

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

DOI 10.15593/2409-5125/2019.02.05

УДК 631.416.8

Т.В. Зазнобина¹, О.В. Иванова¹, Е.В. Алхименко²

¹Красноярский научно-исследовательский институт животноводства –
обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН

²ФГБУ ГЦАС «Красноярский»

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ Г. КРАСНОЯРСКА

Одной из актуальных проблем современной экологии является загрязнение почв тяжелыми металлами, отражающееся практически на всех компонентах биосферы. Целью исследований являлось изучение содержания тяжелых металлов в почвах пригородной зоны г. Красноярск. Для этого были выбраны 6 сельскохозяйственных предприятий, расположенных в двух районах пригородной зоны г. Красноярск: СПК «Зыковский», СПК «Березовский» и птицефабрика «Бархатовская» Березовского района, ОАО «Солонцы», ЗАО «Шуваевское» и ЗАО «Элита» Емельяновского района. В результате исследований установлено, что наименьшее количество Mn, Zn, Co и Ni накапливалось в почвах СПК «Березовский», наименьшее количество Mn, Cu, Zn, Co, Cr и Ni – в почвах ЗАО «Элита». В почвах хозяйств Березовского и Емельяновского районов содержание Mn, Cu, Pb и Hg находилось ниже ПДК на 50–99 % и 42–99 % соответственно, концентрации Zn и Co – выше нормируемых значений на 20–118 % и 32–127 %; содержание в почвах Cr и Ni в 3–6 раз превышало ПДК. Тяжелые металлы были ниже своих кларковых значений на 41–80 % в Березовском районе и на 30–84 % в Емельяновском районе. Полученные результаты говорят о необходимости проведения мероприятий по снижению содержания Zn, Co, Cr и Ni в почвах данных районов, поскольку повышенные концентрации этих металлов могут оказывать отрицательное воздействие, в первую очередь на плодородие почв, затем на трофические уровни пищевой цепи, создавая в конечном итоге угрозу здоровью населения, а также экологической ситуации в целом.

Ключевые слова: тяжелый металл, почва, предельно допустимая концентрация, кларк, окружающая среда.

В связи с повышением внимания к экологическим проблемам, связанным с загрязнением биосферы, важное практическое значение приоб-

Зазнобина Т.В., Иванова О.В., Алхименко Е.В. Содержание тяжелых металлов в почвах пригородной зоны города Красноярск // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2019. – № 2. – С. 59–68. DOI: 10.15593/2409-5125/2019.02.05

Zaznobina T., Ivanova O., Alkhimenko E. Heavy Metals Content in the Soils of Suburban Areas of the City of Krasnoyarsk. PNRPU. Applied Ecology. Urban Development. 2019. No. 2. Pp. 59-68. DOI: 10.15593/2409-5125/2019.02.05

ретают оценка состояния окружающей среды, а также оценка загрязнения почв тяжелыми металлами, отражающегося практически на всех компонентах биосферы [1–3].

Основными источниками загрязнения почвенного покрова являются предприятия черной и цветной металлургии, горнодобывающей и перерабатывающей промышленности, тепловые электростанции, автомобильный транспорт [2, 4, 5]. Кроме того, тяжелые металлы могут попадать в почву с атмосферными осадками, сточными водами, удобрениями и пестицидами [6].

Следует отметить, что металлы сравнительно быстро накапливаются в почве и крайне медленно из нее удаляются [7, 8]. Загрязнение почв тяжелыми металлами является запускающим механизмом для ряда последовательных реакций деградации почв, которые имеют такое же экологическое значение, как и само содержание тяжелых металлов. Это изменение рН среды, микробиологической и ферментативной активности, гумусированности, структурообразования и последующих реакций [9].

Из почвы тяжелые металлы попадают в организм человека не только со вдыхаемым воздухом и почвенной пылью, но и через продукты питания, производимые на загрязненных сельскохозяйственных угодьях. Пагубное влияние тяжелых металлов на человека состоит в том, что ряд их соединений характеризуется высокой токсичностью и канцерогенностью [10, 11].

Для оценки степени концентрации химических элементов в почве в качестве эталона широко используются их кларки – средние содержания химических элементов в земной коре или какой-либо ее части [12].

