



УДК 504.064.36(571.53)

Оценка степени загрязнения тяжёлыми металлами компонентов природной среды г. Свирска (Иркутская область)

О. В. Кузьмина¹, О. А. Пройдакова², Т. М. Янчук³

¹Дальневосточный фонд экологического здоровья, Иркутск

²Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН, Иркутск

³Иркутский государственный университет, Иркутск

E-mail: okuzminova@dyfond.ru

Аннотация. Приводятся результаты исследования загрязнения свинцом, мышьяком и кадмием почв селитебной и дачной зон г. Свирска. Почвы жилой зоны города преимущественно имеют опасный уровень загрязнения свинцом и опасный, чрезвычайно опасный уровень содержания кадмия и мышьяка. Почвы дачных участков характеризуются как опасные по уровню содержания кадмия, мышьяка и чистые по уровню содержания свинца. Показано, что свинец, кадмий и мышьяк, содержащиеся в местных почвах, могут накапливаться в съедобных частях растений. Выявлены высокие концентрации тяжёлых металлов и мышьяка в клубнях картофеля, выращенных на загородных участках г. Свирска.

Ключевые слова: свинец, кадмий, мышьяк, загрязнение почв, селитебная зона, здоровье населения, мониторинг.

Введение

Уровень антропогенного воздействия на природную среду непрерывно растёт и чрезвычайно нежелательным его результатом является химическое загрязнение почв токсическими веществами. Город Свирск, расположенный в центральной части Ангарско-Черемховской равнины на берегу Братского водохранилища Ангары, отнесён к территориям Иркутской области с опасно загрязнённой природной средой [3].

В 1934–1949 гг. в г. Свирске работал Ангарский металлургический завод (АМЗ), который осуществлял выпуск «белого» мышьяка (триоксида мышьяка) для производства боевых отравляющих веществ (люизит и адамсит). В 1949 г. производство было остановлено без демонтажа, зачистки зданий и оборудования завода, на территории остались отвалы арсенидопиритовых огарков, которые на протяжении десятилетий являлись источником загрязнения среды города мышьяковыми соединениями. В настоящее время источниками поступления тяжёлых металлов и других токсикантов в окружающую среду Свирского городского округа является ряд промыш-

ленных предприятий и объектов теплоснабжения (заводы «Автоспецоборудование», «Востсибэлемент», ремонтно-механический, котельные и пр.).

Согласно результатам исследований, проведённых специалистами Института геохимии СО РАН, грунты промплощадки бывшего Ангарского металлургического завода содержат мышьяк в концентрации до 300 мг/кг (ОДК для разных видов почв от 2 до 10 мг/кг) [2; 4; 5]. Помимо мышьяка, в подстилающих грунтах территории обнаружены значительные превышения допустимых концентраций свинца (3–300 ПДК), сурьмы (9–650 ПДК), цинка (2–145 ОДК), меди, что связано с деятельностью завода «Востсибэлемент». По данным Прибайкальской геолого-геофизической экспедиции, средняя глубина проникновения токсикантов, в частности мышьяка, составляет 2,92 м, максимальная – 6 м [2]. В настоящее время загрязнители проникли сквозь водоупорный слой суглинков и вплотную подошли к нижележащим легко проницаемым песчано-галечным отложениям водоносного горизонта, что является реальной угрозой загрязнения грунтовых вод и вод Братского водохранилища.

В 2013 г. в рамках государственной программы по уничтожению химического оружия проведена ликвидация и захоронение остатков здания АМЗ, отвалов арсенопиритовых огарков и очистка промплощадки. Однако не проводятся мероприятия по полномасштабному исследованию уровня загрязнения селитебной и дачной зон города, не рассматривается вопрос об очистке их почв.

В черте города находится множество частных огородов и садоводческие товарищества, ряд из них расположен в непосредственной близости к АМЗ и другим промпредприятиям. Загрязнение почв тяжёлыми металлами приводит к увеличению содержания последних в выращиваемых здесь овощных культурах [1; 7].

В связи с вышеперечисленным крайне актуальным является исследование и оценка степени загрязнения тяжёлыми металлами природной среды зон жилой застройки и пригородных садоводческих участков г. Свирска, а также выращенной на них растениеводческой продукции. Необходимость изучения содержания этих поллютантов в продуктах питания вызвана тем, что поступление их в организм человека происходит главным образом за счёт пищи и в гораздо меньшей степени с водой и с воздухом [12]. Основным источником поступления тяжёлых металлов в организм человека и животных является растительная пища.

