

## ПОЧВЫ ОКРЕСТНОСТЕЙ БУРИБАЕВСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА: ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ОЦЕНКА ФИТОТОКСИЧНОСТИ

*И.Н. Семенова, к.б.н., Я.Т. Суюндуков, д.б.н., Л.А.Абдуллина, Институт региональных исследований Республики Башкортостан*

*Изучены физико-химические свойства черноземов окрестностей с. Бурибай Хайбуллинского района Республики Башкортостан, подверженных воздействию горно-обогатительного комбината. Несмотря на то, что исследуемые почвы имеют повышенное содержание валовых (Zn и Fe) и подвижных (Cu, Zn, Mn) форм металлов, категория их загрязнения является допустимой. Исследуемые почвы в большинстве случаев обладают средней степенью буферности по отношению к тяжелым металлам. Повышение содержания гумуса способствует аккумуляции тяжелых металлов в почве.*

**Ключевые слова:** черноземы, тяжелые металлы, буферность почв, физико-химические свойства почв, фитотоксичность, горно-рудная промышленность.

Разработка месторождений цветных металлов и функционирование горно-рудных предприятий оказывают существенное негативное воздействие на объекты окружающей среды, в том числе на почвенный покров прилегающей территории. Загрязнение почв тяжелыми металлами (ТМ) приводит к ухудшению их агрохимических и агрофизических характеристик. Содержание и распределение ТМ в почвах взаимосвязаны с основными агрохимическими показателями: гумусом, pH, макро- и микроэлементами [7].

В юго-восточной части Республики Башкортостан расположен Хайбуллинский район, ведущим предприятием которого является ЗАО «Бурибаевский горно-обогатительный комбинат», производящий медный концентрат.

Цель исследований – изучить физико-химические показатели, оценить загрязнения ТМ, буферную способность и фитотоксичность почв территорий, находящихся в зоне воздействия Бурибаевского ГОК.

**Методика.** Исследования проводили на южных и солонцеватых черноземах в летний период 2012 г. на прилегающей к с. Бурибай территории, занятой ковыльно-разнотравной степью. Пробные площадки располагались на разном расстоянии от Бурибаевского горно-обогатительного комбината с учетом розы ветров: Б0 – в с.Бурибай в непосредственной близости от комбината, Б1, Б2, Б3 – на удалении 0,5, 5 и 10 км в западном, Б4 – 5 км в юго-восточном, Б5 и Б6 – 5 и 10 км в северо-восточном направлениях. Среднюю пробу формировали методом конверта из 5 образцов, отобранных из слоя 0-30 см [2]. Химические анализы почв проводили с использованием существующих классических методов [5]. Содержание ТМ (Pb, Cd, Zn, Cu, Fe, Mn, Ni и Co) определяли в центральной лаборатории Сибайского филиала ОАО «Учалинский горно-обогатительный комбинат» на атомно-абсорбционном спектрофотометре Contr-AA фирмы Analytic. Подвижные формы извлекали ацетатно-аммонийной вытяжкой с pH 4,8. Для оценки накопления ТМ в почве использовали коэффициент концентрации Kс и показатель суммарного загрязнения Zс [6], для экотоксикологической оценки почв – предельно-допустимую концентрацию (ПДК) ТМ по их валовым и подвижным формам [1]. Буферность почвы по отношению к ТМ рассчитывали согласно градации, разработанной В. Б. Ильиным [3]. Определение фитотоксичности проводили с использованием семян пшеницы *Triticum vulgare* L. по методике, описанной Л.П. Капелькиной и др. (2009) [4].

**Результаты и их обсуждение.** Обобщение основных свойств исследуемых почв, расположенных в окрестностях

с.Бурибай, показало, что в целом гранулометрический состав тяжелосуглинистый, за исключением легкосуглинистых почв Б3 и Б4. Среднее содержание физической глины, способной удерживать ТМ и, тем самым снижать их физиологическую доступность растениям, в почвах составляло  $42,6 \pm 7,3\%$ . Большинство изученных почв относилось к солонцеватым: содержание подвижного, водорастворимого и обменного натрия было максимальным на легкосуглинистых почвах Б3 (1,5; 0,5 и 0,9 моль/100 г почвы соответственно), минимальным на пробной площадке Б1 (0,02; 0,01 и 0,01 моль/100 г почвы).

