

## ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КАРТОФЕЛЯ, ВЫРАЩИВАЕМОГО НА ТЕРРИТОРИЯХ, СОПРЕДЕЛЬНЫХ С ОТВАЛАМИ КАРЬЕРОВ

Таипова О.А., Семенова И.Н.

*ГАНУ «Институт региональных исследований» Академии наук Республики  
Башкортостан, Сибай, Республика Башкортостан, ifalab@rambler.ru*

В результате исследования концентрации тяжелых металлов в почвах, прилегающих к отвалам Сибайского карьера по добыче медноколчеданных руд, было выявлено увеличение их содержания по сравнению с почвами условного контроля, находящегося вне зоны техногенного воздействия. Уровень загрязнения исследуемых почв характеризуется следующим образом: для цинка и свинца – слабый, для меди и кадмия – повышенный. В условиях техногенного загрязнения почв происходит накопление кадмия в картофеле, что подтверждено исследованиями растениеводческой продукции. Наблюдается корреляция между валовым содержанием кадмия в почве и картофеле ( $R = 0,67$ ). Зона высоко опасного загрязнения расположена на расстоянии 100–750 м от отвалов карьера.

*Ключевые слова:* тяжелые металлы, система почва-растение.

## ECOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL EVALUATION OF QUALITY OF POTATOES, GROWN ON TERRITORIES NEAR DUMPS OF QUARRIES

Taipova O.A., Semenova I.N.

*Institute of regional researches, Academy of sciences of Republic Bashkortostan, Sibaj, e-mail: [ifalab@rambler.ru](mailto:ifalab@rambler.ru)*

In study on concentration of heavy metals in soils near dumps of Sibai copper pyrite quarry it was shown an increase of their content in comparison with soils of conditioned control, which are outside of the zone of technological impact. The level of pollution of studied soils is characterized as follows: for zinc and lead it is weak, for copper and cadmium – increased. An accumulation of cadmium in potatoes is occurring in conditions of technological pollution of soils, it was confirmed by investigation of crop products. Correlation between a total content of cadmium in soils and a potato ( $R = 0,67$ ) is observed. The zone of highly dangerous pollution is located on distance of 100–750 m from dumps of quarry.

*Key words:* heavy metals, soil-plant system.

В последние десятилетия воздействие человека на природу наносит ей не только непосредственный, легко определяемый ущерб, но и вызывает ряд новых, часто скрытых процессов, трансформирующих или разрушающих окружающую среду. К такому ущербу можно отнести загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ). Являясь одним из главных природных ресурсов, непременным условием поддержания и развития современной цивилизации, металлы образуют группу наиболее опасных загрязнителей биосферы.

ТМ считаются приоритетными загрязнителями главным образом потому, что техногенное их накопление в окружающей среде идет высокими темпами. Эта группа веществ обладает большим сродством к физиологически важным органическим соединениями и способна к их инактивации. Многие из ТМ даже в очень малых количествах способны вызывать онкологические, иммунологические и другие заболевания. Их избыточное поступление в организм живых существ нарушает процессы метаболизма, тормозит рост и развитие. В сельском хозяйстве это выражается в снижении выхода продукции и ухудшении ее качества.

Поскольку ТМ поступают в организм человека и травоядных животных, в основном, с растительной пищей, а обогащение последней происходит, главным образом, из почвы, исследование ее агроэкологических свойств приобретает особую значимость, особенно в местах, где в пищевом рационе населения продукты растениеводства занимают важное место [4,5,16].

В районах Зауралья Республики Башкортостан значительные площади почв сельскохозяйственного назначения находятся в зоне загрязнения аэропромвыбросами промышленных предприятий, и в этой связи необходимо контролировать экологическую ситуацию в местах возделывания сельскохозяйственных культур. Несмотря на ряд исследований [10,11,13,14,15], в Башкирском Зауралье и в г. Сибай, в частности, не уделяется достаточного внимания показателям безопасности растениеводческой продукции, поступающей на рынок из зоны влияния промышленных предприятий.

Сибайский карьер по добыче медно-колчеданных руд оказывает заметное влияние на окружающую среду и во многом определяет экологическую обстановку г. Сибай [6]. В связи с этим становится очевидной необходимость исследования содержания ТМ в овощных культурах, выращиваемых на территориях, сопредельных с отвалами.

