

ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ

УДК 631.416 + 631.468

МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПОЧВ И СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СООБЩЕСТВ МЕЗОФАУНЫ В ЗАКАЗНИКЕ ЛАНДШАФТНОГО ТИПА

© 2015 А.Б. Александрова, Т.А. Гордиенко, Д.Н. Вавилов, В.В. Маланин,
В.С. Валиев, Д.В. Иванов

Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, г. Казань

Поступила в редакцию 20.04.2015

В статье приводится характеристика почвенной мезофауны и микроэлементного состава почв различных биогеоценозов в условиях ландшафтно-адаптивной системы земледелия. Валовое содержание Cd, Pb, Cu, Ni, Zn, Mn в почвах изученных биогеоценозов заказника не превышает санитарно-гигиенические нормативы (ПДК и ОДК). Содержание Co и Fe в почвах находится в пределах фоновых значений для пахотных и естественных серых лесных почв Республики Татарстан. Отмечено превышение среднего содержания Cr в почвах агроценозов, обусловленное использованием на полях минеральных удобрений. Выявлены статистически значимые различия микроэлементного состава почв, численности таксономических и трофических групп почвенной мезофауны по типам биотопов. Многомерный анализ показал, что наибольший вклад в дискриминацию Cd, Ni, Pb, Zn, Mn и таксоны почвенной мезофауны – литобииды и жужелицы, а по трофической структуре – фитофаги.

Ключевые слова: *адаптивно-ландшафтное земледелие, серые лесные почвы, микроэлементы, почвенная мезофауна, трофическая структура, таксономическое разнообразие*

В настоящее время концепция устойчивого развития экосистем имеет приоритетное значение, как в регионах РФ, так и за рубежом [20, 30, 34-36]. Одной из основополагающих ее позиций является экологизация хозяйственной деятельности, базирующейся на применении адаптивно-ландшафтной системы земледелия [1]. Микроэлементы – элементы, содержащиеся в количествах 0,001% и менее, в которых они необходимы живым организмам. «Микроэлементы» и «тяжелые металлы (ТМ)» – понятия, относящиеся к одним и тем же элементам, но используемые в разных значениях. Термин «микроэлементы» используют, когда речь идет о нахождении элементов в почве, растении, организме в нетоксичных концентрациях, а «тяжелые металлы» – в опасных для почв и организмов концентрациях элемента с относительной атомной массой более 40 [3, 23]. Содержание

микроэлементов (ТМ) в почве является одним из критериев показателей их экологического состояния [1, 25].

Деятельность человека изменяет распространение микроэлементов в биосфере и их доступность для живых организмов, нарушая тем самым природный биогеохимический круговорот. Особо охраняемые природные территории (ООПТ) являются базовыми объектами сохранения биологического и почвенного разнообразия и естественных биогеохимических циклов, и, следовательно, обеспечивают экологическое равновесие природно-антропогенных ландшафтов. Поэтому исследования на территориях ООПТ, как объектов фонового мониторинга, актуальны в теоретическом и практическом плане [16]. Понимание процессов формирования устойчивых экосистем, специфики их изменчивости и динамики в ходе антропогенной трансформации невозможно без рассмотрения свойств почв в совокупности с особенностями структуры крупных почвообитающих беспозвоночных.

Взаимосвязь структуры и закономерность распределения в почвах представителей мезофауны в фоновых и подверженных антропогенному влиянию биогеоценозах рассматриваются многими авторами [8, 21, 29, 31, 33]. Недостаточно внимания уделяется взаимосвязи содержания микроэлементов в почвах и структурной организации мезопедобионтов, их совместному вкладу в биоразнообразие в условиях адаптивно-ландшафтного земледелия.

Александрова Асель Биляловна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеохимии. E-mail: adabl@mail.ru

Гордиенко Татьяна Александровна, научный сотрудник лаборатории биомониторинга. E-mail: eiseniata@gmail.com

Вавилов Дмитрий Николаевич, научный сотрудник лаборатории биомониторинга.

