

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ НА МИКРОФЛОРУ ПОЧВ Г. БИШКЕК

Ч.М. Омургазиева, С.Ж. Ибраева, Нурканбек к.А., Бакытбек к.А

Институт биологии НАН КР, Бишкек, Кыргызстан

Аннотация. В результате рассеивания выхлопных газов в сероземной почве транспортной зоны города Бишкек интенсивно накапливаются тяжелые металлы Pb, Ni, Zn, Cu и др. Приоритетными загрязнителями являются Pb и Ni, содержание которых превышают ПДК 2,8 – 4,6 и 10 - 12,5 раза. Экологические особенности загрязненных почв как среды обитания микроорганизмов транспортных зон г. Бишкек до настоящего времени не исследовались. Таким образом, исследования показали, что микроорганизмы, обитающие в урбаноцемах, активно реагируют на загрязнение: в микробном комплексе уменьшается относительная доля актиномицетов и микромицетов. Бактерии рода *Azotobacter* заметно адаптируются к загрязнению, накапливая пигмент меланин.

Ключевые слова: загрязнения, тяжелые металлы, урбаноцемы, почвенные микроорганизмы.

АВТОУНААЛАРДАН ЧЫККАН ТАШТАНДЫЛАРДЫН БИШКЕК Ш. ТОПУРАК МИКРОФЛОРАСЫНА ТИЙГИЗГЕН ТААСИРИН БААЛОО

Ч.М. Өмүргазиева, С.Ж. Ибраева, Нурканбек к.А., Бакытбек к.А

Институт биологии НАН КР, Бишкек, Кыргызстан

Аннотация. Бишкек шаарынын транспорттук аймактарынын боз топурактарында бөлүнүп чыккан газдардын таралышынын натыйжасында оор металлдар Pb, Ni, Zn, Cu ж.б. интенсивдүү топтолууда. Приоритеттик булгандыруучулар болуп Pb жана Ni аныкталды, алардын кармалышы ЧКдан 2,8-4,6 жана 10-12,5 эсе ашат. Бишкек шаарынын транспорттук зоналарында микроорганизмдердин жашоо чөйрөсү катары булганган топурактардын экологиялык өзгөчөлүктөрү ушул күнгө чейин изилдене элек. Ошентип, изилдөөлөр шаар кыртышында жашаган микроорганизмдер булганууга активдүү жооп берээрин көрсөттү: микроб комплексинде актиномицеттердин жана микромицеттердин салыштырмалуу үлүшү азайган. *Azotobacter* тукумундагы бактериялар меланин пигментин топтоо менен булганууга байкаларлык ыңгайлануусу белгиленди.

Ключевые слова: булгануу, оор металлдар, урбаноцем, топурак микроорганизмдери.

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF VEHICLE EMISSIONS ON SOIL MICROFLORA IN BISHKEK

Ch.M.Omurgazieva, S.J.Ibraeva, Nurkanbek k.A., Bakytbek k.A.

Institute of Biology NAS KR, Bishkek, Kyrgyzstan

Annotation. As a result of the dispersion of exhaust gases in the gray earth soil of the transport zone of Bishkek, heavy metals Pb, Ni, Zn, Cu etc. are intensively accumulated. The priority pollutants are Pb and Ni, the content of which exceeds the MPC 2.8-4.6 and 10-12.5 times. The ecological features of contaminated soils as a habitat for microorganisms in the transport zones of Bishkek have not yet been studied. Thus, studies have shown that microorganisms living in urban soils actively respond to pollution: in the microbial complex, the relative proportion of actinomycetes and micromycetes decreases. Bacteria of the genus *Azotobacter* noticeably adapt to pollution by accumulating the pigment melanin.

Key words: soils of Bishkek city, pollution, heavy metals, microorganisms

Усиливающееся негативное воздействие автотранспорта на окружающую среду является одной из актуальных проблем современного общества, требующей самого быстрого решения.

Вклад автотранспорта в суммарные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу составляет 60,5%, а по некоторым компонентам, например, оксиду углерода может достигать 86,5% [7]. В состав выхлопных газов входят разнообразные высокотоксичные вещества (оксиды углерода и серы, формальдегид, бензапирен) и тяжелые металлы (ТМ) – свинец, цинк, кадмий, никель, медь, олово, ртуть [21, 22]. Оксиды, как правило, рассеиваются в атмосфере, а органические соединения и ТМ переносятся в сопредельные среды, загрязняя почвы и воды. Также, тяжёлые металлы, являясь загрязняющими веществами от объектов теплоэнергетики, многих отраслей добывающей и перерабатывающей промышленности, цветной и чёрной металлургии и даже коммунального хозяйства, аккумулируются в почвах.

