В ГРАДИЕНТЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОТ ВЫБРОСОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО КОМБИНАТА

© 2009 г. М. П. Золотарев

Институт экологии растений и животных УрО РАН

620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

E-mail: zmp@ipae.uran.ru

Поступила в редакцию 20.11.2007 г.

Евразийский энтомолог. журнал 11(1): 19–28

© EUROASIAN ENTOMOLOGICAL JOURNAL, 2012

Влияние техногенных и природных факторов на обилие беспозвоночных герпетобионтов

Effects of industrial pollution and habitat characteristics on epigeic invertebrate abundance

М.П. Золотарёв, Е.А. Бельская
M.P. Zolotarev, E.A. Belskaya

Институт экологии растений и животных УрО РАН, ул. 8 Марта 202, Екатеринбург 620144 Россия. E-mail: zmp@ipae.uran.ru, belskaya@ipae.uran.ru.

Institut of Plant and Animal Ecology UD of RAS, 8 Marta str. 202, Ekaterinburg 620144 Russia.

Ключевые слова: жуужелицы, стафилиниды, пауки, сенокосцы, беспозвоночные-герпетобионты, техногенное загрязнение, факторы среды.

Key words: ground beetles, rove beetles, spiders, harvestmen, herpetobiont invertebrates, Industrial pollution, environment condition.

Резюме. Проведён анализ изменения обилия беспозвоночных-герпетобионтов в районе действия Среднеуральского медеплавильного комбината в зависимости от параметров среды обитания: концентрации металлов (Cu, Zn, Fe, Pb, Cd), влажности и кислотности лесной

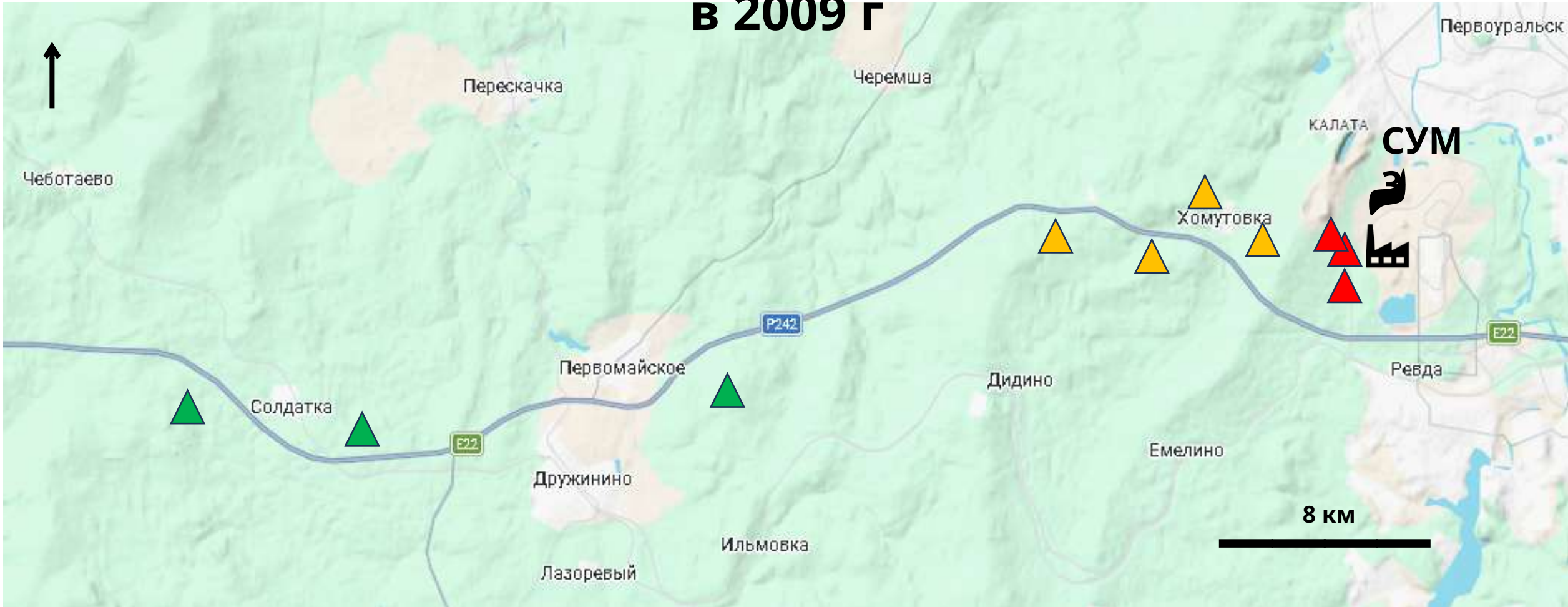
Phalangida, Nemastomatidae; spiders: Agelenidae, Clubionidae, Gnaphosidae, Hahniidae, Linyphiidae, Liocranidae, Lycosidae, Zoridae) change differently approaching the source of pollution (metals, SO₂); for example, Nemastomatidae and Staphylinidae considerably decrease their abun-

Что получено

В импактной зоне СУМЗ:

- снижалась динамическая плотность паукообразных, жуужелиц, стафилинид;
- уменьшалось их видовое богатство;
- изменялись видовой состав и соотношение жизненных форм паукообразных и жуужелиц;
- изменение обилия большинства семейств герпетобионтных беспозвоночных определялось загрязнением и тесно связанными с ним параметрами среды обитания;
- обилие пауков сем. Lycosidae и Gnaphosidae, в большей степени зависело от параметров среды, не связанных с загрязнением