Маланин Виталий Викторович, научный сотрудник лаборатории биогеохимии. E-mail: wizzle13@yandex.ru

Валиев Всеволод Сергеевич, научный сотрудник лаборатории биогеохимии. E-mail: podrost@mail.ru

Иванов Дмитрий Владимирович, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией биогеохимии. E-mail: water-rf@mail.ru

Цель работы: изучение микроэлементного состава почв и структурной организации мезофауны в условиях заказника ландшафтного типа.

Объекты и методы исследования. Объектами изучения были серые лесные почвы и почвенная мезофауна заказника «Чулпан» Высокогорского района Республики Татарстан (55°59'–56°05' с.ш., 48°55'–49°08' в.д). Государственный природный заказник регионального значения ландшафтного профиля «Чулпан» представляет собой территорию, на которой с 1969 года была внедрена адаптивно-ландшафтная система земледелия [15, 27]. Почвенный покров представлен серыми лесными почвами. Большая площадь территории занята сельхозугодиями, перемежающимися лесополосами, овражно-балочными системами и лесными колками. Древесный состав лесополос представлен березой, лиственницей, сосной, елью. Лесные колки состоят из широко- и мелколиственных древесных видов растений (дуб, липа, осина, ильм, береза). В геоморфологическом плане территория заказника представлена склоновыми формами рельефа. Площадь заказника составляет 6054,4 гектара [15].

Изучение видового разнообразия и численности основных групп почвенной мезофауны проводили методом раскопки и ручной разборки проб почв [5]. Образцы почв на глубину 0–20 см отбирали на месте отбора почвенной мезофауны в шести биогеоценозах (биотопах): пашне, поле с многолетними травами, березовой, лиственничной, сосновой лесополосах, кострцово-разнотравном лугу и широколиственном лесу. В 77 почвенных образцах определяли гранулометрический состав по ГОСТ 12536–79 [9], pH водной вытяжки по ГОСТ 26423–85 [13], содержание органического вещества по ГОСТ 26213–91 [11], азот общий по ГОСТ 26107–84 [10], фосфор валовый по ГОСТ 26261–84 [12], сумму обменных оснований (Σ Ca+Mg) по ГОСТ 27821–88 [14]. Содержание кислоторастворимых форм микроэлементов Cd, Pb, Co, Cu, Ni, Zn, Cr, Mn, Fe по РД 52.18.191–89 [28]. Математическую обработку данных проводили с помощью программ Microsoft Excel 2007 и Statistica 6.0 [32]. Оценку статистической значимости различий средних значений определяли по критерию Манна-Уитни, взаимосвязь между переменными – коэффициентом корреляции Спирмена. Многомерный анализ включал дискриминантный анализ с вычислением лямбды Уилкса и расстояния Махаланобиса.

Результаты и их обсуждение. Ранее нами были изучены физико-химические свойства почв и их связь с почвообитающими беспозвоночными [2]. Было установлено высокое таксономическое разнообразие и численность педобионтов, статистически значимые различия физико-химических свойств почв и численности мезофауны по типам биотопов. Почвы пашни, лиственных лесополос,

широколиственного леса были тяжелосуглинистыми, под многолетними травами – легкосуглинистыми, под лугом и хвойными лесополосами – среднесуглинистыми. pH водной вытяжки почв, формирующихся под широколиственным лесом, хвойными и лиственными лесополосами слабокислый, а почв пашни, под многолетними травами и лугом – близкий к нейтральному. Среднее содержание гумуса в исследованных биогеоценозах составляет 2.2%. Отмечаются высокие значения валового азота, пониженные – валового фосфора. Почвы исследованных биогеоценозов насыщены основаниями [2].

Изучение накопления валовых форм микроэлементов в почвах заказника «Чулпан», выявило различие их содержания под разными типами биогеоценозов (табл. 1). Сравнение средних концентраций валовой формы микроэлементов в почвах заказника «Чулпан» с санитарно-гигиеническими нормативами (ПДК и ОДК) показало, что превышений по изученным показателям не выявлено.