Увеличение количества автомобильного транспорта в крупных городах оказывает существенное влияние на химические и биологические свойства почв [2, 5].

Нарушение структуры микробных сообществ в условиях интенсивной антропогенной нагрузки может привести к изменению направленности круговорота биогенных элементов и утрате экологических функций почвы. Функционирование почв при воздействии техногенных функций города неизбежно отражается на формировании их режимов и путей эволюции. Существование почвы без микроорганизмов невозможно, а сохранение биологического разнообразия нереально без почв. Почвы городских территорий, как компонент жизнеспособной среды обитания микроорганизмов, представляют особый интерес, так как подвержены сочетанию антропогенных нагрузок с наличием техногенных и транспортных загрязнений. Это влечет за собой появление в почвах необычно большого количества токсичных форм микроорганизмов, возрастает содержание фитопатогенов [3, 9, 10, 11] и риск поражения фитопатогенами урбофитоценозов, опасность энтеропатогенного заражения человека [19, 21], а также к гибели отдельных видов аборигенных микроорганизмов-сапрофитов, участвующих в разложении веществ и круговорота элементов в природе.

Как биоиндикатор, микробное сообщество является самым чутким показателем почвенно-химических условий, способным дать интегральную оценку состояния почвенного покрова и экосистемы в целом [6, 15, 18, 20]. Исследования нарушений микробных сообществ в антропогенных экосистемах имеют большое значение для решения региональных экологических проблем, сохранения биоразнообразия почвенной микрофлоры, рационального природопользования, охраны природы и здоровья людей. Данные микробиомониторинга почв могут использоваться для оценки и отчуждения разных категорий земель.

Цель исследования: Выявление влияния загрязнения почвы г. Бишкек выбросами автотранспорта на жизнедеятельность почвенных микроорганизмов.

Объекты и методы исследования. Для оценки эколого-микробиологического состояния почв г. Бишкек и его окрестностей выбраны участки с различными антропогенными нагрузками: транспортная зона – центральные улицы города (пр. Манас, ул. Ю. Абдрахманова), промышленная зона – (районы ТЭЦ и территории АЗС) ул. Курманжан Датка, северная часть (пр. Чуй), южная часть (ул. А. Масалиева) и рекреационная зона (Ботанический сад им. Э. Гареева).

Всего было отобрано и исследовано 154 почвенных образца из поверхностного слоя (0-25 см) с 6 крупных улиц и их перекрестков (2019-2021гг.).

Для изучения содержания тяжелых металлов и других токсичных веществ в пробах почвы был проведен спектральный анализ методом атомно-эмиссионной спектроскопии

(ОМГ6-01, спектр 33/8-14): Cu, Pb, Ni – как маркеры техногенного влияния; Cd, Zn – антропогенного влияния; Co – потенциального радиоактивного загрязнения.

Для количественного учета бактерий различных групп почвенных микроорганизмов использовали стандартные методы и среды, приведенные в соответствующих руководствах Звягинцева и Герхарда [13, 14]. Количество аэробных хемоорганотрофных бактерий определяли на мясопептонном агаре (МПА), актиномицетов – на крахмало-аммиачном агаре (КАА), олиготрофы – на минерально агаризованной среде К без источника углерода [8]. Численность свободноживущих аэробных азотфиксаторов рода *Azotobacter* учитывали методом комочков обрастания на среде Эшби, нитрифицирующие бактерии – на жидкой среде Виноградского [14].

Численность почвенных микроорганизмов выражали в количестве колониеобразующих единиц (КОЕ) на 1 г сухой почвы.

Идентификацию микроорганизмов проводили по известным методам [13, 17], на основании микроморфологических и хемотаксономических (биохимических) признаков.

Результаты исследования и обсуждение

По большей части, особенно вдоль главных улиц и в центре города Бишкек, сформировались специфические городские почвы антропогенно измененные, так называемые урбаноземы [7]. Для большинства городов приоритетные загрязняющие вещества одинаковы, за исключением специфических поллютантов, присутствующих в выбросах, сбросах и отходах узкопрофильных промышленных предприятий. С этих позиций, загрязнение соединениями ТМ и нефтепродуктами характерно для почв (урбанозёмов) любой городской территории.