Схема экспериментальных участков в градиенте СУМЗ в 2009 г



△ - Елово-пихтовый лес

■ - Фоновая
зона

■ - Буферная
зона

■ - Импактная зона



**Фоновая
зона**



**Импактная
зона**

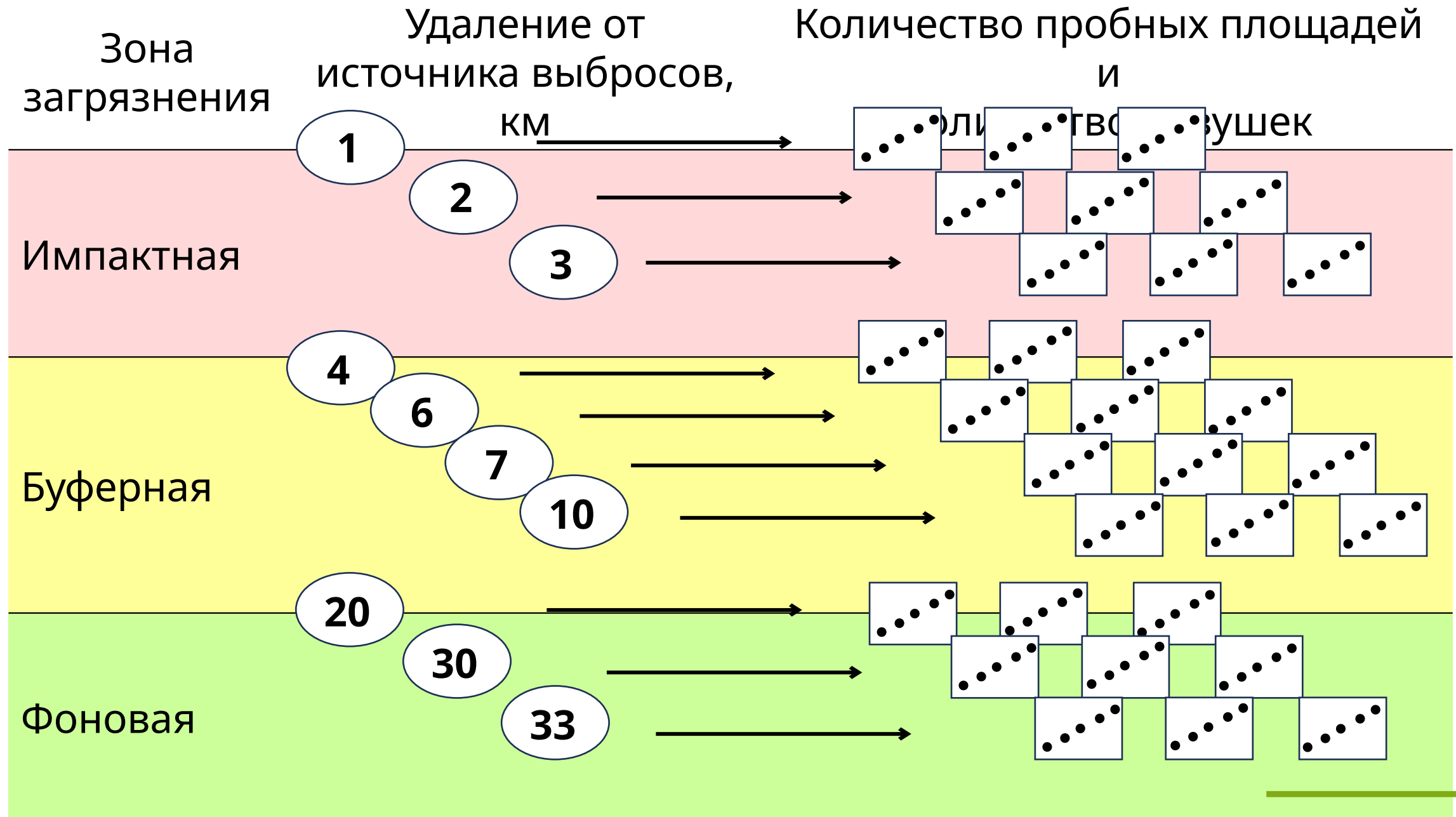


Буферная зона



Пустошь

Схема учетов герпетобионтов, 2009 г.





Contents lists available at ScienceDirect

Environmental Pollution

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envpol



Changes in ground beetle (Coleoptera, Carabidae) assemblages along an industrial pollution gradient in the Southern Urals[☆]