Поскольку нормативы содержания в почве валовых форм Co, Cr, Fe отсутствуют, то накопление их в почвах исследованных биогеоценозов сравнивалось с фоновыми концентрациями этих элементов в пахотных и естественных почвах РТ [24]. Среднее содержание Co и Fe в почвах, формирующихся под различными фитоценозами, находится в пределах фоновых значений для пахотных и естественных серых лесных почв РТ. Следует отметить 20%-ное превышение среднего значения и 2-х кратное превышение содержания Cr в некоторых почвенных пробах пашни и многолетних трав и на 11% и 34% в хвойных и лиственных лесополосах соответственно (табл. 1). Это обусловлено использованием на полях минеральных удобрений, в которых Cr содержится в качестве примеси, и ветровым сносом пыли удобрений на прилегающие лесополосы [3, 19].

Выявлены статистически значимые различия ($p < 0.05$) содержания всех микроэлементов в почвах под многолетними травами и всех исследованных биогеоценозов. Многолетние культуры играют роль механического барьера, задерживающего перемещающиеся с потоком воды тонкодисперсные частицы с пашни в условиях склонового рельефа, что было отмечено ранее для физической глины (55,5%) и ила (35,9%) [2]. Следовательно, с увеличением содержания глины и ила в почвах под многолетними травами концентрация микроэлементов возрастает по сравнению с другими исследованными участками заказника.

Источниками поступления металлов в почвы сельскохозяйственных угодий являются различные виды органических и минеральных удобрений [3, 19]. Использование на пахотных почвах заказника различных органических и минеральных удобрений, приводит к повышенному накоплению Co, Cu, Ni, Cr по сравнению с почвами луга

($p < 0,05$). Содержание микроэлементов в почвах хвойных и лиственных лесополос статистически не различается, что обусловлено сходными условиями протекания в них геохимических процессов [26].

Таблица 1. Описательная статистика содержания валовой формы микроэлементов в почвах заказника «Чулпан» под различными биогеоценозами, мг/кг

Статистические показатели	Биогеоценозы					
	1 (n = 15)	2 (n = 16)	3 (n = 5)	4 (n = 10)	5 (n = 20)	6 (n = 11)
кадмий (1.0 ^{**})						
$M \pm m$	0.12±0.01	0.08±0.01	0.11±0.01	0.24±0.04	0.2±0.03	0.37±0.04
min-max	0.06-0.19	0.01-0.22	0.1-0.12	0.09-0.47	0.05-0.4	0.24-0.6
CV, %	32	70	10	53	59	36
свинец (30 [*])						
$M \pm m$	12.0±0.2	12.9±0.4	10.5±0.6	10.9±0.1	11.5±0.3	13.0±0.4
min-max	11.2-13.0	9.4-14.5	9.0-12.0	10.4-11.2	8.7-14.2	10.1-15.0
CV, %	5	12	12	2	13	11
кобальт (пахотные почвы 15.3 ^{***} ; естественные 14.1 ^{***})						
$M \pm m$	13.0±0.5	13.1±0.5	10.1±0.4	9.6±0.5	11.3±0.5	8.8±0.3
min-max	10.6-15.7	9.6-16.9	8.5-10.5	7.9-11.7	8.7-16.9	7.9-11.3
CV, %	16	15	9	16	21	10
медь (66.0 ^{**})						
$M \pm m$	47.8±12.1	33.4±5.6	13.4±0.	15.1±0.4	16.5±1.2	12.4±0.3
min-max	13.0-123.3	14.6-69.9	12.1-14.2	13.2-17.0	10.5-27.0	11.4-14.7
CV, %	98	67	8	9	33	9
никель (40.0 ^{**})						
$M \pm m$	40.3±4.1	39.5±3.0	21.6±2.3	23.3±0.9	27.6±2.4	19.2±0.4
min-max	24.6-65.6	24.4-57.6	16.0-26.5	18.9-28.2	16.6-49.5	17.6-21.3
CV, %	40	31	23	12	39	7
цинк (110.0 ^{**})						
$M \pm m$	40.5±1.4	37.6±1.9	51.6±1.3	48.6±2.5	40.7±2.2	45.0±4.3
min-max	31.9-49.0	27.3-49.0	47.2-54.2	36.4-55.6	29.3-62.5	29.6-60.4
CV, %	14	20	6	17	25	31
хром (пахотные почвы 24.2 ^{***} ; естественные 22.6 ^{***})						
$M \pm m$	29.1±3.0	29.0±3.3	16.8±1.0	16.4±1.6	17.7±1.6	10.1±0.3
min-max	17.3-49.0	3.7-53.2	14.0-18.9	10.6-26.8	9.8-32.5	8.7-11.0
CV, %	40	45	13	30	40	9
марганец (1500 [*])						
$M \pm m$	611.6±14.9	480.6±27.0	556.7±8.7	566.2±30.3	588.0±20.8	578.3±20.9
min-max	494.8-694.4	279.5-683.4	552.8-567.8	464.8-776.6	416.5-700.4	496.6-645.0
CV, %	9	22	3	17	16	12
железо·10 ⁵ (пахотные почвы 22.0 ^{***} ; естественные 18.9 ^{***})						
$M \pm m$	19.2±1.0	21.5±1.3	13.9±0.3	12.4±1.0	14.4±1.0	7.3±0.4
min-max	14.2-25.2	9.0-28.4	13.0-14.9	8.9-16.9	8.6-24.4	6.0-9.1
CV, %	19	24	5	26	32	20