Проведены эколого-химические анализы почв и урбаноземах г. Бишкек содержание тяжелых металлов первого, второго и третьего классов опасности (табл.1).

Содержание ТМ в поверхностном слое исследованных почв города Бишкек показало наличие полиэлементного загрязнения – в урбаноземах средние концентрации химических элементов (Pb, Ni, Zn, V, Ba, Cu) выше предельно- и ориентировочно допустимой концентрации (ПДК и ОДК) – (табл.2.).

Результаты спектрального анализа представлены в табл. 1. В почвах исследуемых объектов преобладает свинцовое загрязнение, превышения ПДК в 2,8–4,6 раза. Так, валовое содержание свинца в почвенных образцах города от 90 до 150 мг/кг, когда его ПДК составляет 32 мг/кг. Свинец относится к ТМ первого класса опасности и является основным выбросом автотранспорта. Аномальные количества Pb фиксируются не только в верхнем слое почв (0-10 см), но и на глубине 0-25 см.

Табл. 1. Содержание химических элементов в почвенных образцах г. Бишкек, мг/кг

№	Объект		ТМ первого класса опасности					ТМ второго класса опасности					ТМ третьего класса опасности		
			As	Cd	Be	Pb	Zn	Co	Cr	Cu	Ni	Sb	V	Ba	Mn
		пдк/одк	2,0	1,0	-	32,0	23	20,0	6	33	4	4,5	150	200	1500
1	Т.1.		-	-	-	150	40	5	70	30	50	-	150	200	900
2	Т.2.		-	-	-	150	40	5	70	50	40	-	150	300	900
3	Т.3.		-	-	-	90	30	-	40	20	40	-	150	200	900
4	Т.4.		-	-	-	120	40	3	50	40	50	-	200	300	1200
5	Т.5.		-	-	-	120	30	5	40	40	40	-	150	200	1200
6	Т.6.		-	-	-	120	40	5	50	40	40	-	150	200	1500
Т.1. – проспект Чуй, Т.2. – проспект Манас, Т.3. – ул. Ю. Абдрахманова, Т.4. – ул. К Датка, Т.5. – ул. А. Масалиева, Т.6. – Бот, сад им. Э.Гареева															

Исследования показали, что помимо свинца, основным загрязнителем почв г. Бишкек является никель (Ni); в исследованных образцах его количество варьировало в пределах 40-50 мг/кг, а ПДК – 4 мг/кг [23]. Это свидетельствует о превышении ПДК в среднем в 10,7 раза, но не превышает кларк никеля в земной коре. Повышенные концентрации Ni в почвах приводят к эндемическим заболеваниям: деформациям растений, глазным болезням животных, развитием злокачественных опухолей носоглотки и легких человека [13; 10].

ПДК цинка по установленной норме в почве составляет 23 мг/кг [23], содержание элемента Zn в исследованных образцах колебалось от 30 до 40 мг/кг, что превышает норму в 1,5 раза. В исследованных образцах содержание элемента Cr достигает 40-70 мг/кг. Это свидетельствует о превышении ПДК в среднем в 8,8 раза.

Наибольшее содержание меди (Cu) наблюдается в пробах почвы, отобранных на проспекте Манаса, где превышение составляет 1,5 раза. Но в то же время, этот показатель не превышает кларк в земной коре (47 мг/кг).

Кларк элемента ванадия в земной коре составляет 90 мг/кг. Концентрация ванадия в пяти исследованных объектах равна ПДК. В пробе, взятой в районе улицы Курманжан датка, уровень содержания ванадия превышает ПДК более чем в 1,3 раза. Избыток ванадия встречается значительно чаще и связан с производством асфальта, стекла, топливных продуктов (мазута, бензина и др.).

Таблица 2.

