

А. У. ЧУКПАРОВА\*, А. К. САДАНОВ\*\*

## ВЛИЯНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (Pb, Cd) НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПОЛОС НА ПРОСПЕКТАХ г. АЛМАТЫ

(\*РГП «Национальный центр биотехнологии РК», г. Астана;

\*\*РГП «Центр биологических исследований», г. Алматы)

*Проведена оценка биологического эффекта загрязнения почв свинцом и кадмием. Установлено, что в почве разделительных полос изучаемых проспектов содержание свинца превышает ПДК в 1,5–3 и кадмия в 1,6 раза, что приводит к снижению активности почвенных ферментов и интенсивности дыхания. Исследование соотношения физиологических групп почвенных микроорганизмов показало увеличение численности микроскопических грибов и снижение численности актиномицетов.*

В результате работы промышленных предприятий, наличия огромного парка автомашин и использования некачественного топлива значительная часть территории города подвергается негативному антропогенному воздействию, влияющему и на состояние почв. Почва утрачивает способность выполнять присущие ей экологические функции. Городская почва служит одновременно и пусковым механизмом, и постоянным регулятором городского почвообразования, обеспечивает условия роста и развития живых организмов, является универсальным фильтром на пути миграции тяжелых металлов, органических веществ и других продуктов жизнедеятельности города, выполняет санитарно-гигиеническую функцию, утилизируя органические отходы, растительные остатки, обеззараживая патогенные микроорганизмы и их токсины [1, 2].

Основными металлами, обуславливающими загрязнение почв по химическим показателям,

являются свинец, кадмий, цинк и медь, поступающие в атмосферу, а затем в почву. Тяжелые металлы легко аккумулируются в почве и очень медленно из нее выводятся [3]. Их доступность зависит от типа почв, содержания минерального и органического вещества, величины pH, окислительно-восстановительных процессов и др. В связи с этим нами была поставлена цель – изучить влияние накопления тяжелых металлов на биологическую активность почв.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор проб почвы проводился на разделительных полосах четырех крупных автомагистралей г. Алматы: по проспектам аль-Фараби, Абая, Райымбека, Майлина (район аэропорта). Для сравнения взят парк им. 28 гвардейцев - панфиловцев. Контролем служил район Космостанции, в меньшей степени подвергающийся воздействию антропогенного фактора. Пробы почвы