Примечание: M – среднее, m – ошибка среднего, min – минимум, max – максимум, CV, % – коэффициент вариации, n – количество образцов; 1 – пашня, 2 – многолетние травы, 3 – луг, 4 – лесополосы хвойные, 5 – лесополосы лиственные; 6 – лес широколиственный; * - ПДК общесанитарный [6]; ** - ОДК химических веществ в почве [7]; *** - региональные кларки элемента для серых лесных почв РТ [24]

Многими исследователями установлено, что валовое содержание микроэлементов определяется физико-химическими свойствами почв (физическая глина, поглощенные основания, реакция среды, гумус). Ведущими формами присутствия металлов в почвах являются карбонатная, органическая, связанная с железом и марганцем, обменная. Доля любой из них в валовом содержании у

различных металлов неодинаковая. [4, 17-19, 22, 23]. Нами обнаружены положительные корреляционные связи содержания в почвах Ni ($r=0,66$), Cr ($r=0,60$), Co ($r=0,64$), Cu ($r=0,60$), Fe ($r=0,64$) от pH водной вытяжки; Ni ($r=0,69$), Cr ($r=0,65$), Co ($r=0,68$), Cu ($r=0,70$), Fe ($r=0,66$), Pb ($r=0,29$) от содержания обменных оснований (ΣCa и Mg); Ni ($r=0,75$), Cr ($r=0,68$), Co ($r=0,75$), Cu ($r=0,76$), Fe ($r=0,73$), Pb

($r=0,30$) от содержания физической глины (фракций менее 0,01 мм); Ni ($r=0,74$), Cr ($r=0,76$), Co ($r=0,76$), Cu ($r=0,76$), Fe ($r=0,79$), Pb ($r=0,25$) от содержания ила (фракций менее 0,001 мм). Выявлена слабая значимая корреляционная зависимость концентрации Cd ($r=0,23$), Ni ($r=0,25$), Co ($r=0,28$), Cu ($r=0,26$), Mn ($r=0,32$) от содержания гумуса в почве.

Изучение таксономической структуры почвенной мезофауны выявило наличие в органогенном горизонте почв представителей 6 классов, 11 отрядов, 16 семейств [2]. Наиболее многочисленны среди них дождевые черви *Lumbricidae* (25,6-65,4%), многоножки *Myria-poda* (0,5-32,3%) и насекомые *Insecta* (22,7-38,6%), среди которых преобладают щелкуны *Elateridae* (1,3-21,1%), жуки *Carabidae* (1,3-15,1%), долгоносики *Curculionidae* (0,4-16,0%) и двукрылые *Diptera* (0,4-5,8%). Общая численность почвенной мезофауны по биотопам варьирует от 81,1 до 296,1 экз./м² (рис. 1). Наибольшая плотность населения педобионтов отмечена на лугу, наименьшая – в широколиственном лесу.