Валовое содержание и кларки некоторых химических элементов в исследованных образцах, (мг/кг почвы)

Исследуемые почвы, г. Бишкек/улицы (проспекта)						Содержание		ПДК мг/кг ***	Коэффициент опасности (Ко)					
T.1.	T.2.	T.3.	T.4.	T.5.	T.6.	в земной коре*	в почвах мира**		T.1.	T.2.	T.3.	T.4.	T.5.	T.6.
Свинец (Pb)														
150	150	90	120	120	120	16,0	16,0	32,0	4,6	4,6	2,8	3,7	3,7	3,7
Цинк (Zn)														
40	40	30	40	30	40	83	50	23	1,7	1,7	1,3	1,7	1,3	1,7
Хром (Cr)														
70	70	40	50	40	50	83	34	6	11,6	11, 6	6,6	8,3	6,6	8,3
Никель (Ni)														
50	40	40	50	40	40	58	26	4	12,5	10	10	12, 5	10	10
Медь (Cu)														
30	50	20	40	40	40	47,0	20,0	20,0	-	1,5	-	1,2	1,2	1,2
Ванадий (V)														
150	150	150	200	150	150	90,0	76	150	н	н	н	1,3	н	н
Барий (Ba)														
200	300	200	300	200	200	650	680	200	н	1,5	н	1,5	н	н
Т.1. – проспект Чуй, Т.2. – проспект Манас, Т.3. – ул. Ю. Абдрахманова, Т.4. - ул. К Датка, Т.5. – ул. А. Масалиева, Т.6. – Бот, сад им. Э.Гареева. н - норма,* - по данным А.П. Виноградова [1962], ** - по данным А.А. Беус и др. [1976], *** - по гигиеническим нормативам ПДК и ОДК хим.веществ в почве, Правительства КР 2016, Приложения 21														

транслокационное ПДК (http://www.gidrogel.ru/ecol/hv_met.htm);

Содержание валовой формы бария (Ba) в исследованных районах достигает 300 мг/кг, а кларк бария в земной коре составляет 650 мг/кг. Так, превышение нормы в 1,5 раза в пробах почвы, взятых с улиц Манас и К. Датка. В пробе, отобранной в зоне Ботанического сада им.Гареева, несмотря на его рекреационную функцию, также обнаружено высокое содержание свинца среди исследованных участков (120 мг/кг), а также превышение норматива содержания валовых форм цинка в 1.5 раза (см. табл. 1). Это можно объяснить непосредственной близостью к парку жилых массивов и крупных транспортных артерий, связывающих одни из основных улиц города – Ахунбаева и Масалиева.

Микробиологические исследования почв и урбаноземов города Бишкек.

Почвенные микроорганизмы чутко и быстро реагируют на загрязнение окружающей среды. Характер ответной реакции микробного сообщества определяется множеством факторов, среди которых важную роль играют длительность воздействия поллютантов, их токсичность, интенсивность загрязнения, буферные свойства почвы и свойства самого микробиоценоза [10].

Отмечено ощутимое влияние загрязнения почвенной среды г. Бишкек высокими концентрациями ТМ на количественное и качественное соотношение почвенных микроорганизмов, обитающих в этой среде. Таким образом, исследования показали, что в урбаноземах численность основных групп почвенных микроорганизмов сравнительно ниже чем в естественных условиях обитания. Рост и развитие некоторых экологотрофических групп микроорганизмов (бактерий и микромицетов) медленные, колонии слаборазвитые, культуральная внешность описываемых колоний очень «истощённая», по сравнению с природными изолятами бактерий.

Так, из диаграммы 1 видно, что численность бактерий, использующих органические формы азота в почвенных образцах, отобранных на проспектах Чуй, Манас и ул. К. Датка составляет всего лишь $1 \cdot 10^5$ КОЕ/г почвы.

Наибольшая численность хемоорганотрофных бактерий выявлена из образцов почвы с улицы им. Ю.Абдрахманова, где численность их составляет $2,3 \cdot 10^5$ КОЕ/г почвы.