**Целью** настоящей работы является проведение эколого-химического контроля над содержанием тяжелых металлов – меди, цинка, свинца и кадмия в объектах агроландшафта по цепи почва – растение в условиях техногенного загрязнения со стороны отвалов Сибайского медно-колчеданного карьера.

**Объекты и методы исследований.** Сибайский карьер находится в юго-западной части города, с северной и восточной стороны граничит с жилыми поселками. В связи с этим возникает опасность загрязнения прилегающих территорий токсичными химическими элементами, в частности, тяжелыми металлами (ТМ). Сильные и частые ветры, весьма характерные для территории Зауралья, являются причиной мощной дефляции части материала с поверхности отвалов. В результате происходит загрязнение площадей, прилегающих к отвалам, минеральной пылью.

Осенью 2011 г. нами проведены исследования содержания ТМ в почве приусадебных участков и в выращенном на них картофеле. Участки были расположены в п. Горный на расстоянии 0,1 км и в п. Золото на расстоянии 0,1 и 0,75 км от отвалов карьера. Контрольный участок располагался в 15 км от отвалов. Тип почвы на исследуемых площадках – чернозём обыкновенный, среднегумусный, имеющий нейтральную реакцию среды и легкосуглинистый гранулометрический состав.

Почвенные образцы отбирали почвенным буром на глубину 0 – 30 см по диагонали участка в 5 точках с последующим объединением в смешанный образец [2,7]. Пробы картофеля отбирались на тех же участках, что и пробы почвы, перед уборкой урожая в сухую погоду. Объединенная проба растений весом 0,5–1 кг состояла из 8–10 точечных проб [3,7].

Исследования проводились на базе центральной химической лаборатории Сибайского филиала Учалинского горно-обогатительного комбината. Определение ТМ проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе Contr-AA фирмы Analytic. Анализ проб почвы и картофеля проводили в соответствии с методическими указаниями ЦИНАО (1992) [7]. ТМ претерпевают в почве химические превращения, в ходе которых их подвижность изменяется в очень широких пределах. Поэтому для оценки масштаба загрязнения почв мы определяли количество не только валовых, но и подвижных форм ТМ, т.е. наиболее доступные для живых организмов. Химическое разложение почвы для определения валового содержания ТМ осуществляли с помощью 5М раствора азотной кислоты. Подвижные формы извлекали ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН=4,8. Минерализацию растительных проб проводили методом сухого озоления [7].

Для оценки качества агроэкосистем использовали следующие показатели: кларковое и фоновое содержание тяжелых металлов в почве, предельно-допустимую (ПДК) и ориентировочно-допустимую концентрацию (ОДК) тяжелых металлов для почвы и ПДК для растений [1,7,8,10,12].

**Результаты.** Картофель *Solanum tuberosum* является наиболее типичной овощной культурой, выращиваемой как в промышленных масштабах, так и на приусадебных участках.

Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

Среднее содержание тяжелых металлов в почвах на приусадебных участках, находящихся в зоне влияния Сибайского карьера (мг/кг почвы)

Участок	Расстояние от отвалов карьера	Cu	Zn	Pb	Cd
п. Горный	0,1км	<u>32,8±0,5</u> <b>8,5±0,1</b>	<u>39,1±2,0</u> 3,5±0,3	<u>8,6±1,2</u> 0,2±0,3	<u>1,9±0,1</u> <b>0,3±0,0</b>
п. Золото	0,1км	<u>43,4±0,4</u> <b>9,2±0,2</b>	<u>30,0±2,83</u> 4,4±0,24	<u>20,6±1,2</u> 0,4±0,3	<u>1,4±0,1</u> <b>0,3±0,0</b>
п. Золото	0,75км	<u>33,4±0,6</u> <b>4,3±0,9</b>	<u>30,3±2,4</u> 3,9± 0,44	<u>11,3±0,5</u> н.о	<u>2,2±0,1</u> <b>0,3±0,0</b>
контроль	15км	<u>17,6±1,8</u> <b>3,0±0,1</b>	<u>31,7±1,78</u> 1,1±0,8	<u>21,6±0,5</u> 0,8±0,2	<u>0,2±0,1</u> 0,1±0,0
ПДК (ОДК для Cd)*		<u>55</u> 3	<u>100</u> 23	<u>30</u> 6,0	<u>2</u> 0,2

Примечание:

- в числителе – валовое содержание, в знаменателе – подвижные формы;
- жирным шрифтом выделены показатели, превышающие ПДК.