Трофическая структура почвенных беспозвоночных представлена главным образом сапрофагами (32,3-72,6%), меньше фитофагами (3,1-26,0%) и хищниками (12,7-38,6%) (рис. 2). Доля смешанной группы по типу питания незначительна и не превышает 5,5%. Наибольшая доля сапрофагов отмечена в местообитании в большей степени подверженному антропогенному воздействию – пашне, наименьшая их доля в широколиственном лесу, тогда как доля фитофагов в пашне минимальна, в лесу – максимальна. Видимо, применение севооборотов на пашне, оставление стерни являются благоприятными условиями для развития сапротрофного компонента экосистемы. Прорастание дуба в лесах (*Quercus robur* L.) и преобладание его листьев в лесной подстилке, обуславливают малую привлекательность пищевого субстрата для сапрофагов и их низкую численность. На многолетних травах по сравнению с пашней уменьшается доля сапрофагов и возрастает фитофагов.

Проведенный дискриминантный анализ позволил выявить статистически значимые различия (Wilks' Lambda: 0,00205 approx. F (125,236)=4,7556 $p<0,0000$) содержания микроэлементов в почвах и численности таксономических групп почвенной мезофауны по типам биотопов (рис. 3).

Наибольший вклад в дискриминацию вносят Cd, Ni, Pb, Zn, Mn и таксоны почвенной мезофауны – литобииды и жуки. Расстояние квадрата Махаланобиса (MD²) в плоскости канонических дискриминантных функций варьирует в пределах 10,1-87,8, при $p<0,05$ (табл. 2, рис. 3). Наибольшие различия в содержании микроэлементов, таксономической структуры и обилия почвенных беспозвоночных отмечены между лугом и широколиственным лесом, наименьшие – между хвойными и лиственными лесополосами.

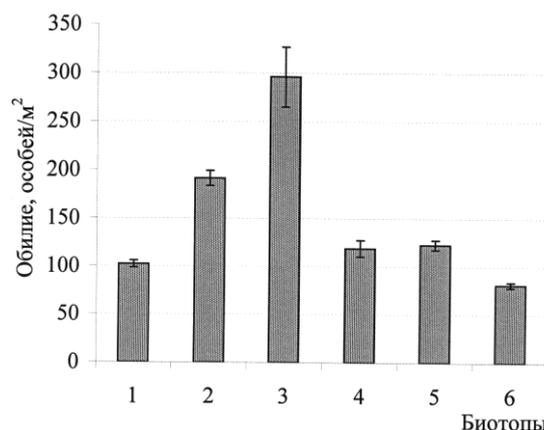


Рис. 1. Обилие почвенных беспозвоночных в различных биотопах:

1 – пашня, 2 – многолетние травы, 3 – луг, 4 – лесополосы хвойные, 5 – лесополосы лиственные; 6 – лес широколиственный

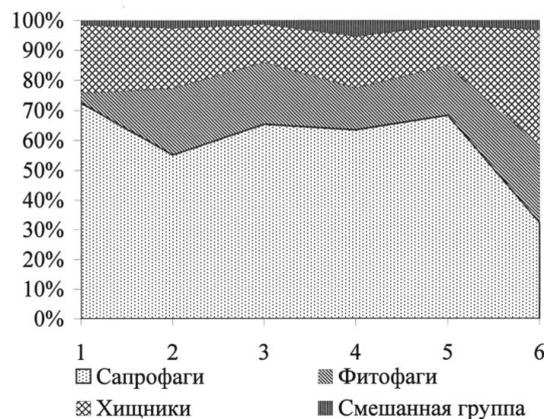


Рис. 2. Трофическая структура беспозвоночных в различных биотопах:

1 – пашня, 2 – многолетние травы, 3 – луг, 4 – лесополосы хвойные, 5 – лесополосы лиственные; 6 – лес широколиственный

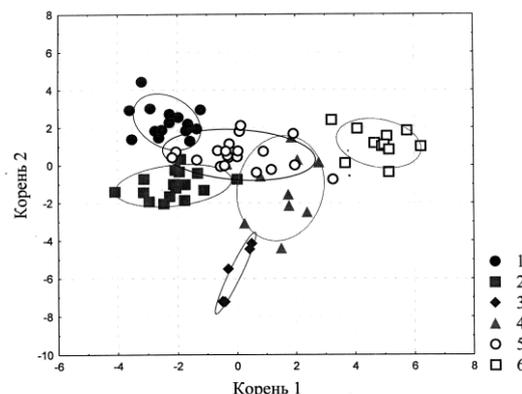


Рис. 3. Ординация содержания микроэлементов в почвах, таксономической структуры и обилия почвенных беспозвоночных в разных типах биотопов:

1 – пашня, 2 – многолетние травы, 3 – луг, 4 – лесополосы хвойные, 5 – лесополосы лиственные, 6 – лес широколиственный в плоскости двух дискриминантных осей

Также были выявлены статистические значимые различия (Wilks' Lambda: 0,02561 approx. F (65,282)=5,0969 $p<0,000$) в трофической структуре почвенной мезофауны и содержанием микроэлементов в почвах по типам биотопов (табл. 3, рис. 4). Наибольший вклад в общую дискриминацию

вносят фитофаги (Wilks' Lambda 0,037, $p=0,001$), микроэлементы: Cd (Wilks' Lambda 0,035, $p=0,002$), Ni (Wilks' Lambda 0,032, $p=0,014$), Pb (Wilks' Lambda 0,035, $p=0,001$) Cu (Wilks' Lambda 0,033, $p=0,01$), Zn (Wilks' Lambda 0,04, $p<0,0001$), Mn (Wilks' Lambda 0,05, $p<0,0001$).

Таблица 2. Квадрат расстояния Махалонобиса между центроидами разных биотопов по содержанию микроэлементов в почвах, таксономической структуре и обилию педобионтов ($p<0,05$)

Биотопы	Пашня	Многолетние травы	Луг	Лесополосы хвойные	Лесополосы лиственные	Лес широколиственный
пашня		33.1	72.8	32.7	16.4	59.6
многолетние травы	33.1		64.4	29.7	20.3	57.5
луг	72.8	64.4		37.8	54.1	87.8
лесополосы хвойные	32.7	29.7	37.8		10.1	26.1
лесополосы лиственные	16.4	20.3	54.1	10.1		29.5
лес широколиственный	59.6	57.5	87.8	26.1	29.5	

Таблица 3. Квадрат расстояния Махалонобиса между центроидами разных биотопов по трофической структуре педобионтов и содержанием микроэлементов в почвах ($p<0,05$)

Биотопы	Пашня	Многолетние травы	Луг	Лесополосы хвойные	Лесополосы лиственные	Лес широколиственный
пашня		18.1	21.4	16.8	5.5	24.4
многолетние травы	18.1		15.1	22.1	13.5	24.4
луг	21.4	15.1		13.2	9.7	23.4
лесополосы хвойные	16.8	22.1	13.2		6.6	9.3
лесополосы лиственные	5.5	13.5	9.7	6.6		13.5
лес широколиственный	24.4	24.4	23.4	9.3	13.5	

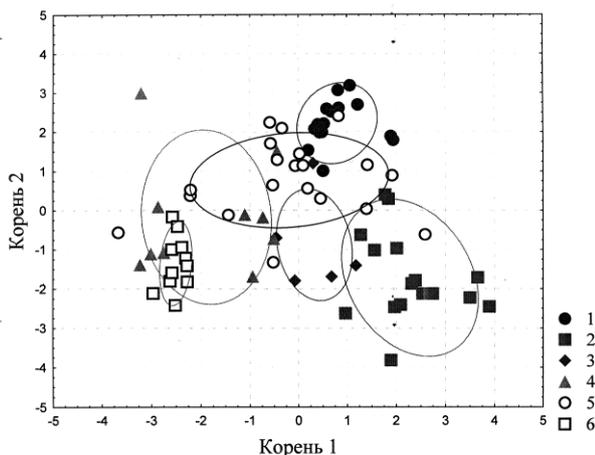


Рис. 4. Ординация содержания микроэлементов в почвах и трофической структуры почвенных беспозвоночных в разных типах биотопов: 1 – пашня, 2 – многолетние травы, 3 – луг, 4 – лесополосы хвойные, 5 – лесополосы лиственные, 6 – лес широколиственный в плоскости двух дискриминантных осей