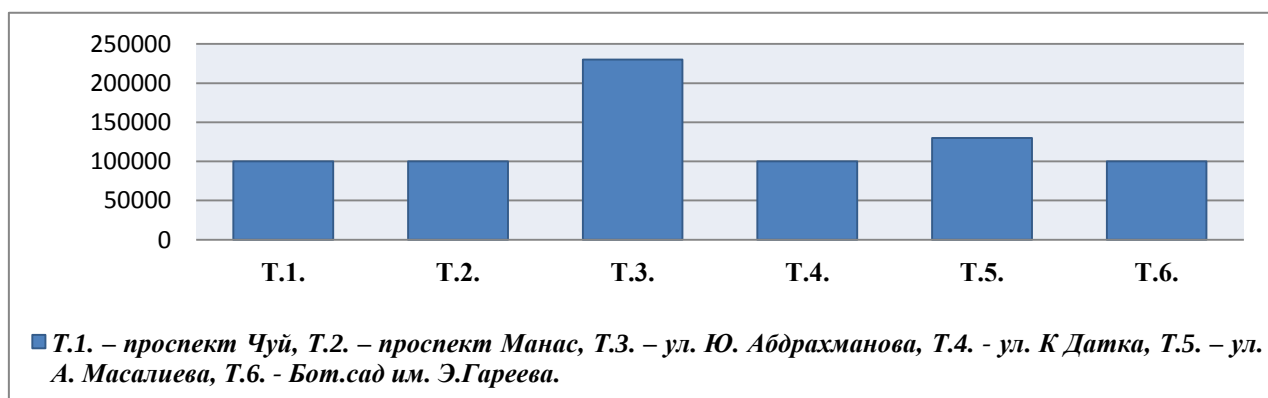


Диаграмма 1. Численность бактерий на МПА

Численность микромицетов в исследованных почвах города колеблется от $0,3 \cdot 10^2$ до $2 \cdot 10^2$ КОЕ/г сухой почвы. Так, наибольшее количество ($2 \cdot 10^2$ КОЕ/г почвы) микромицетов наблюдалось в почвенных образцах, отобранных на перекрестках ул. Чуй-Ю.Абдрахманова, а также фоновом участке (диаг. 2.).

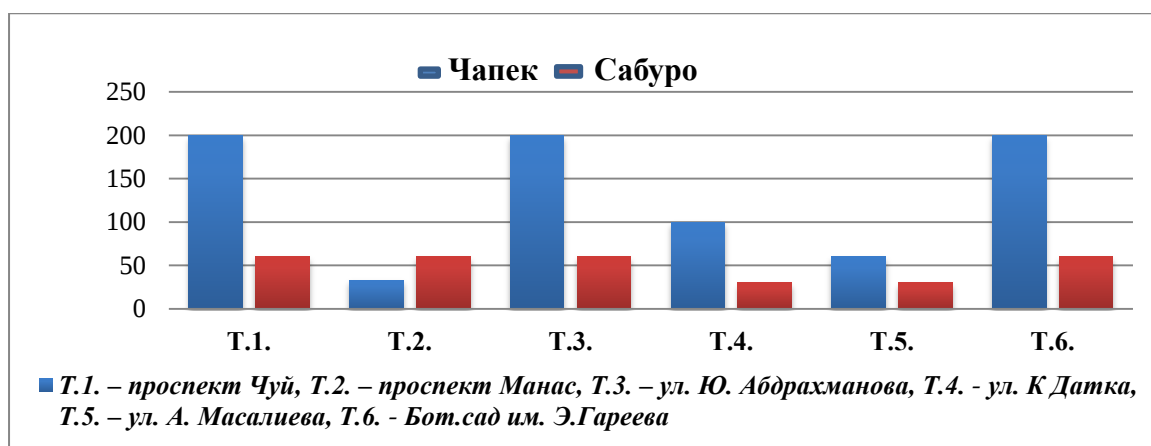


Диаграмма 2. Численность микромицетов на средах Чапек-Докса и Сабуро

Численность актиномицетов в сероземных почвах и урбаноземах города Бишкек носит более сложный характер (диагр. 3). Для этих групп микроорганизмов отмечено несколько пиков численности на разных исследуемых объектах. Наибольшая численность актиномицетов наблюдалось в пробах почвы, взятых на ул. Ю.Абдрахманова ($1,6 \cdot 10^3$ КОЕ/г), а наименьшая численность наблюдалась в образцах, взятых на проспекте Манас, по сравнению с почвами контрольной «фоновой» зоны. Их численность составила $0,3 \cdot 10^3$ КОЕ/г.