Загрязненность Cu почв исследуемых участков характеризуется как средняя, концентрация этого металла в исследуемых образцах почв варьируется от 32,8 до 43,4 мг/кг (содержание в условном контроле – 17,6 мг/кг) и не превышает ПДК для валового содержания. Данные показатели выше российских фоновых значений для черноземов (18 мг/кг) [7], но ниже кларка (70 мг/кг) и регионального геохимического фона (РГФ) (49 мг/кг) [10].

В тоже время на всех изученных площадках отмечено повышенное содержание подвижной формы металла: от 4,3 до 8,5 мг/кг при 3,0 мг/кг в почве условного контроля. Эти показатели превышали ПДК подвижных форм меди в почве (3 мг/кг) при лимитирующем транслокационном показателе вредности (3,5 мг/кг). Следовательно, такая почва относится к высоко опасной категории загрязненности и может быть использована только под технические культуры или полностью исключена из сельскохозяйственного использования [8].

Загрязненность Zn почв исследуемых участков характеризуется как слабая, уровень содержания этого металла в почвах низкий. Концентрация Zn в исследуемых образцах почв составляет от 30,0 до 39,1 мг/кг при содержании в условном контроле, равном 31,7 мг/кг, и не превышает ПДК для валового содержания и подвижных форм. Данная концентрация

находится на уровне российских фоновых значений для черноземов ([7], но в тоже время ниже кларка (80 мг/кг) и регионального геохимического фона (РГФ) (223 мг/кг) [10].

Загрязненность Pb изученных почв характеризуется как слабая, уровень содержания этого металла в почвах низкий. Концентрация Pb в исследуемых образцах почв составляет от 8,6 до 20,6 мг/кг при содержании в условном контроле, равном 21,6 мг/кг, и не превышает ПДК для валового содержания и подвижных форм. Данная концентрация находится на уровне российских фоновых значений для черноземов (18 мг/кг) и РГФ (20 мг/кг), а также кларка (25 мг/кг).

Исследуемые почвы, согласно шкале экологического нормирования [9], характеризуются повышенным уровнем содержания Cd. В исследуемых образцах почвы концентрация валового Cd в 2,5–2,8 раз больше фоновых значений. Превышение ОДК для валового содержания Cd (2 мг/кг) отмечено в пос. Золото на участке, находящемся в 0,75 км от отвалов карьера. Этот показатель также был выше кларка (0,13 мг/кг), фона для черноземов (0,3 мг/кг) и РГФ (0,15 мг/кг). Во всех изученных образцах почвы было отмечено также превышение ПДК для подвижных форм (0,2 мг/кг). В почве контрольного участка содержание Cd находилось в пределах нормативных значений.

В условиях техногенного загрязнения почв ТМ идет накопление их в растениеводческой продукции, что подтверждено исследованиями клубней картофеля. Относительно высокое содержание кадмия (0,15 мг/кг), в 7,5 раз превышающее соответствующий показатель для контрольного участка, отмечено в клубнях картофеля, отобранных в пос. Золото на расстоянии 0,75 м от отвалов карьера (табл. 2).

Таблица 2

Среднее содержание тяжелых металлов в картофеле на приусадебных участках, находящихся в зоне влияния Сибайского карьера (мг/кг)

Участок	Расстояние от отвалов карьера	Cu	Zn	Pb	Cd
п. Горный	0,1км	1,1±0,7	3,7±1,2	0,04±0,19	<b>0,04±0,03</b>
п. Золото	0,1км	1,0±1,2	2,9±0,31	0,05±0,22	0,02±0,01
п. Золото	0,75км	0,1±0,5	0,5±1,2	0,01±0,15	<b>0,15±0,06</b>
контроль	15км	0,1±0,8	0,1±0,9	0,01±0,12	0,02±0,00
ПДК (ОДК для Cd)*		10	10	0,5	0,03

Примечание: жирным шрифтом выделены показатели, превышающие ПДК.

Повышение содержания ТМ в почве вызывает увеличение их содержания в картофеле. В ряде случаев наблюдается корреляция между содержанием элементов в почве и растениях, например, между валовым содержанием кадмия в почве и картофеле ( $R = 0,67$ ).