Выводы: установлены различия содержания микроэлементов в серых лесных почвах, под разными фитоценозами в условиях ландшафтного заказника. Валовое содержание Cd, Pb, Cu, Ni, Zn, Mn в почвах изученных биогеоценозов не превышает санитарно-гигиенические нормативы (ПДК и ОДК). Среднее содержание Co и Fe в почвах, формирующихся под различными фитоценозами, находится в пределах фоновых значений для пахотных и естественных серых лесных почв РТ. Отмечено превышение среднего содержания Cr в почвах пашни, многолетних трав и повышенное его накопление в отдельных пробах хвойных и лиственных лесополос, обусловленное использованием на полях минеральных удобрений и ветровым сносом пыли удобрений на прилегающие лесополосы. Отмечена значимая положительная корреляция содержания Ni, Cr, Co, Cu, Fe, Pb от pH водной вытяжки, содержания обменных оснований, физической глины и ила. Выявлены статистически значимые различия содержания всех микроэлементов в

почвах под многолетними травами и всех исследованных биогеоценозов. Концентрации микроэлементов в почвах хвойных и лиственных лесополос достоверно не различаются, что обусловлено сходными условиями протекания в них геохимических процессов.

Впервые проведен многомерный анализ различий содержания микроэлементов в почве и сообществ мезопедобионтов, обитающих в различных биотопах в условиях адаптивно-ландшафтного земледелия. Дискриминантный анализ выявил статистически значимые различия содержания микроэлементов в почвах и численности таксономических групп почвенной мезофауны по типам биотопов. Наибольший вклад в изменчивость признаков вносят Cd, Ni, Pb, Zn, Mn и таксоны почвенной мезофауны – литобииды и жукелицы, а по трофической структуре – фитофаги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Под ред. В.И. Кирюшина, А.Л. Иванова. Методическое руководство. – М.: ФГНУ Росинформагротех, 2005. 784 с.
2. Александрова, А.Б. Почвенно-зоологические особенности агроэкосистемы в условиях адаптивно-ландшафтного земледелия / А.Б. Александрова, Т.А. Гордиенко, Д.Н. Сабанцев, В.В. Маланин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. №1(4). С. 1047-1054.
3. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат. Ленинградское отделение, 1987. 142 с.
4. Алексеенко, В.А. Экологическая геохимия. – М.: Логос, 2000. 627 с.
5. Бызова, Ю.Б. Количественные методы в почвенной зоологии / Ю.Б. Бызова, М.С. Гиляров, В. Дугнер и др. – М.: Наука, 1987. 287 с.
6. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.
7. ГН 2.1.7.2511- 09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.
8. Гонгальский, К.Б. Почвенные беспозвоночные как биоиндикаторы промышленного воздействия в лесных экосистемах Центра Европейской России. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2004. 20 с.
9. ГОСТ 12536-79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
10. ГОСТ 26107-84. Почвы. Методы определения общего азота.
11. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества.
12. ГОСТ 26261-84. Почвы. Методы определения валового фосфора и валового калия.
13. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки.
14. ГОСТ 27821-88. Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена.
15. Государственный реестр ООПТ в РТ. Издание второе. Казань: Идел-Пресс, 2007. 408 с.
16. Добровольский, Г.В. Роль почвы в формировании и сохранении биологического разнообразия / Г.В. Добровольский, И.Ю. Чернов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. 273 с.
17. Зырин, Н.Г. Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах / Н.Г. Зырин, Л.К. Садовникова. – М.: Изд-во МГУ, 1985. 208 с.
18. Ильин, В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. – Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.
19. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / Перевод с англ. языка / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. 439 с.
20. Кирюшин, В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. 367 с.
21. Кульбачко, Ю.Л. Особенности накопления тяжелых металлов жучелицами в биогеоценозах, подверженных химическому загрязнению // Вестник Днепропетровского университета. Биология. Экология. – Днепропетровск: ДГУ, 1998. вып. 4. С. 63-68.
22. Микроэлементы в окружающей среде / Под ред. П.А. Власюка. – Киев: Наукова думка, 1980. 185 с.
23. Орлов, Д.С. Химия почв. – М.: Изд-во МГУ, 1985. 378 с.
24. Отчет по ГК №13МЭ – 14С от 10.04.2013 «Разработка региональных нормативов фонового содержания тяжелых металлов в основных типах почв Республики Татарстан, 1 этап» 158 с.
25. Оценка экологического состояния почвенно-земельных ресурсов и окружающей природной среды Московской области / Под общей редакцией академика РАН Г.В. Добровольского, члена-корреспондента РАН С.А. Шобы. – М.: Изд-во МГУ, 2000. 221 с.
26. Перельман, А.И. Геохимия ландшафта / А.И. Перельман, Н.С. Касимов. – М.: Изд-во МГУ, 1999. 610 с.
27. Пухачев, А.П. Модель агроландшафтной системы земледелия для зоны Среднего Поволжья // Нива Татарстана. 2010. №1-2. С. 31.
28. РД 52.18.191-89. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом.
29. Сизова, М.Г. Почвенная мезофауна урбанизированных территорий / М.Г. Сизова, А.П. Евсюков, В.Ф. Вальков // Альманах современной науки и образования. Биологические науки. Тамбов: Грамота, 2010. № 12. С. 110-114.
30. Скотаренко, О.В. Проблема устойчивого развития в России и за рубежом. // Вестник Московского Технического университета, 2011. том 14. №1. С. 34-37.
31. Соколова, Т.Л. Биоиндикационная роль люмбрицид при оценке почв города Костромы и Костромского Заволжья. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Нижний Новгород, 2011. 20 с.
32. Халафян, А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. 3-е изд. Учебник. – М.: ООО Бином-Пресс, 2008. 512 с.
33. Bityutskii, N.P. The influence of Earthworms on the Mobility of Microelements in Soil and Their Availability for Plants / N.P. Bityutskii, P.I. Kaidun // Euroasian Soil Science, 2008. Vol. 41. №12. P.1306-1313.