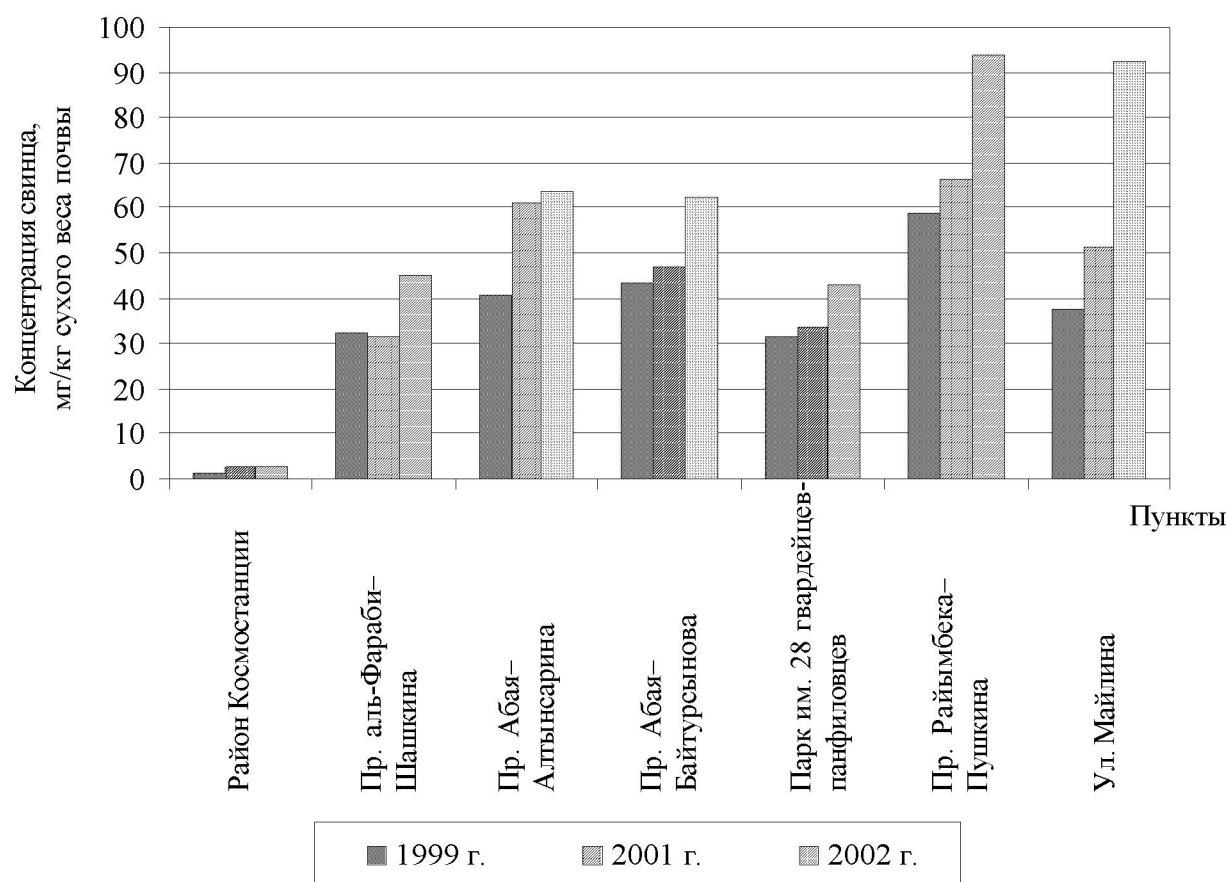


Рис. 1. Содержание свинца в почве исследуемых пунктов

отбирались методом прикопки, на глубину 0–15 см до 1 кг [4]. Содержание свинца и кадмия в пробах почвы определяли атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре модификации AAS-N «Карл Цейс» [5].

Определение рН, дыхания почвы и численности основных физиологических групп микроорганизмов проводили по общепринятым методикам [6–11]. Активность почвенных ферментов каталазы и дегидрогеназы определяли газометрическим методом, предложенным Ф.В. Купривичем, и по Lehnard, активность целлюлазы определяли по потере массы фильтровальной бумаги [12, 13].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Под влиянием хозяйственной деятельности человека почвы города существенно изменяются. Уровень загрязнения свинцом и кадмием почв разделительных полос автомагистралей г. Алматы превышает предельно допустимую концентрацию. Проведенные с 1999 по 2002 г. исследо-

вания показали, что содержание изучаемых тяжелых металлов ежегодно увеличивается. Так, анализ образцов почвы на содержание свинца в 1999 г. показал превышение ПДК по свинцу (32 мг/кг) в почве по проспектам Абая, Райымбека, по улице им. Майлина примерно в 1,3–1,8 раза (рис. 1).

В парке им. 28 гвардейцев-панфиловцев и на пересечении проспекта аль-Фараби-Шашкина содержание свинца в почве было в пределах ПДК и составляло 32,48 и 31,23 мг/кг соответственно.

Химический анализ почв, проведенный в 2001 г., показал повышение содержания свинца в почве в условиях города. Так, на изучаемых перекрестках по проспектам Абая, Райымбека и по улице Майлина содержание свинца в почве в 19–26 раз ( $p < 0,001$ ) превышало содержание его в почве района Космостанции (2,52–2,73 мг/кг), на остальных пунктах содержание свинца в почве было в пределах ПДК.

Анализ содержания свинца в почве в условиях города, проведенный в 2002 г., показал превы-