Результаты данной работы позволяют представить общую картину риска отравления жителей города тяжёлыми металлами и разработать меры по улучшению ситуации. По итогам предлагаются дальнейшие действия по улучшению экологической обстановки в городе.

Материалы и методы

Исследована степень загрязнения почв и произрастающих на них растений мышьяком, свинцом и кадмием на территории г. Свирска. Проанализированы 94 пробы почв, отобранных на детских площадках, территориях детских садов, стадионах, во дворах жилых домов и садоводческих участках (рис. 1). Материалом для анализа растений служили пробы клубней и надземных частей картофеля, отобранные на 24 дачных участках товарищества садоводов (ТС) «Багульник». Садоводство находится на незначительном расстоянии от главного источника загрязнения – Ангарского металлургического завода, обследованная жилая зона расположена по направлению преобладающей розы ветров (рис. 1). Расположение точек отбора проб фиксировалось при помощи приёмников системы глобального позиционирования (GPS) Garmin eTrex (Гармин, США).

Определение содержания свинца и кадмия проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре «СПЕКТР-5–4» (Союзцветметавтоматика, Россия), где атомизатором служила однощелевая горелка, пламя пропан/воздух, корректор фона – дейтериевая лампа. Содержание мышьяка в пробах почв и растений измеряли с использованием метода масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой на масс-спектрометре ELAN 9000 ORC 11 (Perkin-Elmer Sciex, США).



Рис. 1. Карта-схема обследованных участков г. Свирска

Результаты и обсуждение

Результаты исследования показали, что в почвах зоны жилой застройки г. Свирска ведущими загрязнителями и высокотоксичными канцерогенными элементами 1 класса опасности, оказывающими негативное воздействие на здоровье населения, являются кадмий и мышьяк (рис. 2, 3).

Содержание мышьяка составляет здесь 6,6–18,6 мг/кг, что в 3–6 раз превышает ПДК (2 мг/кг). На двух детских площадках города содержание мышьяка превышает максимальный допустимый показатель вредности (МПВ) (15 мг/кг): на ул. Лермонтова, д. 8 – 18,6 мг/кг, на ул. Лаза, д. 2 – 15,1 мг/кг (см. рис. 2). Кадмия в почвах большей части зоны жилой застройки (30 проб) содержится свыше 2,5 мкг/кг – это чрезвычайно опасный уровень; в двух случаях выявлен опасный уровень: от 1 до 2,5 мкг/кг с превышением ПДК (0,5 мкг/кг) до 7,4 раза (см. рис. 3). Таким образом, по содержанию мышьяка и кадмия почвы селитебной зоны города относятся к категориям загрязнения «опасная» и «чрезвычайно опасная» [3].

Согласно рекомендациям по использованию грунтов в зависимости от степени их загрязнения [3] почвы категории «чрезвычайно опасная» необходимо вывозить и утилизировать на специальных полигонах. Использование почв категории «опасная» допускается ограниченно под отсыпки выемок и котлованов с перекрытием слоем чистого грунта толщиной не менее 0,5 м или после дезинфекции (дезинвазии) с последующим лабораторным контролем по предписанию органов санитарно-эпидемиологического надзора.

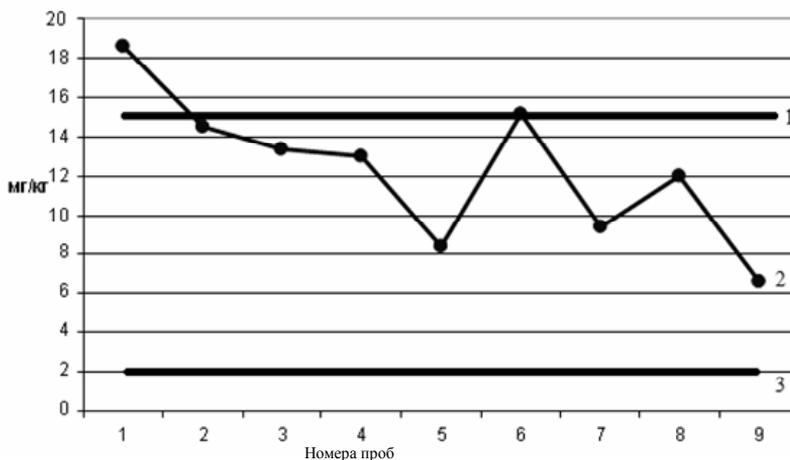


Рис. 2. Содержание мышьяка (2) в селитебной зоне (детские площадки) г. Свирска: 1 – максимальный показатель вредности мышьяка МПВ – 15 мг/кг; 3 – предельно допустимая концентрация ПДК мышьяка в почве населённых пунктов (2 мг/кг) [4]