Elena Belskaya^{*, ID}, Maxim Zolotarev, Artëm Sozontov^{*, ID}

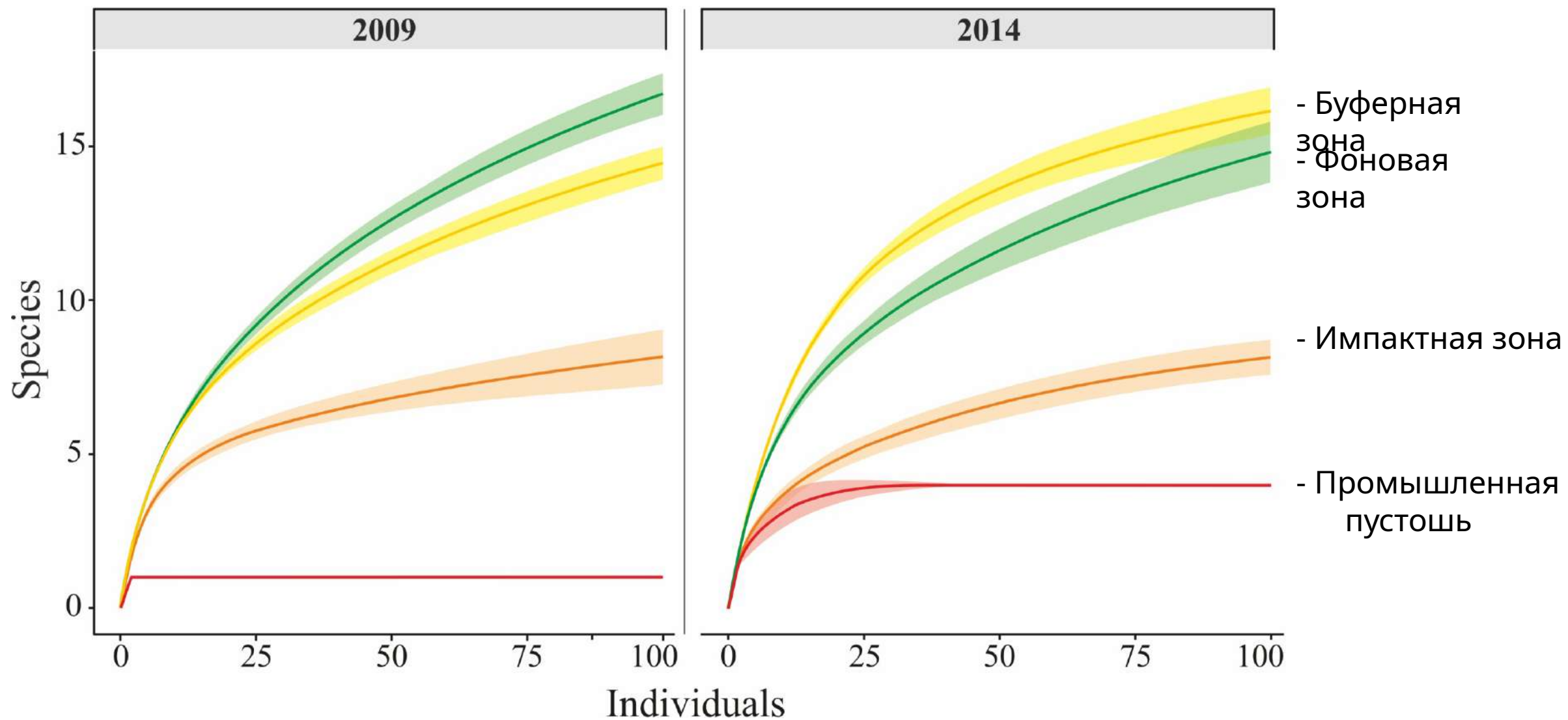
Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Eighth March Street 202, Yekaterinburg, 620144, Russia