Изученные почвы имеют слабощелочную и близкую к ней реакцию среды, за исключением пробных площадок Б0 и Б4 со слабокислой реакцией. Значение  $pH_{\text{сол.}}$  составило, в среднем, 6,5,  $pH_{\text{водн.}}$  – 7,9. Такая реакция среды почв должна способствовать снижению подвижности большинства ТМ и, соответственно, доступности их растениям. Среднее содержание гумуса в совокупности изученных почв составляло  $4,8 \pm 1,8\%$ , подвижного фосфора –  $32,8 \pm 17,4$  мг/кг (2-й класс обеспеченности), обменного калия –  $111,4 \pm 57,1$  мг/кг (5-й класс обеспеченности).

Для оценки уровня полиметаллического загрязнения почв ТМ был рассчитан показатель их суммарного загрязнения (Zс). При этом в качестве фоновой была использована почва пробной площадки Б6, имеющая наименьшее валовое содержание ТМ.

Согласно полученным данным, в большинстве случаев отмечено превышение фоновых значений по валовому содержанию всех изученных металлов, за исключением Cd: Cu – в 1,1-1,8 раза, Zn – в 1,2-1,7, Fe – в 1,3-1,8, Mn – в 1,3-1,6, Pb – в 1,1-2,3, Ni – в 1,7-4,0, Co – в 1,1-2,1 раза. Исходя из валового количества, наиболее загрязненными были почвы пробной площадки Б0, расположенной непосредственно возле Бурибаевского горно-обогатительного комбината. Тем не менее, по суммарному показателю Zс (от 2,9 до 7,9) все пробные площадки были отнесены к допустимой категории загрязнения.

По содержанию подвижных форм в некоторых случаях было отмечено превышение фоновых значений: по Cu – в 1,1-1,4 раза, Zn – в 1,1-1,2, Fe – в 1,1-2,3, Mn – в 1,3-2,5, Pb – в 1,2, Cd – в 1,5-1,8, Co – в 1,5 раза. Наименьшее содержание подвижных форм металлов выявлено в почве пробной площадки Б3, отличающейся низким содержанием физической глины и гумуса (24,8 и 1,1% соответственно), наиболее загрязненными были почвы пробной площадки Б0, а также юго-восточного (Б4) и северо-восточного (Б5) направлений.

Изучение фракционного состава соединений ТМ в почвах показало, что наименьшее их содержание характерно для водорастворимой фракции, содержащей от 0,001 до 1% от валового количества элементов. Несмотря на превышение в ряде случаев ПДК (или кларка) металлов по валовому количеству (Zn, Fe) и подвижным соединениям (Cu, Zn, Mn), их содержание в водной вытяжке остается довольно низким, хотя в ряде случаев наблюдается значительное превышение фона. Максимальное содержание водорастворимыми форм ТМ выявлено в почвах площадок Б2 и Б4.

Одно из основных направлений при оценке загрязнения почв ТМ – изучение их устойчивости (буферности) к этим элементам. По литературным данным [7], буферность основных типов почв почти полностью определяется реакцией

среды, содержанием гумуса и количеством физической глины.

Согласно градации, разработанной В.Б. Ильиным (1995), на четырех пробных площадках (Б0, Б1, Б2, Б3) буферная способность по отношению к ТМ являлась средней, на одной (Б4) – низкой, на двух (Б5, Б6) – повышенной.

Почвы с повышенным содержанием гумуса (Б0, Б1, Б2, Б4) были более загрязнены ТМ. Что касается реакции среды, то наибольший уровень суммарного загрязнения характерен для почв пробной площадки Б0 с наиболее низким значением  $pH_{\text{сол.}}$ , равным 4,8. В целом, с увеличением буферности по отношению к ТМ по шкале В.Б.Ильина (1995) на 1 балл суммарный показатель загрязнения  $Z_c$  снижался примерно на 0,2 единицы.

Для оценки фитотоксичности в качестве растительной тест-системы почвенной вытяжки использовали пшеницу. Были изучены следующие показатели: сухая биомасса и длина подземной и надземной частей, а также всхожесть семян. Рисунок 1 демонстрирует полученные результаты.