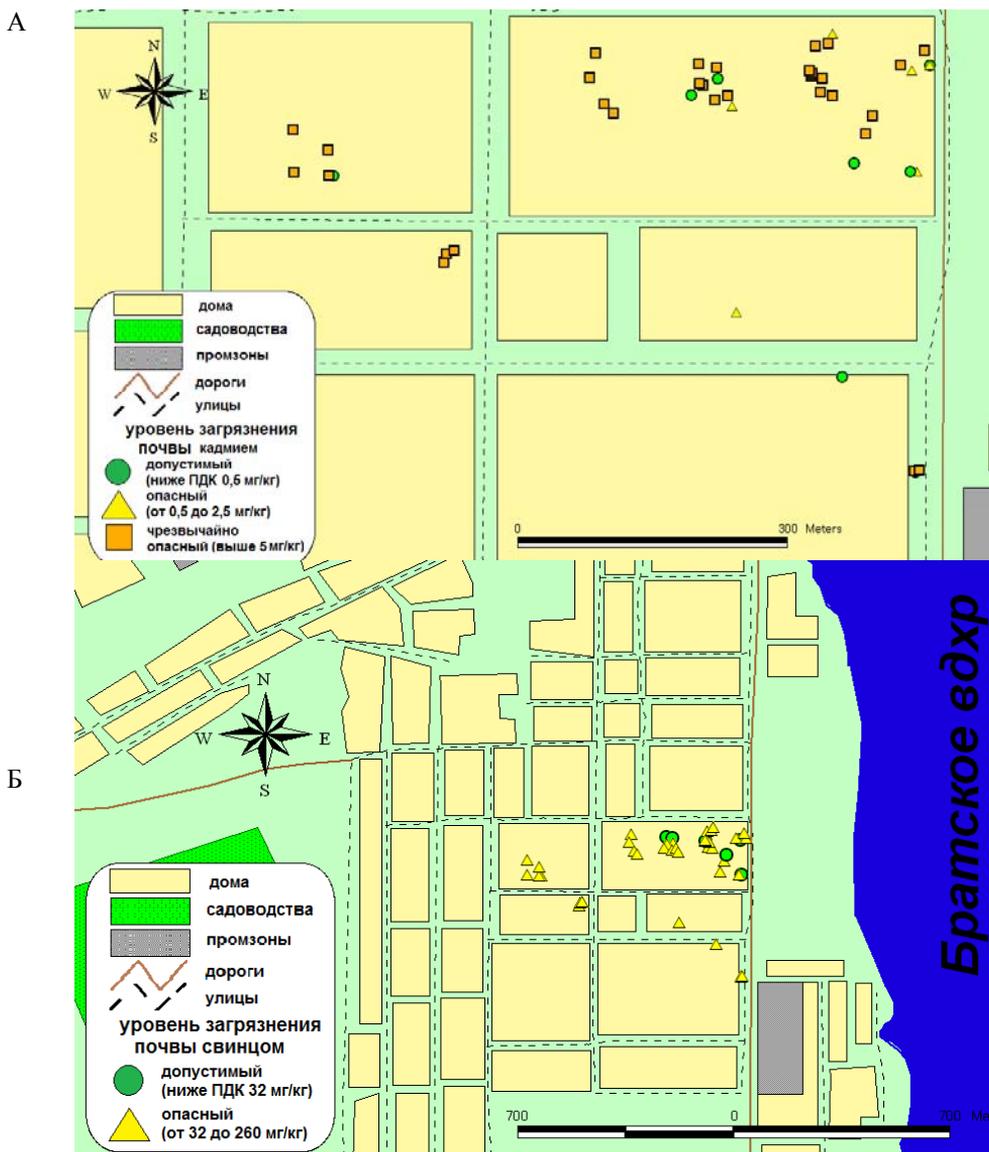


Рис. 3. Содержание кадмия (а) и свинца (б) в почвах г. Свирска

Загрязнение свинцом в ряде случаев превышает ПДК (32 мг/кг), максимально в 3,7 раза, однако в обследованной зоне жилой застройки угрозы для здоровья населения не представляет [13]. Как известно, опасность для человека представляет почва с содержанием свинца выше 400 мг/кг [13; 14]. Здесь выявлено 13 участков, содержащих опасный (выше 160 мг/кг) уровень свинца в грунте, в пяти биотопах обнаружена почва с содержанием свинца ниже 32 мг/кг (см. рис. 3). На прочих исследованных площадках почва содержит допустимый уровень свинца. Самая высокая концентрация свинца обнаружена на детской площадке на ул. Ленина, 1 (95,4 мг/кг), там