ARTICLE INFO

Keywords:
Cu smelter
Heavy metals
Biodiversity
Abundance
Structure

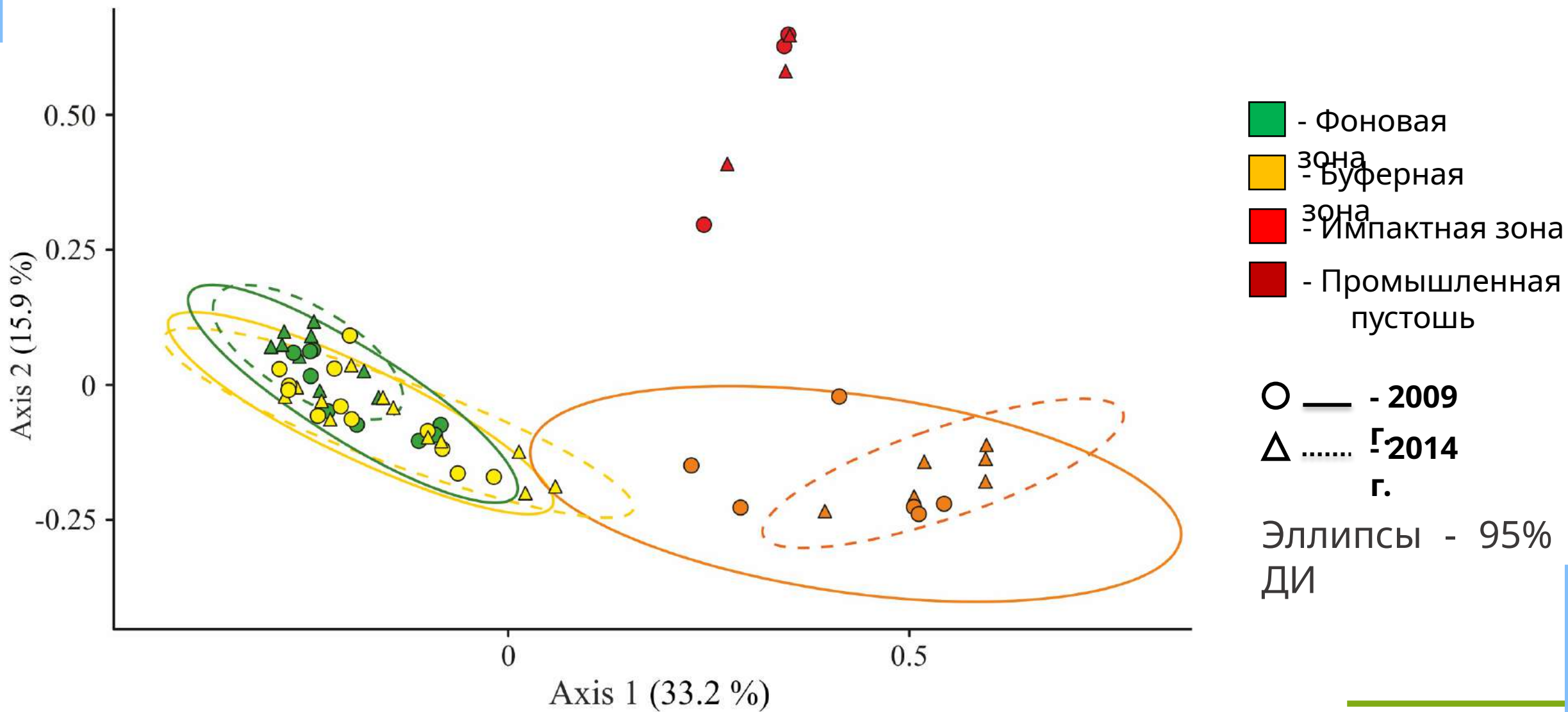
ABSTRACT

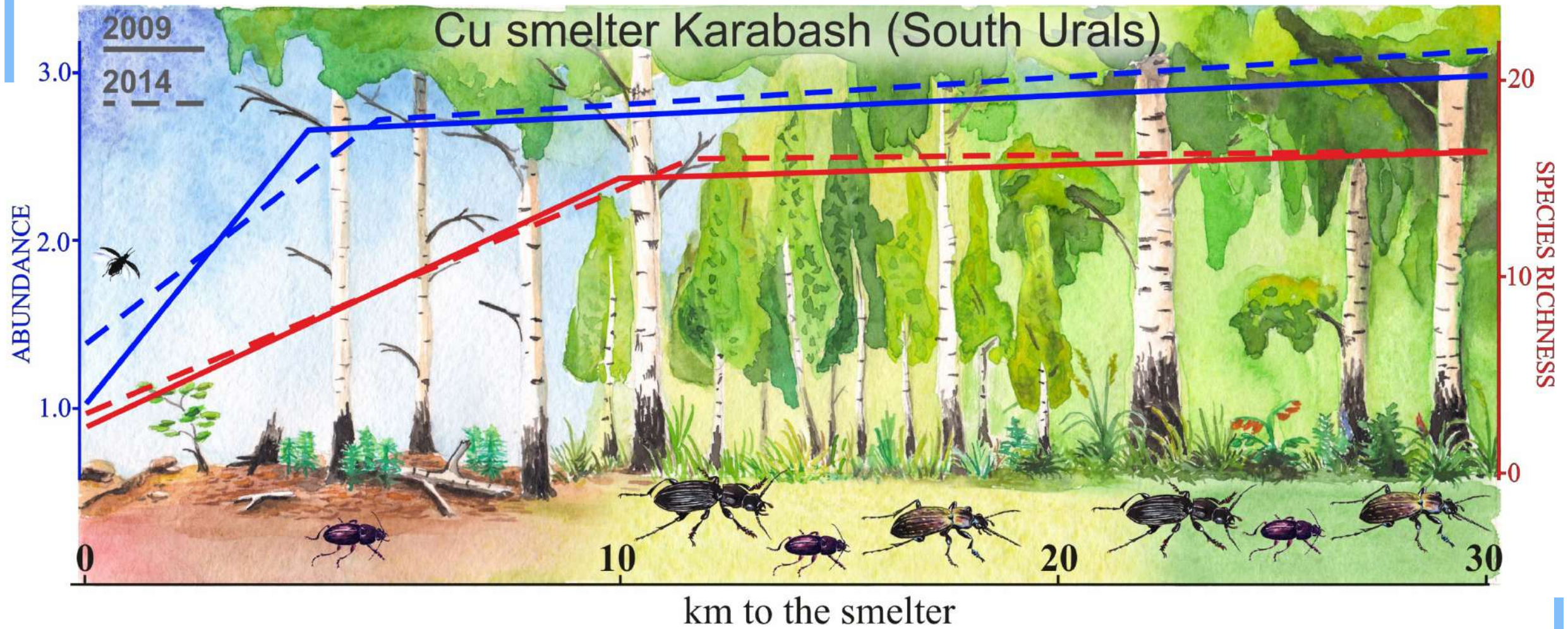
Industrial pollution can negatively affect ground beetles individuals and populations. At the same time, effects at the community level remain poorly understood and published data are inconsistent. The study analyzes changes in ground beetle assemblages (abundance, species composition, and diversity) along the pollution gradient caused by emissions from the Karabash Copper Smelter (KCS, Southern Urals, Russia). Sampling was conducted in 2009 and 2014 at 10 birch forest sites with different contaminant exposure and ecosystem disturbance. The abundance and diversity of ground beetles decreased in the heavily polluted area and the relationship with the distance to KCS was non-linear. Segmented regression provided the best fit to the data. The breakpoints after which the parameters decreased sharply differed among indices and were recorded at distances of 9–11 km to KCS for species richness, 7–10 km for diversity and 4–5 km for abundance. Heavy pollution affected species composition and ecological traits of dominant species. Spatial variations in all indices were consistent across years with differing weather conditions. Ground beetle larvae were recorded throughout the entire gradient, with the exception of the extremely disturbed industrial barren. The absence of larvae at the barren suggests that local reproduction is impossible; all individuals likely migrated from nearby areas.



Зависимость числа видов жужелиц от объема выборки в различных зонах загрязнения, метод разрежения