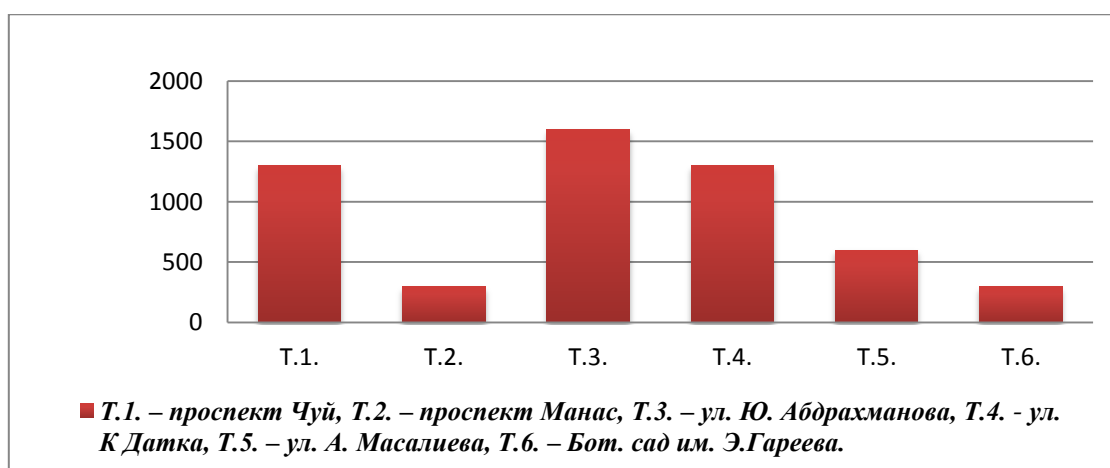


Диаграмма 3. Численность актиномицетов на среде КАА

Азотификсирующие бактерии рода *Azotobacter* являются важным компонентом почвенной микрофлоры. Наряду с олигонитрофильными бактериями они активно обогащают почвы связанным азотом. Наши исследования показали, что *Azotobacter* очень быстро реагирует на изменение окружающей среды. Высеваемость на среде Эшби методом почвенных комочков в исследуемых участках колебалась от 45 % до 70%. При этом в загрязненных почвах наблюдались формы, образующие слизистые колонии, окрашенные в темно-коричневый цвет (рис. 1а). А в фоновом образце почвы азотобактерии образуют стеклянные, прозрачные колонии (рис. 1б). Темно-коричневый цвет колоний *Azotobacter* обусловлен накоплением пигмента меланина, который выполняет защитные функции. Показано, что меланины микроорганизмов могут нейтрализовать и обезвреживать опасные для клеток свободные радикалы, образующиеся при действии ультрафиолетового излучения и некоторых химических веществ. В роли таких веществ могут выступать, вероятно, ТМ [18].

Пигменты меланины за счет способности к детоксикации ядовитых соединений способствуют повышению выживаемости организмов в экстремальных условиях [8].

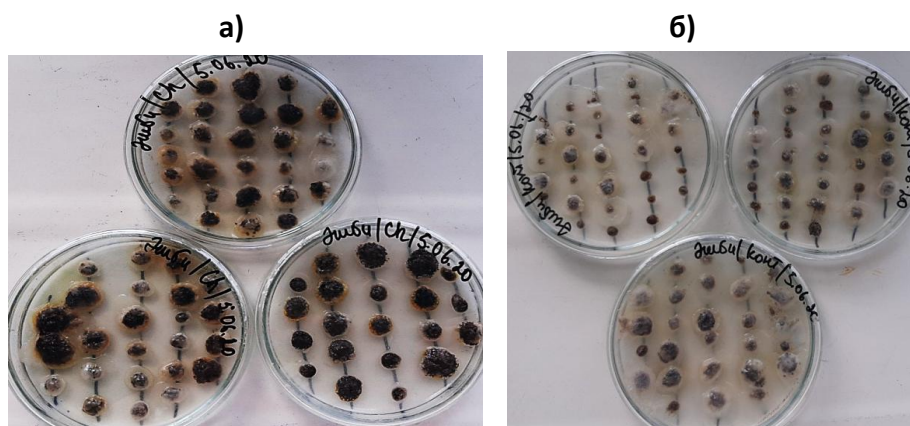


Рис. 1. Рост колоний азотобактера на среде Эшби а) из загрязненных почв; б) контрольная почва

Таким образом, результаты эколого-микробиологических исследований почв и урбаноземов города Бишкек показали, что загрязнения атмосферного воздуха и почвенной среды выбросами автотранспорта привело к изменению структуры микробиоценозов. В микробном комплексе уменьшается относительная доля агрономически ценных почвенных микроорганизмов как азотфиксирующих, целлюлозоразлагающих и других аборигенных полезных микроорганизмов-деструкторов органических остатков (*Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Streptomyces* и др.). Это указывает на нарушение функциональных свойств урбаноземов и возможное усиление общей токсичности почв, из-за преобладания токсичных форм микроорганизмов. Впервые привлечено внимание к необходимости контроля содержания индикаторных токсигенных, условно-патогенных и аллергенных видов микромицетов, содержащихся в урбаноземах г. Бишкека.

