



УДК 631.438

**С.В. Бабошкина,
А.В. Пузанов,
И.В. Горбачев**

ПРИОРИТЕТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ-ЗАГРЯЗНИТЕЛИ (Zn, Pb, Cd, Al) В ОГОРОДНЫХ ПОЧВАХ И ОВОЩАХ ПРИУСАДЕБНЫХ УЧАСТКОВ ГОРОДОВ БАРНАУЛА, БИЙСКА, ГОРНЯКА

Ключевые слова: почва, огород, тяжёлые металлы, города, морковь, укроп, антропогенное воздействие, хвостохранилище, реликтовое загрязнение, автотранспортная нагрузка.

Введение

Урбанизация – одна из основных социально-экологических проблем нашего времени. В процессе становления города его природная экосистема и естественная геохимическая обстановка постепенно изменяются, и формируется новая антропогенная среда со специфическими чертами техногенного влияния [1]. Нарастающее техногенное воздействие на природную среду городов со стороны промышленных комплексов, а также ТЭЦ, автотранспорта приводит к сильному загрязнению почв вредными веществами, снижению способности к самовосстановлению почв, деградации растительности.

Токсиканты сравнительно быстро накапливаются в почвах городов и крайне медленно из них выводятся. Поэтому в отличие от воды и воздуха, которые являются лишь миграционными средами, почва представляет собой объективный и стабильный индикатор техногенного загрязнения, четко отражающий эмиссию загрязняющих веществ и их распределение в пределах городской территории.

Изучение садово-огородных участков – актуальная задача современных социально-экономических, ландшафтно-экологических и географических исследований в

России, поскольку для значительной части населения страны выращенная на приусадебных участках овощная продукция является существенной частью пищевого рациона [2]. Считается, что загрязнение почв является одной из причин роста заболеваемости населения [3].

Цель исследования – изучить общие свойства и содержание кадмия, свинца, цинка (элементов I класса опасности), а также алюминия в огородных почвах и овощных культурах приусадебных участков городов юга Западной Сибири (Барнаул, Бийск, Горняк). В задачи исследования входило установить отличительные особенности в накоплении и распределении элементов в системе почва-растение огородных экосистем городов, отражающие специфику антропогенной трансформации, обозначить основные пути миграции Zn, Cd, Pb, Al. Каждый из исследуемых населенных пунктов имеет свои тенденции развития, градообразующие предприятия и потому, как предполагалось, специфические геохимические особенности компонентов городского ландшафта. Для изучения содержания металлов в овощах нами были выбраны близкородственные (семейство Зонтичные) культуры с различными съедобными частями – подземной (морковь) и надземной зеленой (укроп), выращиваемые в открытом грунте и являющиеся лучшими индикаторами аэрогенного загрязнения, чем, например, тепличные растения.

Валовое содержание Cd, Zn, Pb, Al в верхних горизонтах почв и в растениях определяли атомно-абсорбционным методом на приборе Perkin Elmer с электротермической атомизацией. Определение общих свойств почв проводили по стандартным методикам [4].

Исходными зональными почвами в г. Барнауле являлись черноземы обыкновенные и выщелоченные, а также серые лесные почвы под господствовавшими когда-то разреженными березняками склонов и днища ложбины древнего стока [5]. Зональные почвы г. Горняка были представлены черноземами обыкновенными и южными, в комплексе с интразональными почвами лугового генезиса, аллювиальными, дерново-подзолистыми под сосновыми борами. Исходные почвы на территории г. Бийска были представлены черноземами выщелоченными под луговыми степями и остепненными лугами. В настоящее время почвы исследуемых городов сохранились в естественном ненарушенном виде лишь в пределах рекреационных территорий, удаленных от промышленных и селитебных зон.

Считается, что основное отличие огородных почв от исходных природных аналогов – повышенное содержание гумуса за счет внесения органических удобрений и, как следствие, более высокий показатель емкости катионного обмена [6]. Вообще, для урбаноземов характерно обогащение органическим веществом по сравнению с фоновыми аналогами, что обусловлено загрязнением городских почв сажей и копотью [7]. Действительно, по результатам наших исследований, огородные почвы, например, г. Горняка отличаются более высоким содержанием

гумуса (4,3-11,5%) от своих фоновых аналогов – черноземов обыкновенных бассейна р. Верхний Алей (3,5-4,4%, редко выше 6%) [8].