Ординация сообществ жужелиц в зонах загрязнения

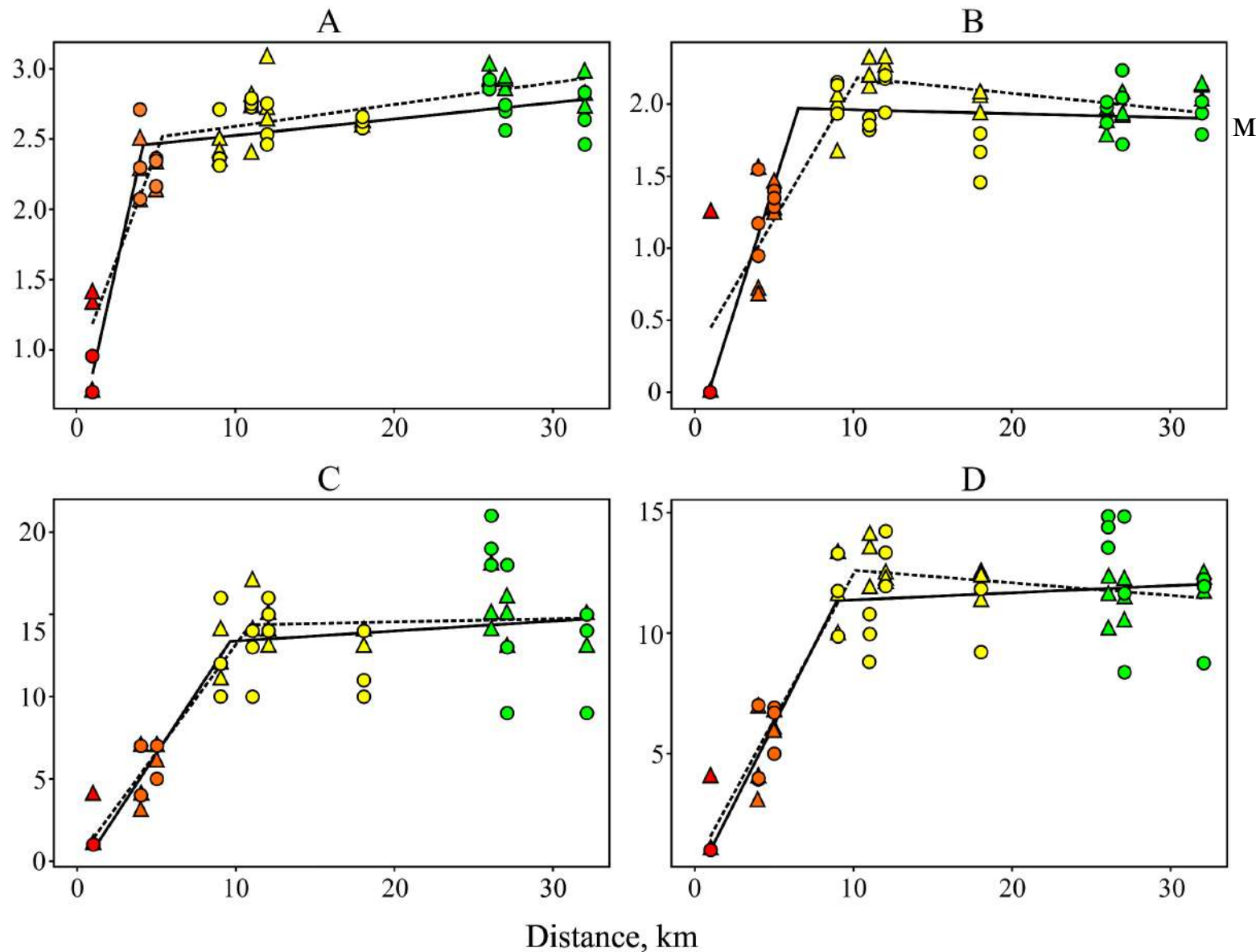




■ - Фоновая зона
■ - Буферная зона
■ - Импактная зона
■ - Промышленная пустошь

○ — - 2009
 △ - 2014

г.



Зависимость численности жужелиц (А), индекса разнообразия Шеннона (В), наблюдаемого видового богатства (С) и интерполированного на 100 особей (D) от расстояния до КМЗ

Также показано:

- пространственные вариации обилия и разнообразия оставались неизменными в течение двух лет при различных погодных условиях;
- личинки жуужелиц были обнаружены по всей протяженности градиента, за исключением сильно нарушенной промышленной пустоши

УДК 595.762.12-113.4:[504.5:669.2/.8]

ИЗМЕНЕНИЕ РАЗМЕРНОЙ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ ЖУЖЕЛИЦ ПРИ ТЕХНОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

© 2017 г. Е. А. Бельская, М. П. Золотарев

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Россия, 620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

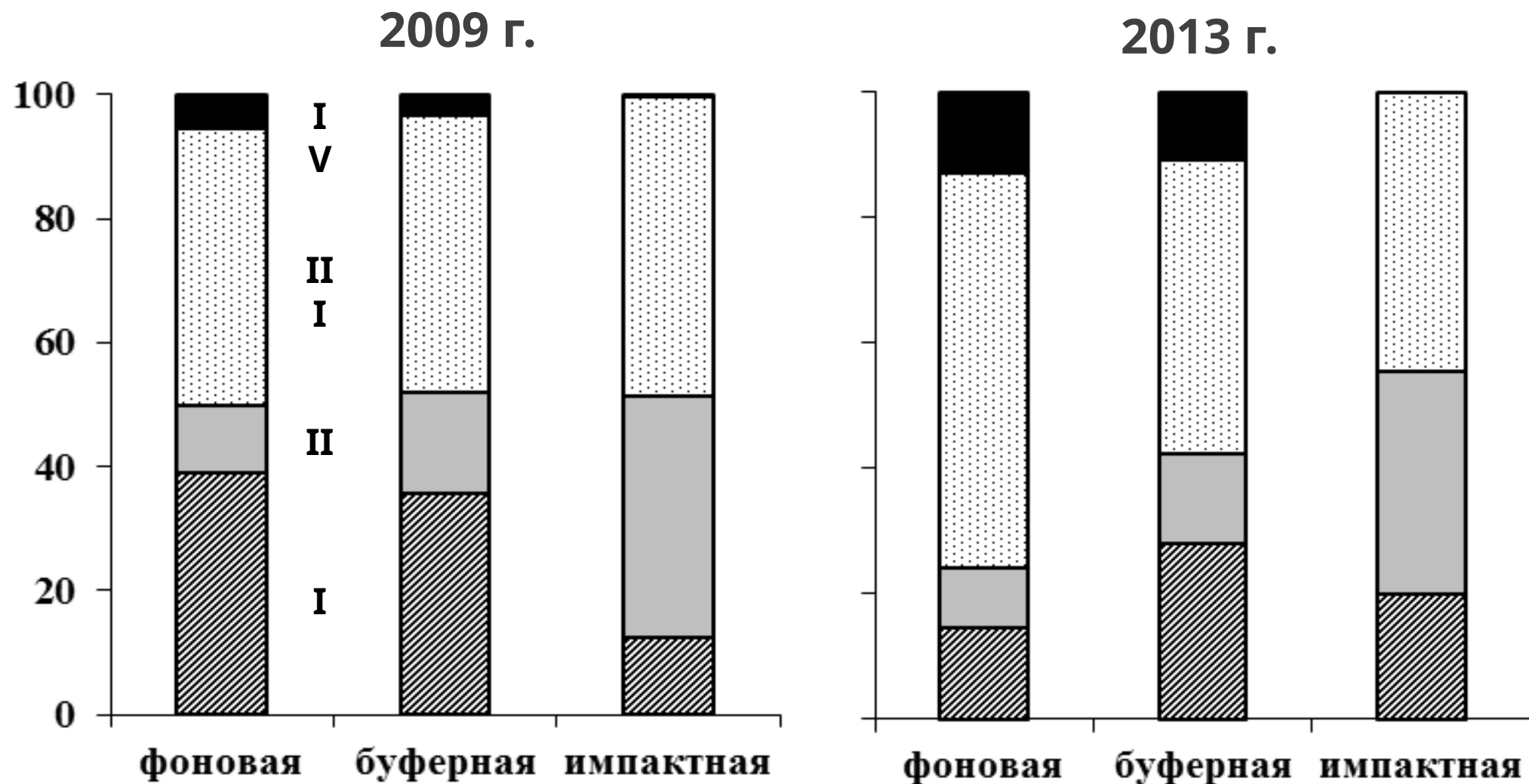
e-mail: belskaya@ipae.uran.ru; zmp@ipae.uran.ru