же обнаружена одна из самых высоких концентраций кадмия – 7 ПДК (0,5 мг/кг). Концентрация свинца в почвах участков ТС «Багульник» в среднем составила 10,6 мг/кг, минимальная – 6,1 мг/кг, максимальная – 21,57 мг/кг (рис. 4), т. е. его концентрация не превышает допустимые значения и риска отравления не составляет.

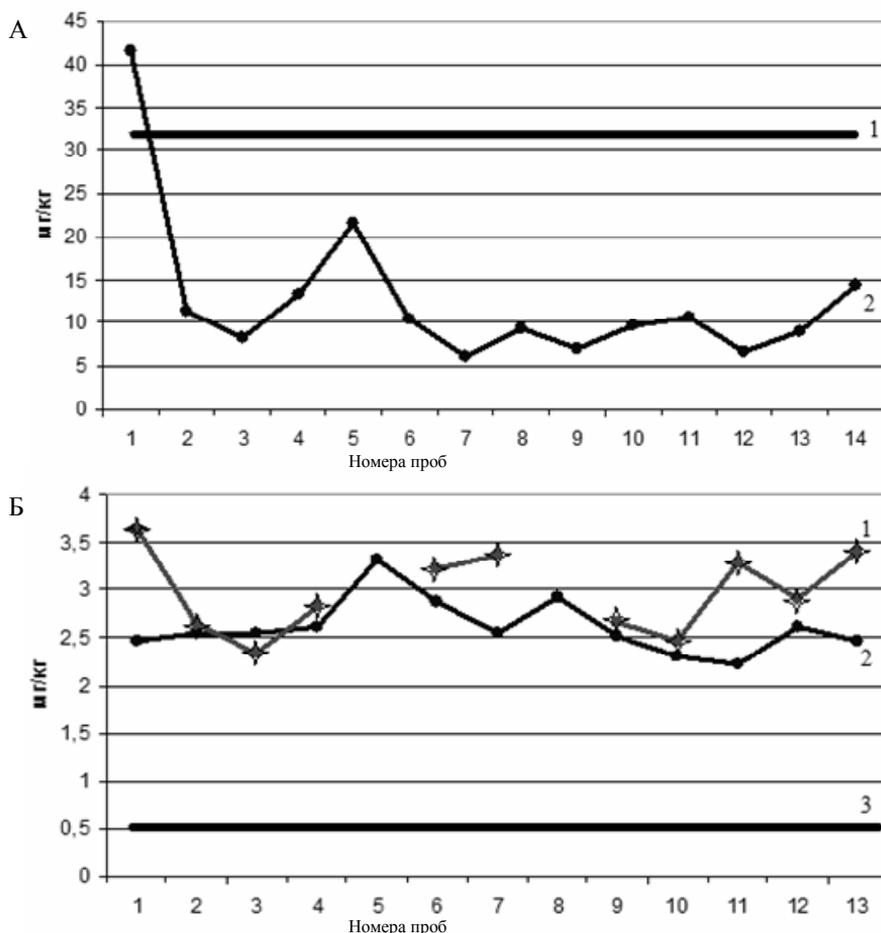


Рис. 4. Содержание свинца: А – в почвах ТС «Багульник» (1 – ПДК, 2 – содержание в почве); Б – в картофеле (1 – содержание в надземной части, 2 – содержание в клубнях, 3 – ПДК)

Таким образом, свинец не является приоритетным загрязняющим веществом как в селитебной зоне, так и на территориях пригородных садоводческих участков.

Содержание кадмия и мышьяка в почвах садоводств высокое. Средняя концентрация кадмия составляет здесь 0,7 мг/кг (0–1,82 мг/кг). Превышение ПДК по кадмию в зависимости от расположения участка колеблется от 3,5 до 300 раз (рис. 5).