Целью исследований было изучение содержания тяжелых металлов в почвах пригородной зоны г. Красноярска.

Материал и методы исследований. Концентрацию тяжелых металлов в почвах изучали по пробам сельскохозяйственных предприятий Березовского (СПК «Зыковский», СПК «Березовский», птицефабрика «Бархатовская») и Емельяновского районов (ОАО «Солонцы», ЗАО «Шуваевское», ЗАО «Элита») Красноярского края, расположенных в пригородной зоне г. Красноярска, являющегося одним из крупнейших промышленных центров Восточной Сибири и занимающего первое место в рейтинге самых загрязненных городов на планете (по данным Sibnovosti.ru и приложения AirVisual – мировой онлайн-карты мониторинга загрязнения воздуха) [13].

Исследование почв проводилось в 2009 и 2015 годах аккредитованной испытательной лаборатории ФГБУ ГЦАС «Красноярский». Пробы отбирали в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02–84¹. Полученные данные срав-

¹ ГН 2.1.7.2041–06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. – Введ. 01.04.2006. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 15 с.

нивались с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) химических веществ в почвах² и со значениями кларков химических элементов по Н.А. Григорьеву [14].

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований по содержанию тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных предприятий представлены в таблице.

Содержание тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных предприятий, мг/кг

| Сельскохозяйственное предприятие | Тяжелый металл | | | | | | | | |
|----------------------------------|----------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| | Mn | Cu | Zn | Co | Cd | Pb | Cr | Ni | Hg |
| <i>Березовский район</i> | | | | | | | | | |
| СПК «Зыковский» | 414,20 | 14,98 | 41,25 | 10,11 | 0,13 | 7,74 | 20,61 | 25,20 | 0,02 |
| СПК «Березовский» | 336,40 | 13,87 | 38,05 | 6,01 | 0,13 | 6,25 | 18,57 | 16,68 | 0,02 |
| Птицефабрика «Бархатовская» | 347,20 | 13,37 | 50,05 | 8,68 | 0,13 | 5,77 | 28,04 | 23,84 | 0,02 |
| В среднем по району | 365,93 | 14,07 | 43,12 | 8,27 | 0,13 | 6,59 | 22,41 | 21,91 | 0,02 |
| <i>Емельяновский район</i> | | | | | | | | | |
| ОАО «Солонцы» | 408,30 | 17,50 | 52,20 | 8,10 | 0,11 | 9,90 | 24,90 | 23,60 | 0,02 |
| ЗАО «Шуваевское» | 451,40 | 16,70 | 47,80 | 9,00 | 0,10 | 9,50 | 27,00 | 25,20 | 0,02 |
| ЗАО «Элита» | 403,3 | 12,6 | 39,6 | 6,60 | 0,10 | 10,60 | 17,1 | 19,50 | 0,03 |
| В среднем по району | 421 | 15,6 | 46,5 | 7,9 | 0,10 | 10 | 23 | 22,77 | 0,02 |
| ПДК с учетом фона (кларка) | 1500 | 30 | 23 | 5 | – | 32 | 6 | 4 | 2,1 |
| Кларковое значение | 770 | 39 | 75 | 17 | 0,64 | 17 | 92 | 50 | 0,065 |

Анализируя Березовский район, установили, что в почвах СПК «Березовский» концентрация Mn была ниже, чем в других хозяйствах этого района, на 10,80–77,80 мг/кг, Zn – на 3,20–12,00 мг/кг, Co – на 2,67–4,10 мг/кг, Cr – на 2,04–9,47 мг/кг, Ni – на 7,16–8,52 мг/кг. В почвах ПФ «Бархатовская» количество Cu было ниже, чем в других хозяйствах, на 0,5–1,61 мг/кг, Pb – на 0,48–1,97 мг/кг.

В Емельяновском районе в почвах ЗАО «Элита» содержание Mn было ниже, чем в других хозяйствах этого района, на 5,0–48,1 мг/кг, Cu – на 4,10–4,90 мг/кг, Zn – на 8,20 мг/кг, Co – на 1,5–2,4 мг/кг, Cr – на 7,8–9,9 мг/кг, Ni – на 4,1–5,70 мг/кг. Наименьшее количество Pb было зафиксировано в почвах ЗАО «Шуваевское» (на 0,4–1,1 мг/кг по сравнению с другими хозяйствами).