**Заключение.** В результате исследования содержания ТМ в почвах, прилегающих к отвалам Сибайского медно-колчеданного карьера, было выявлено увеличение их содержания по сравнению с почвами условного контроля, находящегося вне зоны техногенного воздействия. Наибольшему загрязнению подвержены почвы, находящиеся в пос. Золото в 0,75 км от отвалов карьера. Именно в этих почвах отмечаются повышенные концентрации такого токсичного металла, как кадмий. Концентрация цинка и свинца во всех образцах почвы не превышает ПДК, российского и регионального фона и кларка. Валовое содержание меди не превышает ПДК, но в тоже время по содержанию подвижных форм этого металла изученная территория относится к категории высоко загрязненной.

Уровень загрязнения исследуемых почв характеризуется следующим образом: для цинка и свинца – слабый, для меди и кадмия – повышенный.

В условиях техногенного загрязнения почв происходит накопление кадмия в картофеле, что подтверждено исследованиями растениеводческой продукции. Данный факт требует повышенного внимания Роспотребнадзора к продукции, производимой на данной территории. Согласно Методическим указаниям... (1993) на загрязненных территориях необходимо проводить мероприятия, направленные на снижение уровня воздействия источников загрязнения почвы, на уменьшение доступности токсикантов для растений (известкование, внесение органических удобрений и т.п.). Кроме этого, рекомендуется проводить обязательный контроль над содержанием токсикантов в растениях – продуктах питания и кормах. При необходимости выращивания растений, используемых для питания, рекомендуется их перемешивание с продуктами, выращенными на чистой почве. Необходимо ограничение использования зеленой массы на корм скоту с учетом растений-концентраторов [8].

#### Список литературы

1. ГН 2.1.7.020-94. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах. М.: Госкомсанэпиднадзор, 1995. С. 5-6.
2. ГОСТ 17.4.4.02 – 84. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, биологического и гельминтологического анализа. М., 1984. 11 с.

3. ГОСТ 30692 – 2000. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2000. 11с.
4. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. Экологическое значение почв. М.: Наука, 1990. 261 с.
5. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1991. 151с.
6. Клысов У.И. Географические и экологические условия Сибайского рудного района. Уфа, 2000. 112 с.
7. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992. 40с.
8. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами: Нормативные материалы. М., 1993. 30 с.
9. Обухов А.И., Бабьева И.П., Грынъ А.А. Научные основы разработки ПДК тяжелых металлов в почвах // Тяжелые металлы в окружающей среде. М.: МГУ, 1980. С. 20-27.
10. Опекунова М.Г., Алексеева-Попова Н.В., Арестова И.Ю., Грибалев С.В., Краснов Д.А., Бобров Д.Г., Осипенко О.А., Соловьева Н.И. Тяжелые металлы в почвах и растениях Южного Урала: экологическое состояние фоновых территорий // Вестник СПбГУ. Сер. 7. 2001. Вып. 4. (№ 31). С. 45-53.
11. Опекунова М.Г., Алексеева-Попова Н.В., Арестова И.Ю., Грибалев О.В., Краснов Д.А., Бобров Д.Г., Осипенко О.А., Соловьева Н.И. Тяжелые металлы в почвах и растениях Южного Урала. II. Экологическое состояние антропогенно нарушенных территорий // Вестник СПбГУ. Сер.7. 2002. Вып.1 (№7). С. 63-71.
12. Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах. М.: Минздрав СССР, 1986. 11 с.
13. Саптарова Л.М. Тяжелые металлы в системе вода-почва-растение в условиях орошения техногенно-загрязненной водой: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2011. 23 с.
14. Семенова И.Н., Ильбулова Г.Р. Оценка загрязнения почвенного покрова г. Сибай Республики Башкортостан тяжелыми металлами // Фундаментальные исследования. №8 (часть 3). 2011. С. 491-495.
15. Сингизова Г.Ш. Кадмий в системе почва – растениеводческая продукция // Наука, образование, производство в решении экологических проблем. Уфа: УГАТУ, 2007.С 357-359.

16. Соколов О.А., Черников В.А. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды. Книга 1. Пущино, 1999. 163 с.

Рецензенты:

Янтурин С.И., д.б.н., профессор, зав. кафедрой экологии Сибайского института Башкирского государственного университета, г. Сибай;

Мазгаров И.Р., д.б.н., профессор, зав. кафедрой физиологии человека и животных Сибайского института Башкирского государственного университета, г. Сибай.