Концентрация мышьяка в почве территории завода экстремальная, она составляет 21 000 мг/кг при максимальном показателе вредности 15 мг/кг и превышает ПДК в 10 тыс. раз. Концентрация мышьяка в почве садоводческих участков растёт по мере приближения к заводу. Пробы почвы с наибольшими показателями содержания мышьяка отобраны на участках, находящихся непосредственно у дороги, разделяющей территории завода и ТС «Багульник» (см. рис. 1). Средняя концентрация мышьяка в почвах садоводства – 114,2 мг/кг, минимальная – 50 мг/кг, максимальная – 259 мг/кг, что превышает ПДК в 130 раз, а максимальный показатель вредности от 3 до 17 раз (рис. 6).

Таким образом, почвы ТС «Багульник» можно охарактеризовать как чрезвычайно опасные и опасные по уровню содержания кадмия и мышьяка, чистые и допустимые по уровню содержания свинца. Поскольку использование таких почв недопустимо для выращивания растений, употребляемых людьми в пищу, ситуацию, когда на них расположены садоводческие участки, следует признать катастрофической.

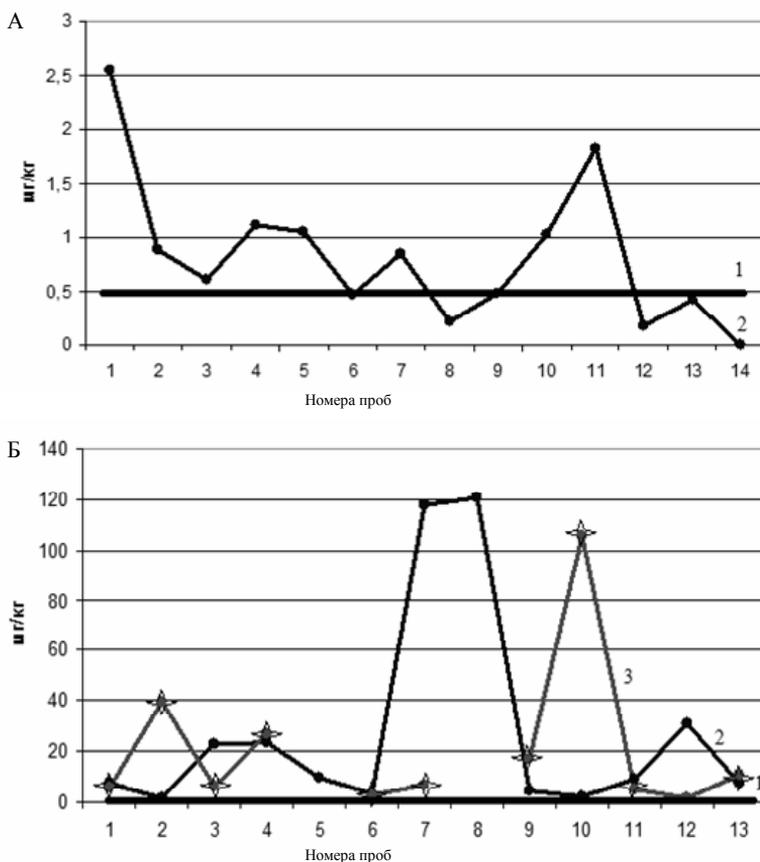


Рис. 5. Содержание кадмия: А – в почвах ТС «Багульник» (1 – ПДК, 2 – содержание в почве); Б – в картофеле (1 – ПДК, 2 – содержание в клубнях, 3 – содержание в надземной части)

Для каждой техногенно загрязненной территории характерны определённый набор тяжёлых металлов и масштабы поступления каждого из них в почвенный покров, специфика дальнейшего поведения этих элементов в почвах, особенности проявления процессов антагонизма и синергизма ионов, определяющие уровень поступления поллютантов в растения. Избыточное накопление тяжёлых металлов растениями обусловлено, прежде всего, их высокими концентрациями в почвах. В своей жизнедеятельности растения контактируют только с доступными формами тяжёлых металлов, количество которых, в свою очередь, тесно связано с буферностью почв [12].