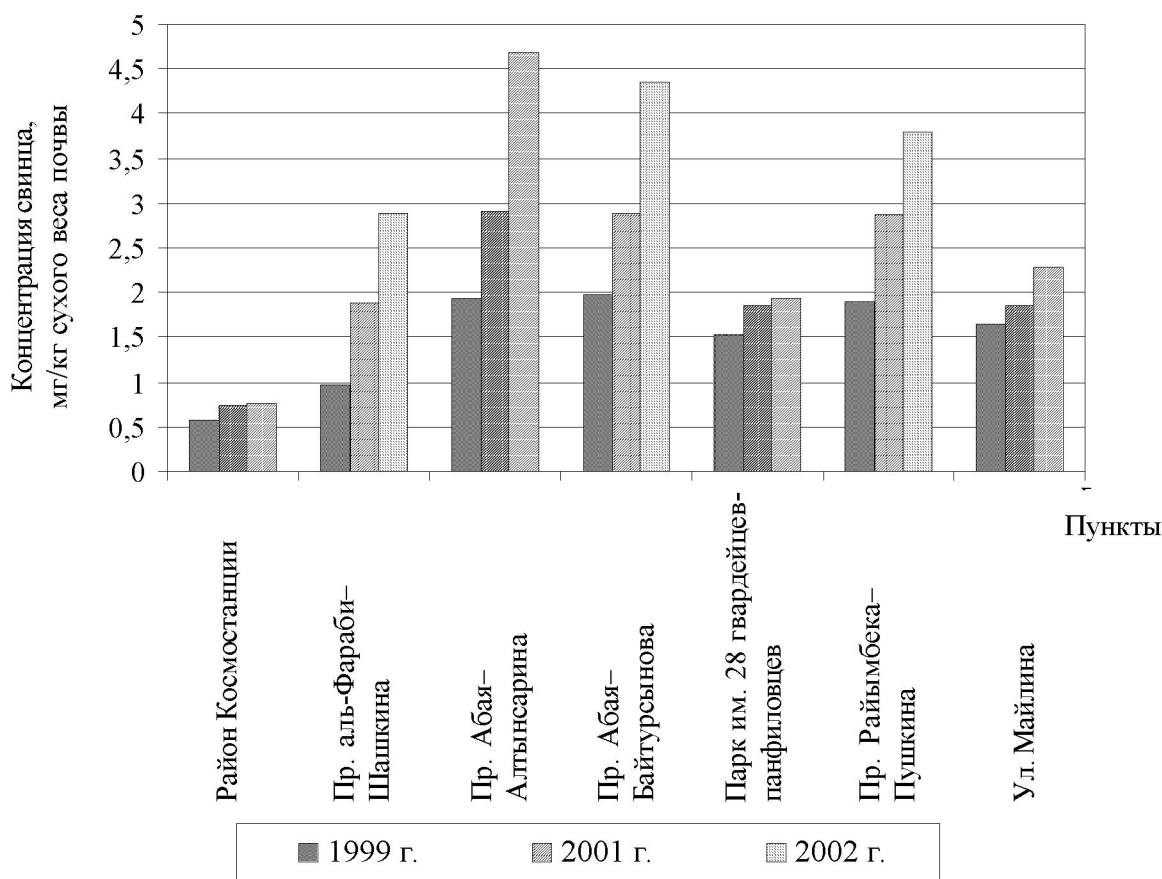


Рис. 2. Содержание кадмия в почве исследуемых пунктов

шение ПДК в 1,5–3 раза на всех изучаемых пунктах и достоверное ( $p < 0,001$ ) превышение по сравнению с контролем. В пунктах отбора по проспектам Абая, Райымбека и по улице Майлина при сравнении с данными 1999 г. установлено превышение содержания свинца в почве в 1,5–2,5 раза.

Содержание кадмия за исследуемые годы в почве на контрольном пункте отмечено на уровне 0,57–0,76 мг/кг (рис. 2).

В условиях города содержание кадмия в почве разделительных полос автомагистралей ежегодно увеличивается. Так, в 2002 г. по сравнению с 1999 г. содержание кадмия в почве возросло в 2–2,5 раза ( $p < 0,001$ ) в пунктах отбора по проспекту Абая и превышает ПДК кадмия (3 мг/кг) в 1,5–1,6 раза.

На остальных пунктах содержание кадмия в почве по отношению его содержанию в ней в 1999 г. возрастает в 1,3–3 раза и в 2–6 раз ( $p < 0,001$ ), превышает его содержание в почве, отобранной в районе Космостанции. Так, анализ почвы в пунктах отбора на проспектах аль-Фараби, Райымбека, по улице Майлина и в парке 28 гвардейцев-

панфиловцев показал следующую его концентрацию: 2,90; 3,80; 2,30; 1,95 мг/кг сухого веса почвы соответственно.

Кроме загрязнения тяжелыми металлами городские почвы характеризуются наибольшей степенью уплотнения, наименьшим коэффициентом пористости и фильтрации. Одним из важных показателей свойств является реакция почвы. В районе Космостанции рН почвы нейтральный. В условиях города рН почвы имел щелочной и слабощелочной характер, что оказывало подавляющее воздействие на энергию жизнедеятельности почвенных микроорганизмов и их видовой состав.