Таким образом, мы выявили, что огородные почвы приусадебных участков отличаются от урбаноземов промышленных зон существенно меньшим количеством урбоантропогенных включений. Тем не менее верхние горизонты огородных почв в черте городов, как правило, характеризуются нейтральной или щелочной реакцией среды (рН изменяется в пределах 7,2-8,2), что связано, очевидно, с дополнительным поступлением в почву солей, которыми посыпаются дороги, с высвобождением кальция из обломков строительного мусора.

Сравнивая почвы исследуемых городов, отметим, что огородные почвы г. Горняка отличаются по сравнению с почвами Барнаула и Бийска более высоким содержанием гумуса ($X_{ср} = 7,7\%$, $C_v = 40\%$) и минеральных форм азота, с превышением ПДК даже для суглинистых почв по нитратам (130 мг/кг) в 30% случаев ($X_{ср}$ нитратов = 137,4 мг/кг, $C_v = 70\%$; $X_{ср}$ нитритов = 7,7 мг/кг, $C_v = 15\%$). Огородные почвы г. Барнаула отличаются более высоким содержанием карбонатов ($X_{ср} = 4\%$, $C_v = 73\%$), рН барнаульских почв в большей степени сдвинут в щелочную сторону (табл.).

По гранулометрическому составу огородные почвы городов Барнаула, Бийска, Горняка относятся к супесчаным или легкосуглинистым почвам, содержание физической глины варьирует существенно от 15 до 30%.

Таблица

Пределы колебаний общих свойств (рН, содержания гумуса, карбонатов, физической глины, минеральных форм азота) и концентраций тяжелых металлов (Cd, Zn, Pb, Al) в гумусовых горизонтах почв садово-огородных участков городов Барнаула, Бийска, Горняка

| Показатель, (ОДК [10], кларк*) | Барнаул | Бийск | Горняк |
|--------------------------------|-----------------|------------------|--------------------|
| Гумус, % | 2,5-7,2 | 5,0-8,6 | 4,3- 11,5 |
| CaCO ₃ , % | 0,3- 7,7 | 1,3-6,0 | 1,3-3,3 |
| рН | 7,6- 8,2 | 7,2-8,0 | 7,3-7,8 |
| N-NO ₂ , мг/кг | 2,4-7,5 | 1,4-2,8 | 5,4- 8,5 |
| N-NO ₃ , мг/кг | 22,0-143,9 | 33,9-78,3 | 39,6- 284,2 |
| Cd, мг/кг (0,5-2 мг/кг) | < 0,05-0,42 | < 0,05 | < 0,05-0,71 |
| Zn, мг/кг (55-220 мг/кг) | 65- 820 | 68-175 | 69-294 |
| Pb, мг/кг (32-130 мг/кг) | 14- 270 | 12-22 | 19-93 |
| Al*, % (8,07%) | 4,67-5,40 | 6,87-7,01 | 5,85-6,78 |

Более высокое, чем в Барнауле и Бийске, содержание кадмия обнаружено в огородных почвах г. Горняка. Среднее содержание Cd здесь составляет $0,54 \pm 0,08$ ($C_v = 35\%$), в 30% образцов содержание Cd превышает ОДК для супесчаных почв (0,5 мг/кг). Источником дополнительного поступления Cd в компоненты экосистем города Горняка, очевидно, является пыль с заброшенных отвалов Алтайского горно-обогатительного комбината (АГОК), расположенных в 2 км от города. Здесь до 1995 г. перерабатывали полиметаллические руды с ряда месторождений Алтая, получали концентраты Zn, Pb, Cu; кадмий является сопутствующим этим металлам элементом. Содержание кадмия в верхних горизонтах иссушенных хвостохранилищ варьирует от 1 до 9,1 мг/кг в старом отвале и от 2,9 до 21 мг/кг – в новом [9]. Наиболее высокие концентрации кадмия обнаружены не только в почвах дачных участков Горняка, расположенных близко к хвостохранилищам (до 0,67 мг/кг), но и в огородной почве в центре города (0,71 мг/кг) вблизи мини-ТЭЦ.