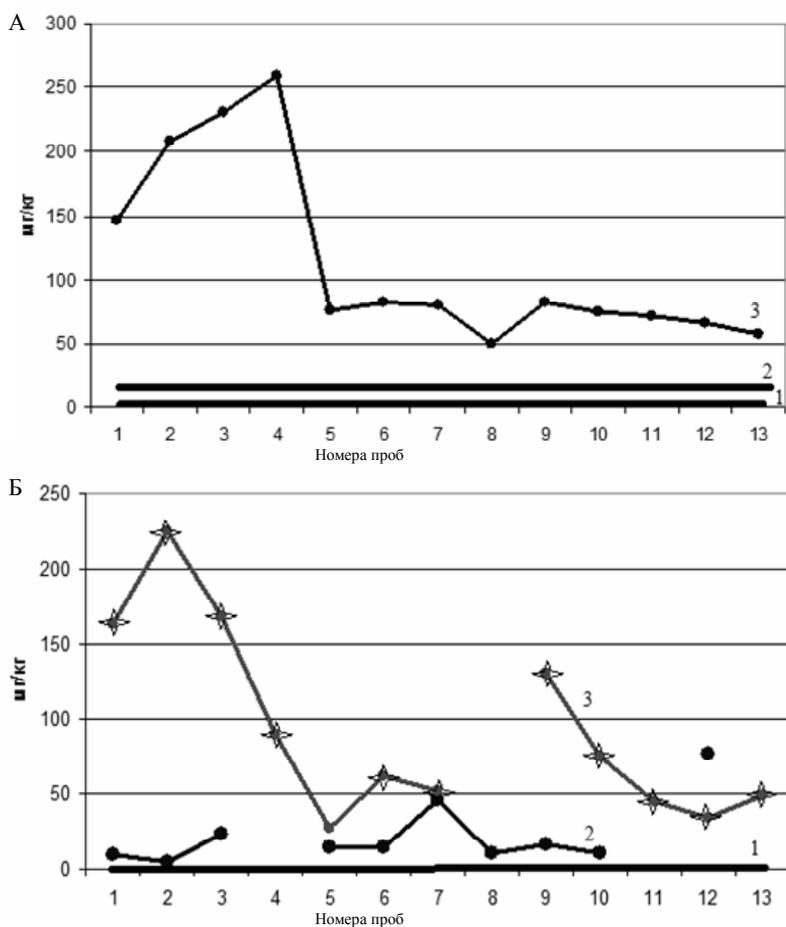


Рис. 6. Содержание мышьяка: а) в почвах ТС (1 – ПДК, 2 – МПВ, 3 – содержание в почве); б) в картофеле (1 – ПДК, 2 – содержание в клубнях, 3 – содержание в надземной части)

Прямая зависимость содержания тяжёлых металлов в растениях от содержания их в почве часто нарушается из-за избирательной способности первых к накоплению элементов. Поэтому избыточные концентрации тяжёлых металлов могут накапливаться в растениях и при невысоком общем содержании в почвах, но при высокой их подвижности. Кроме того, в результате техногенеза происходит полиметалльное загрязнение почв [12]. Поэтому при изучении их накопления в сельскохозяйственных культурах необходимо проводить исследования на характерных для конкретной территории почвах [8; 10; 12].

Высокое содержание тяжёлых металлов в почвах г. Свирска определяет их значительное накопление в растениях, в частности, в картофеле. Среднее содержание свинца в клубнях картофеля составляет 2,6 мг/кг, минимальное 2,34, максимальное – 3,64 м/кг; в надземной части растения (ботве) – 3; 2,22 и 3,32 мг/кг сухой массы соответственно (см. рис. 4). Значение ПДК (0,5 мг/кг) превышено от 4 до 7 раз. В целом концентрация свинца в ботве выше, чем в клубнях (см. рис. 4), однако ярко выраженной корреляции между содержанием свинца в почве и в клубнях картофеля не выявлено. Это обусловлено тем, что масштабы накопления растениями тяжёлых металлов определяются не столько их концентрацией в почве, сколько количеством доступных для растений подвижных форм вещества [13].

Кадмия в клубнях картофеля в среднем содержится 27,9 мг/кг, минимальное содержание 1,54, а максимальное – 120,7 мг/кг; в ботве – 20,9; 1,72 и 105,7 мг/кг соответственно (рис. 5). В обеих частях растения превышение ПДК (0,03 мг/кг) составило 50–3 500 раз. Максимум содержания кадмия в почвах (2,55 мг/кг) установлен в пробе, отобранной с территории АМЗ (см. рис 1). Результаты исследования демонстрируют, что концентрация кадмия в клубнях картофеля выше, чем в почве, т. е. металл накапливается в запаасающих органах растений (см. рис. 5). Соединения кадмия легче растворяются, так что его содержание в растениях больше зависит от типа почвы, чем от концентрации элемента в ней, а также от избирательной способности растений к его накоплению [9; 11; 12].