Другим важным показателем биологической активности почв является их дыхание. Данный показатель считается наиболее информативным, так как углекислый газ как конечный продукт деструкции органического вещества определяет деятельность всей микрофлоры почвы и фактический уровень биологических процессов в почве. В условиях города активность дыхания почвы снижается по отношению к контролю в 1,2–

Таблица 1. Численность различных групп микроорганизмов в почве исследуемых пунктов

Пункты отбора	Количество клеток на 1 г абсолютно сухой почвы		
	Бактерии	Грибы	Актиномицеты
Район Космостанции	$2,41 \times 10^6 \pm 0,18$	$2,00 \times 10^4 \pm 0,94$	$9,00 \times 10^5 \pm 1,70$
Проспект аль-Фараби-Шашкина	$2,28 \times 10^6 \pm 0,17$	$6,03 \times 10^5 \pm 0,45$	$3,07 \times 10^5 \pm 0,64$
Проспекты Абая-Алтынсарина	$1,66 \times 10^6 \pm 0,19$	$6,00 \times 10^4 \pm 1,41$	$5,00 \times 10^4 \pm 1,29$
Проспект Абая-Байтурсынова	$0,51 \times 10^6 \pm 0,82$	$1,50 \times 10^4 \pm 0,12$	$2,00 \times 10^4 \pm 0,82$
Парк им. 28 гвардейцев-панфиловцев	$2,66 \times 10^6 \pm 0,19$	$5,67 \times 10^4 \pm 1,58$	$1,63 \times 10^5 \pm 0,47$
Проспект Райымбека-Пушкина	$1,95 \times 10^6 \pm 0,16$	$7,66 \times 10^4 \pm 1,58$	$3,70 \times 10^4 \pm 0,70$
Улица Майлина	$2,78 \times 10^6 \pm 0,19$	$1,03 \times 10^5 \pm 0,21$	$4,00 \times 10^4 \pm 1,50$

Таблица 2. Активность почвенных ферментов

Пункты отбора	Каталаза, см <sup>3</sup> O <sub>2</sub> /1 г за 1 мин	Разложение целлюлозы, %	Дегидрогеназа, ед. опт. плотности
Район Космостанции	$15,67 \pm 0,47$	$30,22 \pm 1,64$	$0,40 \pm 0,03$
Проспект аль-Фараби-Шашкина	$13,80 \pm 0,25$	$27,18 \pm 0,75$	$0,35 \pm 0,02$
Проспекты Абая-Алтынсарина	$10,43 \pm 0,30$	$17,82 \pm 0,90$	$0,26 \pm 0,03$
Проспект Абая-Байтурсынова	$9,67 \pm 0,37$	$16,76 \pm 0,51$	$0,15 \pm 0,01$
Парк 28 гвардейцев-панфиловцев	$5,50 \pm 0,40$	$17,45 \pm 0,43$	$0,24 \pm 0,03$
Проспект Райымбека-Пушкина	$7,83 \pm 0,07$	$9,07 \pm 0,17$	$0,11 \pm 0,02$
Улица Майлина	$4,03 \pm 0,12$	$8,83 \pm 0,31$	$0,14 \pm 0,01$

1,8 раза. Наименьшее выделение CO<sub>2</sub> отмечено в почве, отобранной в пункте пересечения проспекта Абая–Байтурсынова, проспекта Райымбека–Пушкина и по улице Майлина.

Оценить биологические эффекты загрязнения почв тяжелыми металлами позволяет биологическая реакция почвенных микроорганизмов. Микроорганизмы имеют высокую биоиндикационную ценность благодаря быстрому отклику и чувствительности, составляют одно из главных звеньев, определяющих биодинамику почвенных процессов, участвуют в формировании почвенного плодородия. Исследование численности почвенных микроорганизмов показало, что в городских почвах общая численность бактерий близка к показателю на контрольном пункте (район Космостанции) –  $2,41 \cdot 10^6$  кл/г почвы и варьировала в пределах  $1,66 \cdot 10^6$  –  $2,78 \cdot 10^6$  кл/г почвы, за исключением пункта на пересечении проспекта Абая с улицей Байтурсынова, где численность бактерий составила  $0,51 \cdot 10^6$  кл/г почвы (табл. 1).

Численность микроскопических грибов по отношению к контролю возрастала от  $1,50 \cdot 10^4$  до  $6,03 \cdot 10^5$  кл/г почвы. Низкая толерантность микроскопических грибов связана с тем, что в процессе жизнедеятельности они осуществляют детоксикацию металлов, сорбируя их стенками мицелия, метаболически усваивая или способствуя образованию хелатов между метал-

лами и внеклеточными продуктами их жизнедеятельности.

Численность актиномицетов по отношению к контролю снижалась от  $3,07 \cdot 10^5$  до  $2,00 \cdot 10^4$  кл/г почвы, что свидетельствует об их чувствительности к воздействию тяжелых металлов.