Микробиологическая оценка состояния экосистемы почвы и степень ее устойчивости к антропогенному воздействию, в частности, к токсикантам, содержащимся в выбросах автотранспорта, позволяет дать научное обоснование организационно-техническим мероприятиям, направленным на снижение воздействия автотранспорта на почвенные экосистемы.

Литература

1. Ананьева Н.Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв / Н.Д. Ананьева. М.: Наука, 2003. – 222 с.
2. Артамонова В.С. Микробиологические особенности антропогенно- преобразованных почв Западной Сибири. Монография. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 208с.
3. Булавко Г.И. Влияние различных соединений свинца на почвенную микрофлору //Изв. Сиб. отд. АН СССР. Сер. биол., 1982. Вып.1. – № 5. – С.79-86
4. Биоиндикация и биомониторинг / под ред. Д.А.Криволуцкого. М.: Наука, 1991. –288 с.
5. Добровольский, Г.В. Почва. Город. Экология. Монография. – М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. – 320 с.
6. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. – 256 с.
7. Карабаев Н.А., Узакбаева Ж.М. Современное состояние экологии почв и урбаноземов города Бишкек //Почвоведение и агрохимия. – 2010. - № 1. – С. 51-56.
8. Каталог штаммов Региональной профилированной коллекции алканотрофных микроорганизмов / под ред. И. Б. Ившиной. М.: Наука, 1994. – 163 с.

9. Клевенская И.Л. Влияние тяжелых металлов (Cd, Zn, Pb) на биологическую активность почв и процесс азотфиксации //Микробоценозы почв при антропогенном воздействии. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1985. –1. – С. 73 -94.
10. Кондакова Л. В. Альго-цианобактериальная флора и особенности ее развития в антропогенно нарушенных почвах (на примере почв подзоны южной тайги Европейской части России): Дис. ... д-ра биол. наук. Сыктывкар, 2012. –356 с.
11. Косинова Л.Ю. Изменение структуры микробоценозов и ферментативной активности некоторых почв под воздействием свинца и кадмия // Микроорганизмы почв при антропогенном воздействии. Новосибирск: Наука, 1985. – С. 29-47.
12. Левин, С.В. Тяжелые металлы как фактор антропогенного воздействия на почвенную микробиоту //Микроорганизмы и охрана почв. – М.: МГУ, 1989. – С. 5-46.
13. Методы почвенной микробиологии и биохимии /Под ред. Д.Г.Звягинцева. – М., 1980. – 224с.
14. Методы общей бактериологии: Пер. с англ./Под ред. Ф. Герхардта и др. М.: Мир, 1983. – 536 с.
15. Наплекова Н.Н., Булавко Г.И. Изменение видового состава микроорганизмов дерново-подзолистой почвы и чернозема выщелоченного под действием свинца //Микробоценозы почв при антропогенном воздействии. - Новосибирск: Наука, 1985. – С. 47-59.
16. Наплекова Н.Н. Микробиологический мониторинг состояния природной среды / Н.Н. Наплекова //Проблемы сельскохозяйственной экологии. Новосибирск: Наука, 2000. – С. 41-58
17. Определитель - Illustrated genere of imperfect Fungi, USA, 1998.
18. Просянкин Е.В. Закономерности развития природных и антропогенно трансформированных экосистем Брянской области, пострадавших от глобальной аварии на Чернобыльской АЭС. Брянск, 2002. URL: <http://www.bgsha.com/ru/education/library/fulltext/ecolog/Framset.htm>.
19. Сомов Г.Н., Литвин В.Ю. Сапрофитизм и паразитизм патогенных бактерий: экологические аспекты. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. – 206с.
20. Сорокин Н.Д. Экспериментальная оценка устойчивости почвенного микробоценоза при химическом загрязнении / Н.Д. Сорокин, И.Д. Гродницкая, О.А. Шапченкова, С.Ю. Евграфова // Почвоведение. 2009. - № 6. – С. 701-707.
21. Танасиенко А.А., Артамонова В.С. Эрозионно-микробиологические аспекты снеготаяния // Сибирский экологический ж.- Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998. – С. 553-562.
22. Щелчкова М.В. Влияние выбросов автотранспорта на микрофлору мерзлотных лугово-черноземных почв города Якутска/ М.В. Щелчкова, Жерготова М.С.// Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2013. №3(3). – Т. 15.
23. http://www.gidrogel.ru/ecol/hv_met.htm#heavy_metals