В огородных почвах г. Барнаула во всех образцах содержание цинка выше ОДК для песчаных почв (55 мг/кг). Аномальным содержанием Zn в почвах, превышающем величины ОДК для суглинистых почв (220 мг/кг) в 3-3,7 раза, отличаются: поселок Восточный, расположенный на северо-востоке от промышленной зоны города, по направлению преобладающих юго-западных ветров (820 мг/кг), а также район бывшего демидовского плавильного завода (650 мг/кг).

В почвах частных подворий г. Горняка, расположенных вблизи промышленных источников загрязнения (отвалы АГОКа, мини-ТЭЦ) и характеризующихся легким гранулометрическим составом, содержание цинка достигает 294 мг/кг, что превышает ОДК для супесчаных почв в 5 раз.

В г. Барнауле по сравнению с Бийском и Горняком установлено более высокое содержание свинца в почвах. Несмотря на сокращение, а затем практически полное прекращение использования бензина с добавлением свинца для повышения октанового числа более населенный и загруженный автотранспортом город отличается и более выраженным накоплением свинца в почвах, хотя в количестве, как правило, не превышающем ОДК для суглинистых почв (132 мг/кг). Исключение составляют огородные почвы района

бывшего медеплавильного завода (270 мг/кг). Отметим, что в этом районе в почвах установлен и наибольший индекс суммарного показателя загрязнения $Z_c = \sum K_c - (n - 1) > 16$, что соответствует среднему уровню загрязнения почв по ориентировочной оценочной шкале [11]. Само загрязнение можно признать «реликтовым».

По результатам нашего исследования, содержание Cd, Zn, Pb, Al в укропе, выращенном на частных подворьях городов Барнаула, Бийска, Горняка, варьирует незначительно и существенно выше, чем содержание этих элементов в моркови. Во многих исследованиях отечественных и зарубежных авторов показано, что распределение металлов в растениях, как правило, характеризуется убыванием от корня к стеблю, от листьев к генеративным органам [12, 13]. То, что содержание тяжелых металлов в листовых огородных культурах оказалось выше, чем в корнеплодах, свидетельствует, на наш взгляд, о преимущественно аэрогенном пути миграции тяжелых металлов в пределах изучаемой территории.

В г. Барнауле установлено более высокое (до 0,1 мг/кг сырой массы) по сравнению с Горняком и Бийском (0,01-0,02 мг/кг) содержание свинца в укропе (рис. 1), не превышающее, тем не менее, ПДК (0,5 мг/кг сырой массы) [14].

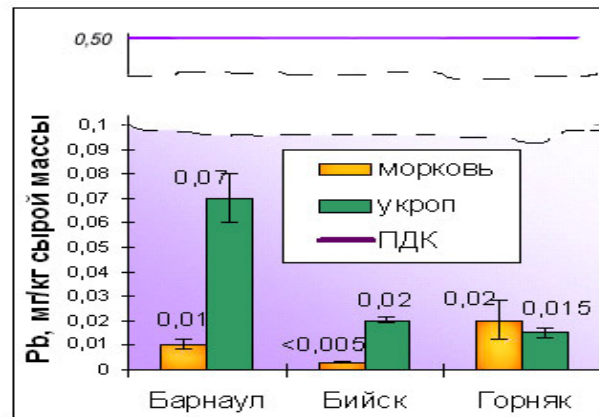


Рис. 1. Среднее (\pm ошибка средней) содержание свинца в огородных культурах Барнаула, Бийска, Горняка

В г. Горняке в овощных культурах, как и в почвах, установлено более высокое, чем в г. Барнауле и г. Бийске, содержание кадмия (рис. 2), причем в 1/3 образцов укропа г. Горняка содержание кадмия выше ПДК – 0,03 мг/кг сырой массы. Наибольшее содержание Cd (0,059 мг/кг сырой массы) обнаружено в укропе, выращенном в огороде, расположенном

наиболее близко к хвостохранилищам по направлению преобладающих ветров.

Среднее содержание цинка в укропе г. Барнаула варьирует от 6 до 17 мг/кг, в г. Горняке – от 9 до 25 мг/кг. В 2/3 случаев содержание цинка в укропе Барнаула и Горняка превышает ПДК для овощей (рис. 3) [14].