Поступила в редакцию 23.12.2015 г.

По данным учетов 2009 и 2013 гг. проанализировали размерную структуру сообществ жуужелиц елово-пихтового леса на 10 участках вдоль градиента загрязнения выбросами Среднеуральского медеплавильного завода (учеты почвенными ловушками). Показано уменьшение среднего невзвешенного размера особи и разнородности размеров в сообществе (коэффициент Джини) на сильно загрязненной территории. Средний взвешенный размер особи и коэффициент асимметрии Лоренца не зависели от уровня загрязнения. Различия между сообществами жуужелиц фоновой и загрязненной территорий связаны с сокращением количества крупных видов, а сходство объясняется преобладанием на всех участках видов средних и мелких размеров. Отмечена высокая межгодовая вариабельность соотношения размерных групп в сообществах при фоновом и среднем уровнях загрязнения.

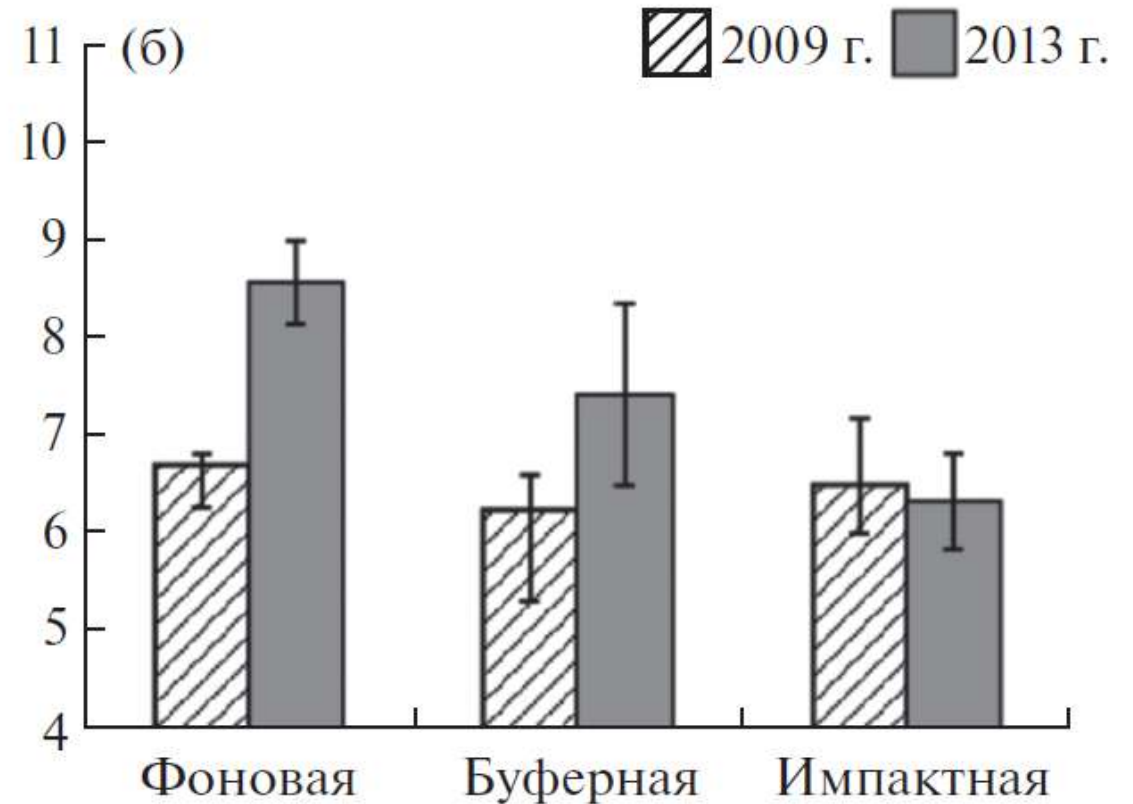
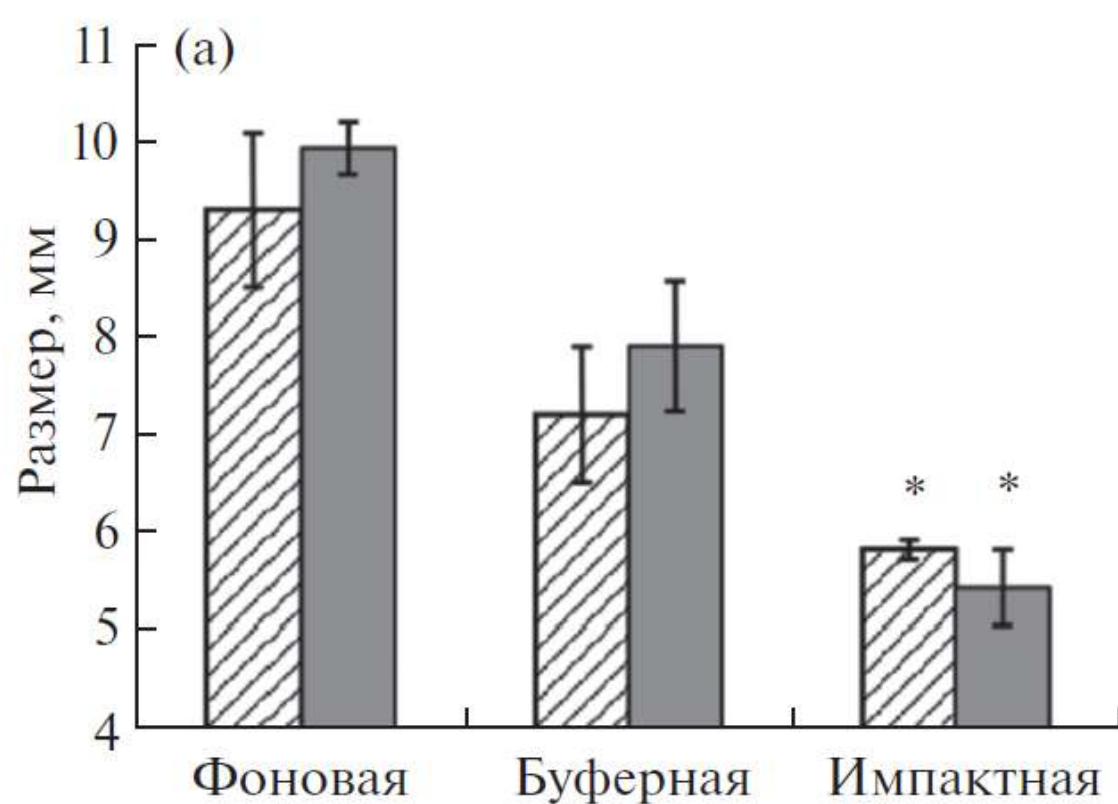
Ключевые слова: Carabidae, сообщество, размерная структура, лесные экосистемы, промышленное загрязнение, медеплавильный завод.