34. *Butcher, S.S. Global Biogeochemical Cycles / S.S. Butcher, R.J. Charlson, G.H. Orians, G.V. Wolfe. – New York: Academic Press, 1992. 250 p.*
35. *De la Rosa, D. Soil Quality and Methods for its Assessment / D. De la Rosa, R. Sobral // Land Use and Soil Resources. 2008, P. 167-200.*
36. *Pour-Nasr Khakbaz, P. Soil Pollution Control Management Techniques and Methods / P. Pour-Nasr Khakbaz, S. Mahdloei, A. Heidari // Annals of Biological Research, 2012, No 3 (7). P. 3101-3109.*

MICROELEMENTS AND MESOFAUNA STRUCTURE IN THE SOILS OF LANDSCAPE TYPE PROTECTED AREA

© 2015 A.B. Alexandrova, T.A. Gordienko, D.N. Vavilov, V.V. Malanin,
V.S. Valiev, D.V. Ivanov

Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of
Tatarstan Academy of Sciences, Kazan

An article provides characteristics of soil mesofauna and microelement composition of soils in various biogeocenoses in the case of landscape-adaptive farming system. Total value of Cd, Pb, Cu, Ni, Zn, Mn in examined soils did not exceed sanitary-hygienic standards (MAC and APC). Co and Fe content were usual for a tilled and natural grey forest soils of Tatarstan Republic. Artificial fertilizer use lead to the increased Cr content. Statistically significant differences in microelement composition, taxonomic and trophic groups abundance between biogeocenoses were shown. Taxonomic groups of soil mesofauna such as Litobiidae and Carabidae and representatives of phytophagous trophic group and Cd, Pb, Ni, Zn, Mn as well were the main variables in biogeocenoses discrimination in multidimensional analysis.

Key words: *adaptive-landscape farming, gray forest soils, microelements, soil mesofauna, trophic structure, taxonomic diversity*

Asel Aleandrova, Candidate of Biology, Senior Research Fellow at the Biogeochemistry Laboratory. E-mail:

adabl@mail.ru

Tatiana Gordienko, Research Fellow at the Biomonitoring Laboratory. E-mail: eiseniata@gmail.com

Dmitriy Vavilov, Research Fellow at the Biomonitoring Laboratory

Vitaliy Malanin, Research Fellow at the Biogeochemistry Laboratory. E-mail: wizzle13@yandex.ru

Vsevolod Valiev, Research Fellow at the Biogeochemistry Laboratory. E-mail: podrost@mail.ru

Dmitriy Ivanov, Candidate of Biology, Chief of the Biogeochemistry Laboratory. E-mail: water-rf@mail.ru