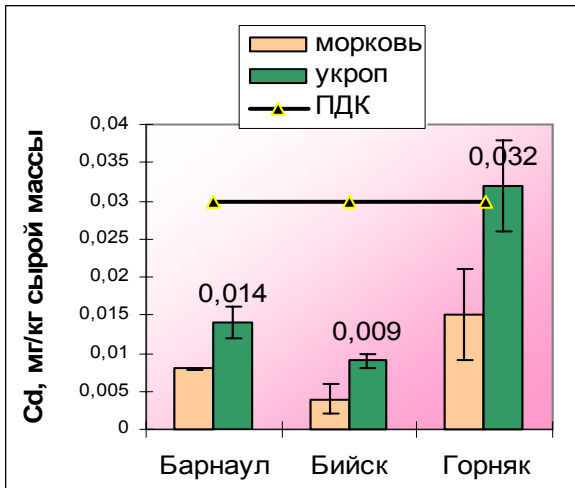


Рис. 2. Среднее (\pm ошибка средней) содержание кадмия в огородных культурах Барнаула, Бийска, Горняка

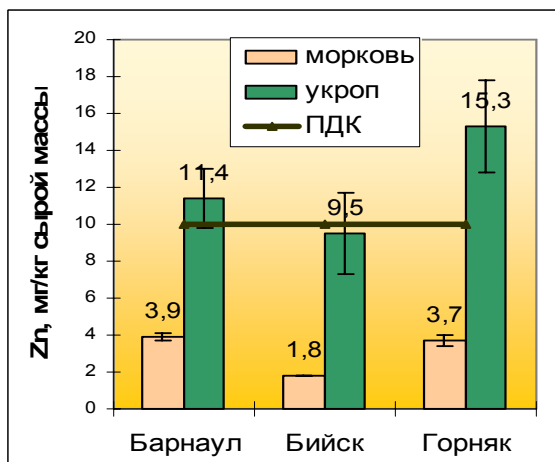


Рис. 3. Среднее (\pm ошибка средней) содержание цинка в огородных культурах Барнаула, Бийска, Горняка

Отметим, что максимальная концентрация Zn в сухой массе укропа, выращенного в огородах на частных подворьях г. Горняка (127 мг/кг), выше содержания Zn в травах городских газонов (24-32 мг/кг сухой массы), тогда как в г. Барнауле травянистые растения газонов накапливают цинка больше (до 181 мг/кг сухой массы), чем укроп (до 86 мг/кг сухой массы).

Содержание цинка в моркови на приусадебных участках городов Барнаула и

Горняка не превышает 5 мг/кг сырой массы и 31 мг/кг – на сухое вещество.

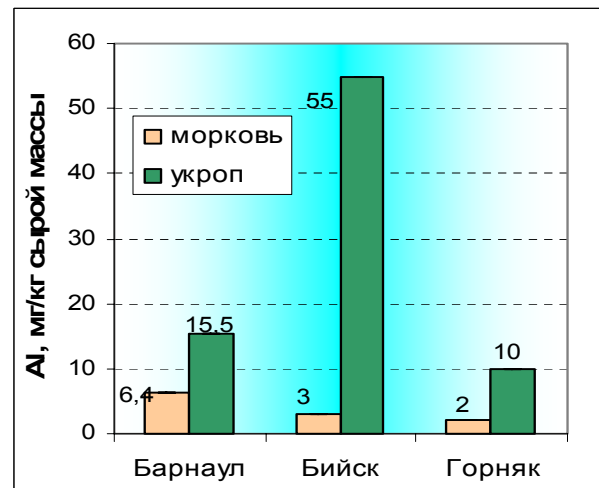


Рис. 4. Содержание алюминия в овощах городов Барнаула, Бийска, Горняка

Наименьшим содержанием Cd, Zn, Pb отличаются овощи, выращенные на частных подворьях г. Бийска. Однако в укропе и моркови дачных участков окраины г. Бийска, расположенных недалеко от стенда ФНПЦ «Алтай», где с 2004 г. проводится утилизация твердотопливных ракетных двигателей методом сжигания, обнаружено наибольшее содержание алюминия до 65 мг/кг сырой массы, или 340 мг/кг сухой массы (по литературным данным, среднее содержание алюминия в растениях незагрязненных экосистем составляет 200 мг/кг сухой массы [13]) (рис. 4). Известно, что продукты сгорания смесевых твёрдых ракетных топлив содержат (кроме хлористого водорода, хлора, оксидов углерода и азота, паров воды) частицы оксида алюминия со средним размером от 0,1 до 10 мкм [15]. Очевидно, несмотря на соблюдение предприятием погодных условий при прожиге (выбор дней с направлением ветра в противоположную от города сторону), нельзя исключать влияние процесса утилизации на изменение элементного состава компонентов сопряженных экосистем.