DOI: 10.7868/S0367059717010048



Размерная структура сообщества жуужелиц в разных зонах загрязнения.

Интервал размеров, мм: I – 2–3.99; II – 4–7.99; III – 8–9.99;



Характеристики размерной структуры сообщества жуужелиц в разных зонах загрязнения:

а – средний невзвешенный размер особи, мм;

б – средний взвешенный размер особи, мм

УДК [595.43/.44+595.762.12]:504.5:669.2/.8

КОМПЛЕКСЫ ЭПИГЕЙНЫХ ПАУКООБРАЗНЫХ И ЖУЖЕЛИЦ В ЗАГРЯЗНЕННЫХ МЕТАЛЛАМИ ЛЕСАХ: ЕСТЬ ЛИ ПРИЗНАКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ СРЕДНЕУРАЛЬСКОГО МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ЗАВОДА?

© 2025 г. Е. А. Бельская^а, А. Н. Созонтов^а, М. П. Золотарев^а,
Е. Л. Воробейчик^а, *

^а *Институт экологии растений и животных УрО РАН,
Россия 620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202*

**e-mail: ev@ipae.uran.ru*

Поступила в редакцию 25.06.2024 г.

После доработки 26.09.2024 г.

Принята к публикации 03.11.2024 г.

Информация об естественном восстановлении сообществ герпетобионтных беспозвоночных после сокращения промышленных выбросов фрагментарна. Мы анализировали комплексы эпигейных паукообразных (пауки и сенокосцы) и жуужелиц елово-пихтовых лесов южной тайги на двух участках — фоновом и загрязненном многолетними выбросами Среднеуральского медеплавильного завода. Сравнивали два периода — относительно высоких (2005 г.) и почти прекратившихся в 2010 г. выбросов (2018 г.). Тестировали гипотезу о сглаживании различий между участками ко второму периоду по сравнению с первым. Оценивали динамическую плотность, видовое богатство и структуру таксоценов, а также обилие групп, выделенных на основе экологических свойств (размер тела, преференция к влажности, способ обитания и тип местобитания, способ охоты (для паукообразных), степень мо-