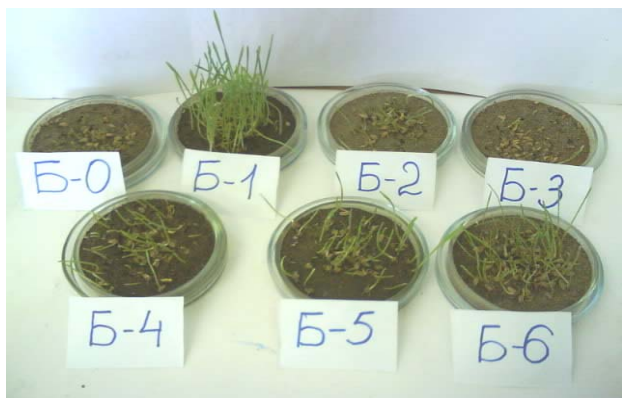


Рис. 1. Проростки, полученные в результате исследования

Масса подземной части растений пшеницы в значительной степени снижалась по мере загрязнения почвы ТМ: при повышении суммарного показателя загрязнения до 100 она уменьшилась более, чем в 3 раза (рис. 2А). Аналогично при повышении степени загрязнения почв ТМ изменялась масса надземной части: при повышении  $Z_c$  до 100 она снижалась примерно в 2,5 раза (рис. 2Б). Загрязнение почвы ТМ негативно сказывалось и на длине подземной и надземной части растений. Вместе с тем, следует отметить, что при значительной степени загрязнения почвы ТМ ( $Z_c$  более 400) по отношению к этим показателям наблюдался стимулирующий эффект, в особенности это относится к длине надземной части пшеницы (рис. 2В, 2Г). Что касается всхожести семян, то при загрязнении почв ТМ примерно до  $Z_c$ , равного 200, проявлялся стимулирующий эффект, и лишь при более высоком уровне загрязнения наблюдалось снижение этого показателя (рис. 2Д). Сравнение чувствительности показателей растительной тест-системы для оценки фитотоксичности показало, что наибольшее количество испытуемых проб с более опасной степенью загрязнения получено при измерении массы подземной части (5 образцов опасной токсичности: Б0, Б2, Б3, Б4, Б6).

В случае использования такого показателя, как масса надземной части, выявлено 4 образца, отнесенных к опасной категории загрязнения: при использовании длины корня – 1 образец, длины надземной части – 3 образца, всхожести се-

мян – ни одного. Следовательно, в соответствии с принципом избыточной экологической безопасности для оценки фитотоксичности почв можно рекомендовать использовать такой показатель, как масса подземной части растения. Такие показатели, как всхожесть семян и длина корня, предложенные Л.П. Капелькиной и др. (2009) в качестве индикаторов фитотоксичности почв, в наших исследованиях проявили меньшую чувствительность к загрязнению ТМ.

Показатель	Градация фитотоксичности
Всхожесть семян	$B3 > B2 > B1 = B0 = B4 = B5 = B6$
Масса подземной части	$B0 = B2 = B3 = B4 = B6 > B5 > B1$
Масса надземной части	$B0 = B2 = B3 = B4 > B5 = B6 > B1$
Длина подземной части	$B3 > B0 = B2 = B4 = B5 > B6 > B1$
Длина надземной части	$B0 = B3 = B4 > B5 = B6 > B2 > B1$

**Заключение.** Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о том, что тяжело- и легкосуглинистые среднетяжелые черноземы, находящиеся в зоне воздействия Бурибаевского горно-обогатительного комбината, имеют допустимую категорию загрязнения ТМ, хотя в ряде случаев содержание валовых (Zn и Fe) и подвижных (Cu, Zn, Mn) форм превышает ПДК. В то же время содержание ТМ в водной вытяжке остается довольно низким (менее 1% от валового количества), хотя в отдельных случаях могут наблюдаться значительные превышения фоновых показателей. Повышение содержания гумуса способствует накоплению ТМ. С возрастанием pH наблюдается снижение суммарного показателя загрязнения почв.

По совокупности всех учитываемых показателей растительной тест-системы наибольшей фитотоксичностью обладали почвы пробной площадки Б0, наименьшей – Б1. К наиболее чувствительным компонентам пшеницы, используемым для оценки фитотоксичности почв, относятся массы надземной и подземной частей растения, которые в разной степени ингибируются при различном уровне загрязнения почв ТМ. Всхожесть семян является более устойчивым к действию ТМ показателем, по отношению к которому ТМ в определенных концентрациях могут проявлять стимулирующее действие.

#### Литература

1. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 3 с.
2. ГОСТ 17.4.3.01-83. Общие требования к отбору проб. (СГ СЭВ 3347-82). – М., 1983. – 44 с.
3. Ильин В.Б. Оценка буферности почв по отношению к тяжелым металлам // Агрохимия. – 1995. – №10. – С. 109-113.
4. Капелькина Л.П., Бардина Т.В., Бакина Л.Г. и др. Методика выполнения измерений всхожести семян и длины корней проростков высших растений для определения токсичности техногенно-загрязненных почв. М-П-2006 ФР.1.39.2006.02264 – С.Петербург., 2009. – 19 с.
5. Практикум по агрохимии. – 2-е изд.: Учебное пособие /Минеев В.Г. и др.–М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
6. Саен Ю.В., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 334 с.
7. Синдирева А.В., Красницкий В.М., Ермохин Ю.И. Региональные особенности содержания кадмия и цинка в почвах Омской области // Плодородие. – 2012. – № 1. – С. 47-50.
8. Убугунов В.Л., Кашин В.К. Тяжелые металлы в садово-огородных почвах и растениях - Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2004. – 128 с.