Выводы

1. Валовое содержание Cd, Zn, Pb, Al в верхних горизонтах огородных почв и в овощной продукции приусадебных участков городов Барнаула, Бийска, Горняка существенно варьирует и отражает специфику антропогенного воздействия на окружающую среду.

2. В засушливых районах юго-западной части Алтайского края в условиях семиаридного климата аэрогенная миграция поллютантов является одной из основных причин насыщения компонентов экосистем тяжелыми металлами.

3. Содержание кадмия превышает ОДК (0,5 мг/кг) в супесчаных огородных почвах г. Горняк, испытывающих воздействие хвостохранилищ АГОКа и мини-ТЭЦ. Овощные культуры, выращенные в г. Горняке, также характеризуются более высоким содержанием Cd, чем овощи из Барнаула и Бийска.

4. В огородных почвах г. Барнаула повышенное (по сравнению с ОДК и городами Бийск, Горняк) содержание цинка связано с т.н. «реликтовым загрязнением», а свинца – еще и с большей автотранспортной нагрузкой. Огородные культуры г. Барнаула, по сравнению с овощами из Бийска и Горняка, также отличаются более высоким содержанием Pb.

5. По содержанию цинка и кадмия зеленые овощи Барнаула и Горняк можно отнести к «условно годной» пищевой продукции, в которой содержание тяжелых металлов выше ПДК, но не более чем в 2 раза.

6. Повышенное содержание алюминия в почвах и огородных культурах дачных участков окраины г. Бийска объясняется влиянием стока ФНПЦ «Алтай», где проводится утилизация твердотопливных ракетных двигателей, что сопровождается локальным загрязнением компонентов наземных экосистем алюминием.

Библиографический список

1. Касимов Н.С. Геохимические принципы эколого-географической систематики городов / Н.С. Касимов, А.И. Перельман // Экогеохимия городских ландшафтов. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – С. 20-36.

2. Рудский В.В. Изучение влияния различных факторов на изменение землепользования в пригородных зонах / В.В. Рудский // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 8. – С. 81.

3. Протасова Н.А. Микроэлементы: биологическая роль, распределение в почвах, влияние на распространение заболеваний человека и животных / Н.А. Протасова // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 12. – С. 32.

4. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.

5. Пудовкина Т.А. Почвенный покров / Т.А. Пудовкина. Барнаул: Изд-во Алт. унта, 2000. – С. 44-50.

6. Ильин В.Б. Загрязнение тяжелыми металлами огородных почв и культур в городах Кузбасса / В.Б. Ильин // Агрехимия. – 1991. – № 7. – С. 67-77.

7. Герасимова М.И. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация / М.И. Герасимова, М.Н. Строганова, Н.В. Можарова, Т.В. Прокофьева. – Смоленск: Ойкумена, 2003. – 268 с.

8. Горюнова Т.А. Тяжелые металлы в почвах и растениях юго-западной части Алтайского края / Т.А. Горюнова // Сибирский экологический журнал. – 2001. – № 2. – С. 181-190.

9. Пузанов А.В. Тяжелые металлы в природных и техногенных ландшафтах Алтая / А.В. Пузанов, С.В. Бабошкина, И.В. Горбачев // Природа. – 2007. – № 3. – С. 60-65.

10. Ориентировочно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в почвах. Гигиенические нормативы 2.1.7.020-94. – М.: Госкомсанэпиднадзор России. 1995. – 6 с.

11. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. – М., 1990. – 16 с.

12. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 140 с.

13. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях. / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.

14. Габович Р.А. Гигиенические основы охраны продуктов питания от вредных химических веществ. / Р.А. Габович, Л.С. Припутина. – Киев: Здоровье, 1987. – 246 с.

15. Забелин Л.В. Основы промышленной технологии утилизации крупногабаритных твердотопливных зарядов / Л.В. Забелин, Р.В. Гафиятуллин, А.Н. Поник, В.Ю. Мелешко. – М.: Недра-Бизнесцентр. – 2004. – 226 с.

Работа выполнена при поддержке гранта РГНФ 08-06-18005е.