² ГОСТ 17.4.4.02–84. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – Введ. 1986-01-01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 9 с.

Наиболее загрязненными Mn, Cu, Co, Pb и Ni в Березовском районе были почвы СПК «Зыковский». Так, Mn в них аккумулировалось больше на 67,00–77,80 мг/кг, Cu – на 1,11–1,61, Co – на 1,43–4,10, Pb – на 1,49–1,97, Ni – на 1,36–8,52 мг/кг. В почвах ПФ «Бархатовская» количество Zn было больше, чем в других хозяйствах, на 8,80–12,00 мг/кг, Cr – на 7,43–9,47 мг/кг.

В Емельяновском районе в почвах ЗАО «Шуваевское» содержание Mn было больше, чем в других хозяйствах этого района, на 43,1–48,1 мг/кг, Co – на 0,9–2,4, Cr – на 2,1–9,9, Ni – на 1,6–5,7 мг/кг, в почвах ОАО «Солонцы» Cu – на 0,8–4,9, Zn – на 4,4–12,6 мг/кг.

Следует отметить, что по содержанию в почвах Cd и Hg хозяйства Березовского и Емельяновского районов различались незначительно: показатели Cd находились на уровне 0,10–0,13 мг/кг, Hg – 0,02–0,03 мг/кг.

При сравнении средних количеств элементов между районами выявлено, что наименьшее содержание всех изученных тяжелых металлов, за исключением Co и Cd, было в почвах Березовского района.

Результаты сопоставления содержания тяжелых металлов в почвах двух районов с их ПДК и кларками представлены на рис. 1–5.

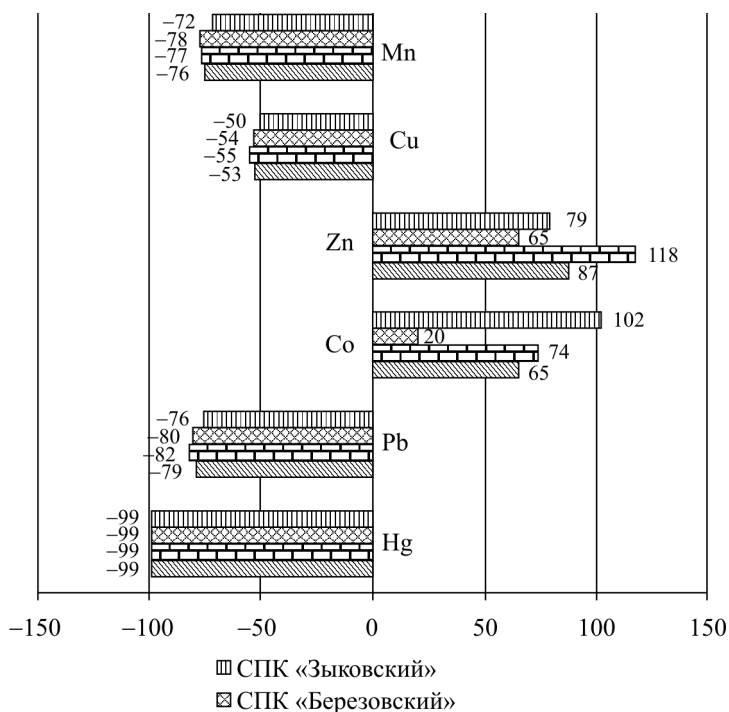


Рис. 1. Отклонение от ПДК содержания Mn, Cu, Zn, Co, Pb и Hg в почвах сельхозпредприятий Березовского района, %

Содержание Mn, Cu, Pb и Hg в почвах Березовского района было ниже ПДК на 50–99 %, в почвах Емельяновского района – на 42–99 %, а уровень Zn и Co, напротив, превышал норму в этих районах на 20–118 % и 32–127 % соответственно (рис. 1, 3).