Наряду с количественным определением численности микроорганизмов изучалась активность почвенных ферментов, таких, как целлюлаза, дегидрогеназа и каталаза, поскольку их активность обуславливает течение микробиологических процессов в почве. В городских почвах активность почвенных ферментов значительно изменяется (табл. 2).

Из табл. 2 видно, что в городских условиях активность почвенных ферментов ниже по сравнению с контролем: каталазы в 1,1–3,8 раза, дегидрогеназы – в 1,1–3,6 раза. Наибольшая активность каталазы в городских почвах установлена на пересечении проспекта аль-Фараби–Шашкина, наименьшая – по улице Майлина. Высокая активность дегидрогеназы наблюдалась в почве, отобранной на пересечении проспекта аль-Фараби–Шашкина, наименьшая – на пересечении проспекта Райымбека–Пушкина.

Активность целлюлозы тоже снижается в 3,4 раза по сравнению с контрольным пунктом. Так, в контроле разложение целлюлозы составило 30,22%, в исследуемых почвах на разделитель-

ных полосах автомагистралей наибольшее разложение наблюдали в почве на пересечении проспекта аль-Фараби–Шашкина, наименьшее – в почве, отобранной на пересечении проспекта Райымбека–Пушкина и по улице Майлина.

Таким образом, в результате исследования установлено, что в условиях г. Алматы происходит ежегодное увеличение содержания свинца и кадмия в почве на разделительных полосах изучаемых проспектов. Например, отмечено превышение ПДК свинца в 1,5–3 раза, кадмия в 1,6 раз. Увеличение концентрации свинца и кадмия в почве влияет на ее биологическую активность, что проявляется в изменении рН в сторону щелочного, снижении интенсивности дыхания почвы в 1,2–1,8 раза. Кроме того, нарушается структура микробного сообщества, увеличивается численность микроскопических грибов и снижается численность актиномицетов, а также наблюдается ингибирование активности почвенных ферментов (каталазы в 3,9 раз, целлюлазы и дегидрогеназы в 3,5–3,6 раз).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тэрице К.В., Покаржевский А.Д. Методический подход к оценке влияния загрязняющих веществ на почву // Биоиндикация и биомониторинг. М., 1991. 288 с.
2. Добровольский В.В. Биосферный цикл тяжелых металлов и регуляторная роль почвы // Почвоведение. 1997. № 4. С. 43–49.
3. Панин М.С. Химическая экология. Семипалатинск, 2002. 852 с.
4. Жунусова К.Х. Методы оценки загрязнения окружающей среды: Метод. разработка по большому практикуму для студентов биол. факультета. Алма-Ата, 1984. 19 с.
5. Обухов А.И. и др. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях. М., 1991. 250 с.

6. Современные методы химического анализа почв и растений: Методические указания. Киев, 1984. С. 141–142.

7. Демкина Т.С. Определение скорости продуцирования CO<sub>2</sub> почвой в полевых условиях // Агрохимия. 1989. № 3. С. 112–115.

8. Родина А.Г. Методы водной микробиологии. Л.: Наука, 1965. 360 с.

9. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М., 1991. 304 с.

10. Весполова Е.Ф. Микрометод определения численности колониеобразующих микроорганизмов // Микробиология. 1995. Т. 64, № 2. С. 279–284.

11. Практикум по микробиологии / Под. ред. Н. С. Егорова М., 1976. 307 с.

12. Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. М., 1990. 189 с.

13. Мишустин Е.Н., Петров А.Н. Определение биологической активности почв // Микробиология. 1963. Т. 32, вып. 3. С. 478–488.

#### Резюме

Топырақтың қорғасын және кадмиймен ластану әсерлеріне биологиялық баға берілді. Зерттеуге алынған даңғылдарды бөлуші жолақтар топырақтарының құрамындағы қорғасынның жиналу ШМК-сы 1,5-3 есеге, кадмийдің 1,6 есеге артқаны анықталды, бұл топырақ ферменттер белсенділігінің және тыныс алу қарқындылығының төмендеуіне әкеліп соғады. Топырақ микроағзаларының физиологиялық топтарының өзара қатынастарын зерттеу нәтижесінде микроскопиялық санырау-құлақтар сандарының артқаны және актиномицеттер сандарының төмендегені зерттелді.

#### Summary

It was estimated the biological effect of soils pollution by lead and cadmium. It was established, that the content of Pb in soils of dividing strips investigated prospectuses exceeds MCL in 1,5-3 and cadmium in 1,6 times. It can be reason of reduction of soil enzymes activity and intensity of breath. Studying the ratio of physiological groups of soil microorganisms was shown the increasing of microscopic fungi number and reduction of actinomyces number.