Фон



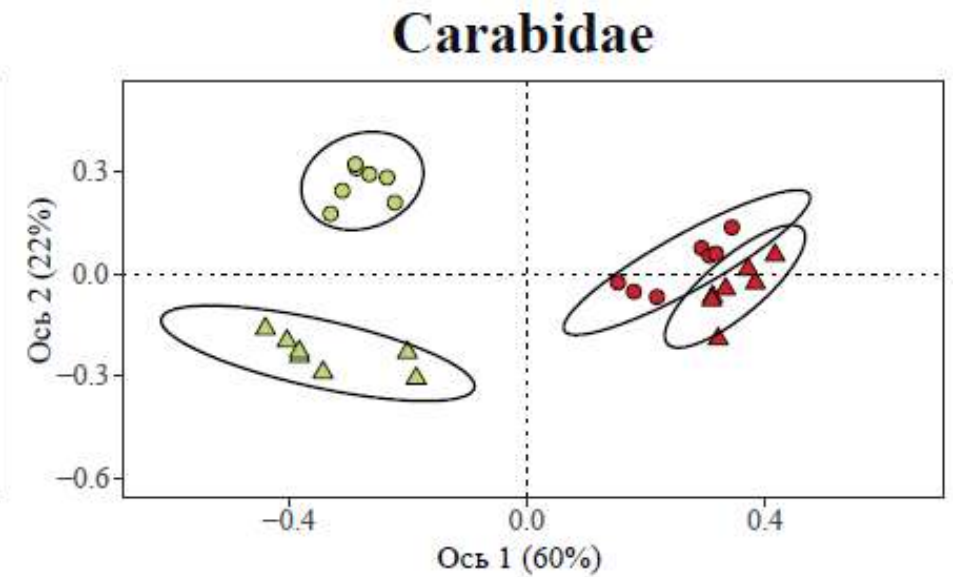
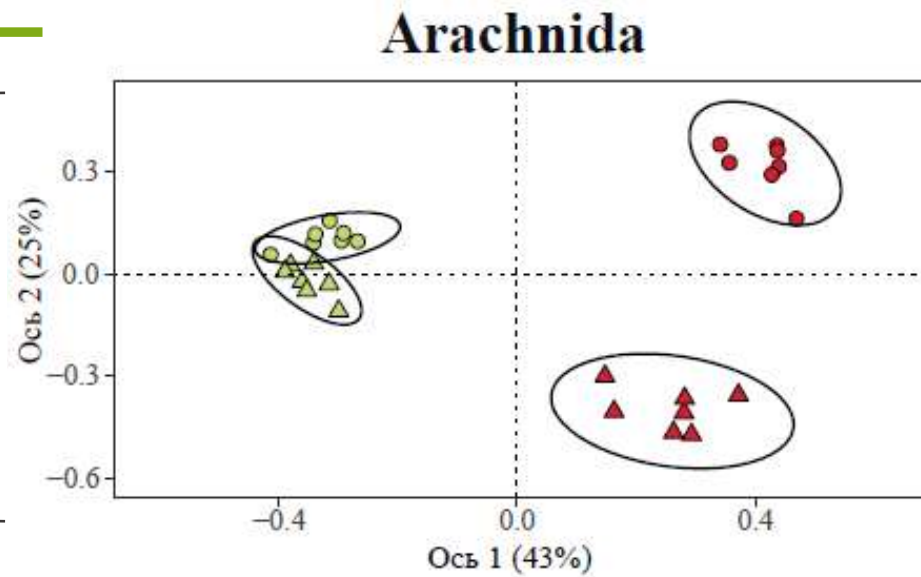
Импакт



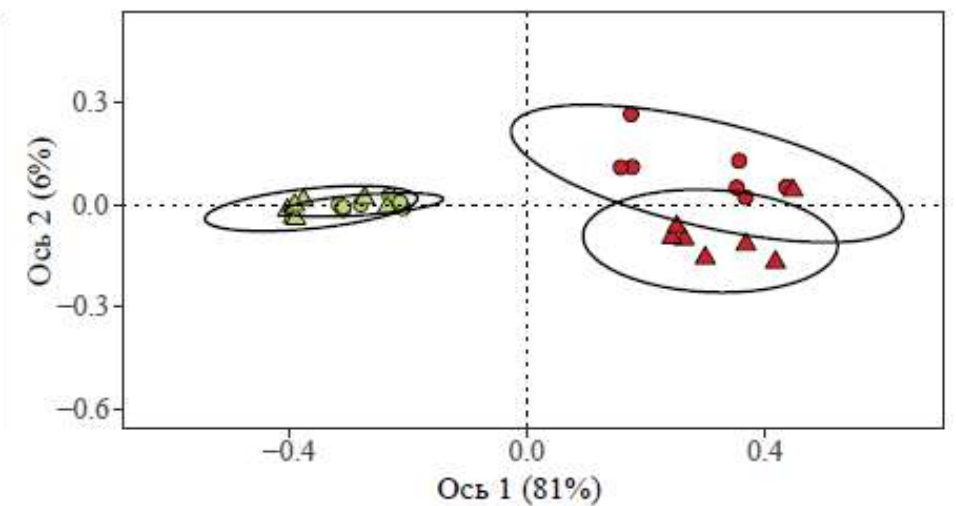
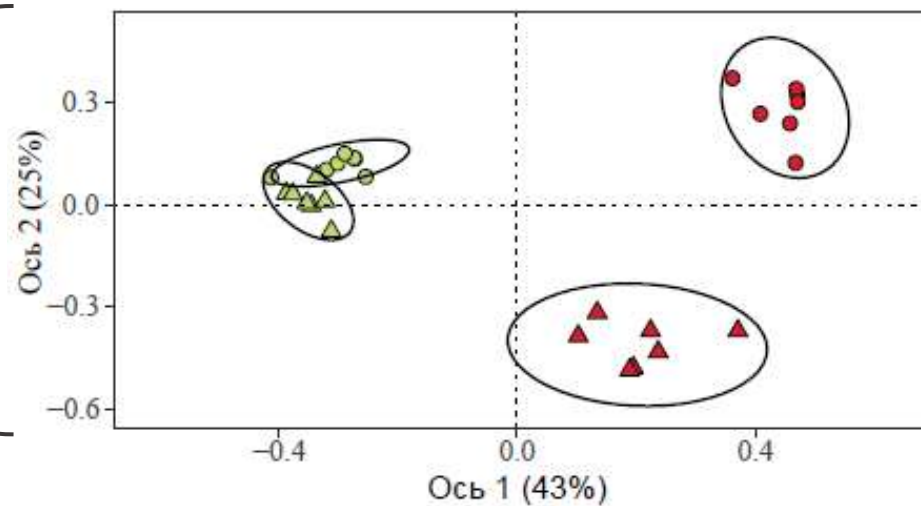
Сравнили два периода: относительно высоких (2005 г.) и почти прекратившихся выбросов (2018 г.)

Оценивали динамическую плотность, видовое богатство и структуру комплексов жужелиц и паукообразных, а также обилие групп, выделенных на основе экологических свойств (размер тела, преферендумы по влажности, ярусу обитания и типу местообитания, способ охоты (для паукообразных) степень мобильности и тип питания (для жужелиц))

**Абсолютное
обилие**
(динамическая
плотность)



**Относительн
ое обилие**
(доли видов)



Год: ○ – 2005, △ – 2018 Зона: ■ – фоновая, ■ – импактная

**Ординация комплексов паукообразных и жуужелиц сравниваемых
участков и периодов Эллипсы – 95% ДИ**

СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ