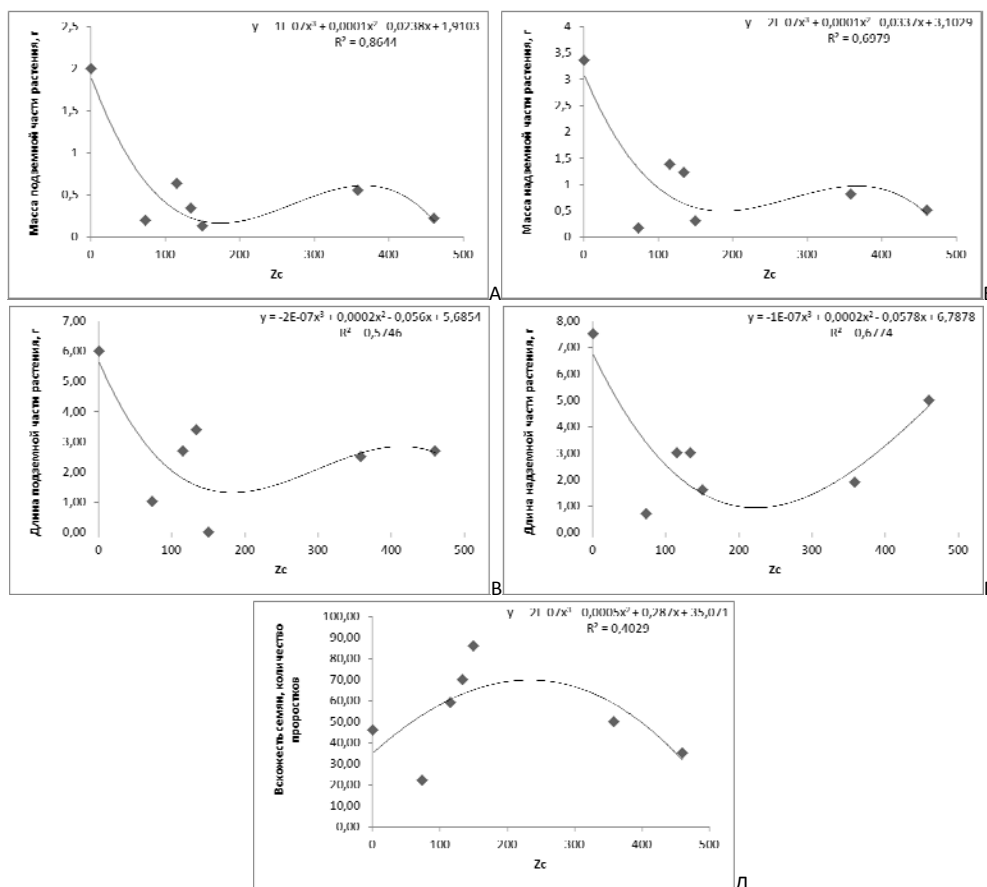


Рис. 2. Зависимость фитотоксичности почв от суммарного показателя загрязнения:

A – масса подземной части, Б – масса надземной части, В – длина подземной части, Г – длина надземной части, Д – всхожесть семян

#### SOILS SURROUNDING THE BURIBAY MINING FACTORY: PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES AND PHYTOTOXICITY ESTIMATION

I.N. Semenova, Ya.T. Suyundukov, L.A. Abdullina

Institute of Regional Studies of the Republic of Bashkortostan

ul. K. Tsetkin 2, Sibay, 453830 Republic of Bashkortostan, Russia E-mail: ifalab@rambler.ru

The physicochemical properties of chernozems in the area surrounding the village of Buribay, Republic of Bashkortostan, affected by the mining factory have been studied. Most of the studied soils are weakly alkaline and near-neutral medium, heavy, and light loamy solonchaks; the contents of available phosphorus and exchangeable potassium correspond to classes 2 and 5, respectively. Although the investigated soils have increased contents of total (Zn and Fe) and mobile (Cu, Zn, Mn) metals, their degree of contamination corresponds to the permissible level. The content of heavy metals in aqueous extract is no more than 1% of total element content, although it exceeds the background values in some cases. The test soils generally have a moderate buffering capacity with respect to heavy metals. The reduction of total pollution index Zc is correlated with the increase in pH. The increase in humus content in the soil favors the accumulation of heavy metals.

Keywords: chernozem, heavy metals, buffering capacity of soil, physical and chemical properties of soils, soil phytotoxicity, mining.