Данные по содержанию мышьяка в почвах садоводческих участков и в выращенном на них картофеле представлены на рисунке 6. Концентрация элемента в почвах падает по мере удаления от территории завода. Концентрация мышьяка в пробе, отобранной на территории завода, в 21 тыс. раз превышает максимальное значение, отображенное на оси ординат графика, и по этой причине на нём не показано. Содержание мышьяка в ботве картофеля в целом превышает содержание в клубнях (см. рис. 6). Максимальные значения концентрации мышьяка (224 мг/кг) установлены в пробах растений с близлежащих к заводу участков.

Среднее содержание мышьяка в клубнях картофеля составляет 22,9 мг/кг, минимальное – 4,6 мг/кг, максимальное – 77 мг/кг, для ботвы эти показатели составили 97,5; 28 и 224 мг/кг соответственно (рис. 6). Таким образом, показатели превышения ПДК (0,2 мг/кг) мышьяка в растительной продукции колеблются от 23 до 1 120 раз.

Экстремально высокие показатели содержания кадмия и мышьяка в картофеле доказывают крайне неблагоприятную ситуацию относительно безопасности выращиваемой на территории продукции растениеводства. По информации большинства участников (83 %) проведённого нами анкетирования населения, картофель и прочая сельскохозяйственная продукция, выращенные исключительно на собственных огородах и садовых участках, являются основными компонентами питания в семьях горожан.

Заключение

Исследования показали, что селитебная и зона пригородных садоводств в г. Свирска – территории с опасным уровнем загрязнения почв тяжёлыми металлами. Концентрация свинца в почвах г. Свирска превышает ПДК не более чем в 4 раза, кадмия – в 7,5 раз; мышьяка – в 130 раз.

Почвы жилой зоны города преимущественно имеют опасный уровень загрязнения свинцом и опасный и чрезвычайно опасный уровень содержания кадмия и мышьяка. Почвы дачной зоны можно охарактеризовать как опасные и чрезвычайно опасные по уровню содержания кадмия и мышьяка, допустимые и чистые по содержанию свинца. Содержание свинца в клубнях картофеля превышает ПДК от 4 до 7 раз, кадмия в надземной части и клубнях (0,03 мг/кг) – от 50 до 3 500 раз, мышьяка – от 23 до 1 120 раз.

Исследования подтверждают экстремальность экологической ситуации в городе и актуальность осуществления комплекса мер, направленных на её улучшение.

Для снижения риска отравления жителей г. Свирска кадмием, мышьяком и свинцом необходимо проведение следующих мероприятий: 1) организация мероприятий по очистке почв или их утилизации на специальном полигоне (в зависимости от степени загрязнения) в зоне жилой застройки и пригородных садоводствах; 2) периодическая замена песка и почвы на игровых детских площадках и стадионах, где концентрации указанных элементов превышают ПДК; 3) постоянный скрининг населения, в первую очередь детей, на содержание свинца, мышьяка и кадмия в организме с целью выявления групп риска, обеспечение необходимой консультационной и медицинской помощью; 4) регулярный контроль за содержанием тяжёлых металлов в растениеводческой продукции, особенно в культурах, накапливающих их в экстремально токсичных для человека количествах. В наиболее загрязнённых районах города следует выращивать только устойчивые к накоплению тяжёлых металлов культуры, либо возделывать технические и декоративные растения.

Список литературы

1. Быков А. А. Оценка риска загрязнения окружающей среды свинцом для здоровья детей в России / А. А. Быков, Б. А. Ревич // Медицина труда и пром. экология. – 2001. – № 5. – С. 6–10.
2. Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геоэкологический полигон) / В. И. Гребенщикова [и др.] // Науч. ред. академик РАН Н. И. Кузьмин. – Новосибирск : Акад. изд-во «Гео», 2008, – 236 с.

3. Гигиенические нормативы 2.1.7.1287-03 от 17 апреля 2003 г., № 53. – 2003. – 13 с.
4. Гигиенические нормативы 2.1.7.020-94 от 27 декабря 1994 г., №13. – 1994. – 3 с.
5. Гордеева О. Н. Распределение и миграция тяжелых металлов и мышьяка в системе «почва-растение» в условиях г. Свирска (Южное Прибайкалье) / О. Н. Гордеева, Г. А. Белоголова, В. И. Гребенщикова // Проблемы региональной экологии. – 2010, – № 3. – С. 108–113.
6. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2012 году / М-во природ. ресурсов и экологии Иркут. обл. – Иркутск, 2012. – С. 134–135.
7. Ливанов Г. А. Диагностика и лечения отравлений свинцом у детей / Г. А. Ливанов, М. Б. Соболев, В. В. Худолей. – СПб. : Минздрав, Ин-т токсикологии, 1997. – 25 с.
8. Ревич Б. А. Свинец: его экологическое значение и опасность для здоровья детей / Б. А. Ревич, В. В. Худолей. С-Пб. : Центр независ. экол. экспертизы. С.-Петербург. науч. центр РАН, 1996. – 31 с.
9. Ревич Б. А. Биомониторинг токсических веществ в организме человека / Б. А. Ревич // Гигиена и санитария. – 2004. – № 6. – С. 26–31.
10. Ревич Б. А. Основы оценки воздействия загрязненной окружающей среды на здоровье человека / Б. А. Ревич, С. Л. Авалиани, Г. И. Тихонова. – М. : Центр экол. политики России, 2004. – 267 с.
11. Снакин В. В. Загрязнение биосферы свинцом: масштабы и перспективы для России / В. В. Снакин // Медицина труда и пром. экология. – 1999. – № 5. – С. 21–27.
12. Убугунов В. Л. Тяжелые металлы в садово-огородных почвах и растениях г. Улан-Удэ : автореф. ... дис. канд. биол. наук / В. Л. Убугунов. – Улан-Удэ, 2003. – 21 с.
13. Шаров П. О. Оценка уровня свинца в крови детей пос. Рудная Пристань Приморского края / П. О. Шаров // Междунар. науч. чт. «Приморские зори – 2003». – Владивосток : ДВГТРУ, 2003. – С. 212–217.
14. Sharov P. O. IEUBK-GIS Human Lead Exposure Risk Assessment at Rudnaya Pristan / P. O. Sharov // Materials of Int. Conf. INTERCARTO 10: Sustainable Development of Territories: GIS and Practical Experience. – 2004. – P. 12.

The Heavy Metal pollution Assessment in the Environmental Components of Svirsk City (Irkutsk Region)

O. V. Kuz'minova¹, O. A. Proydakova², T. M. Yanchuk³

¹*Far Eastern Environmental Health Fund, Irkutsk*

²*Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk*

³*Irkutsk State University, Irkutsk*

Abstract. The results of the study of lead, cadmium, and arsenic contamination of soils in residential areas and in country sites are reported in the article. Vector maps are lead and cadmium soil contamination in Svirsk, maps are created using the method of geographic information systems (GIS). The level of lead contamination of soils is character-

ized as dangerous in the residential areas. The levels of cadmium and arsenic contamination of soils are dangerous and extremely dangerous there. The levels of cadmium and arsenic contamination of soils are dangerous in country sites. Soils in country sites are clean from lead contamination. Lead, cadmium and arsenic contained in soils of the area may be accumulated in tubers of the plant. The study revealed high concentrations of heavy metals and arsenic in edible parts of potatoes grown on country sites of Svirsk city.

Keywords: lead, cadmium, arsenic, soil pollution, residential zone, human health, monitoring.

Кузьмина Ольга Владимировна
координатор проектов
Дальневосточный фонд экологического
здоровья
664000, г. Иркутск, ул. 2-я Железнодорожная, 72, офис 403
тел.: (3952) 39–21–56
e-mail: okuzminova@dvfond.ru

Kuz'minova Ol'ga Vladimirovna
Project Coordinator
Far-Eastern Fund of Ecological Health
72, 2-ya Zheleznorozhnaya st., Irkutsk,
664000
tel.: (3952) 39–21–56
e-mail: okuzminova@dvfond.ru

Пройдакова Ольга Анатольевна
кандидат химических наук,
старший научный сотрудник
Институт геохимии
им. А. П. Виноградова СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1А
тел./факс: (3952) 42–65–00/42–70–50
e-mail: proyd@igc.irk.ru

Proydakova Ol'ga Anatolyevna
Candidate of Sciences (Chemistry),
Senior Research Scientist
Vinogradov Institute of Geochemistry
SB RAS
1a, Favorsky St., Irkutsk, 664033
tel./fax: (3952) 51–14–42/42–66–00
e-mail: proyd@igc.irk.ru

Янчук Татьяна Михайловна
кандидат биологических наук, доцент
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел./факс: (3952) 24–18–55
e-mail: panytm@mail.ru

Yantchuk Tatyana Mikhaylovna
Candidate of Sciences (Biology),
Associate Professor
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel./fax: (3952) 24–18–55
e-mail: panytm@mail.ru