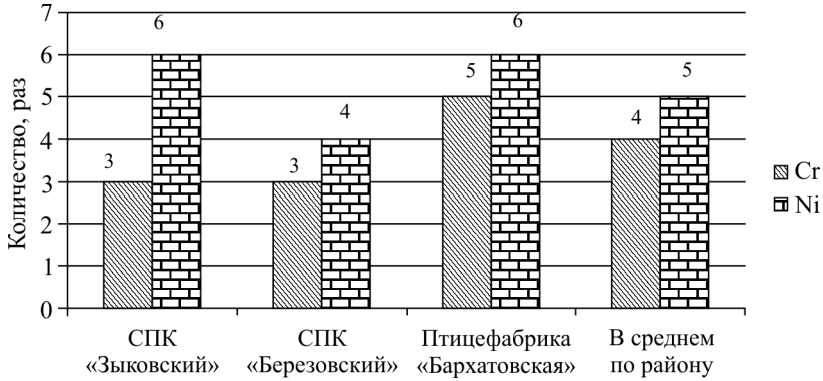


Рис. 2. Отклонение от ПДК содержания Cr и Ni в почвах сельхозпредприятий Березовского района, раз

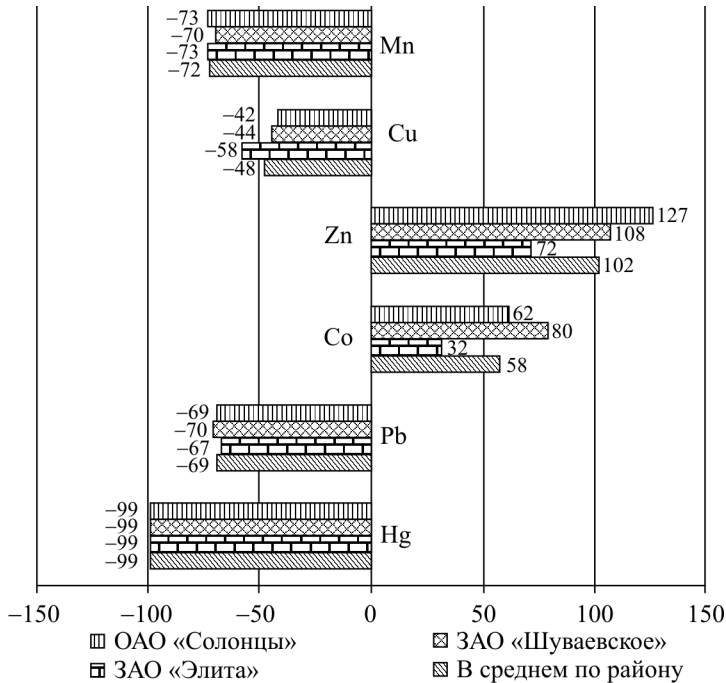


Рис. 3. Отклонение от ПДК содержания Mn, Cu, Zn, Co, Pb и Hg в почвах сельхозпредприятий Емельяновского района, %

Содержание Cr в Березовском и Емельяновском районах было выше предельно допустимых концентраций в 3–5 раз, концентрация Ni – в 4–6 раз в Березовском и в 5–6 раз в Емельяновском районе (рис. 2, 4).

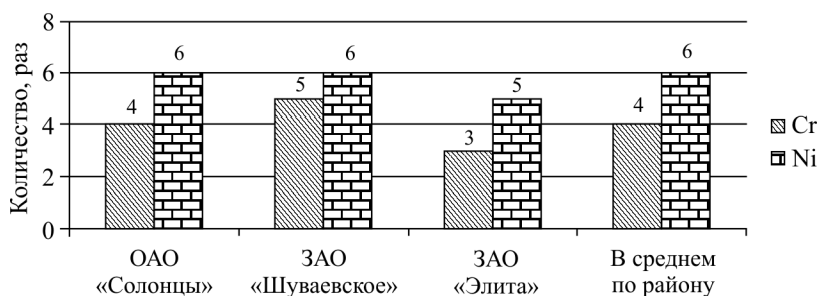


Рис. 4. Отклонение от ПДК содержания Cr и Ni в почвах сельхозпредприятий Емельяновского района, раз

При сравнении концентраций тяжелых металлов с кларками выявлено, что все изученные элементы не превышали своих кларковых значений: напротив, они были ниже их на 41–80 % в Березовском районе и на 30–84 % в Емельяновском районе (рис. 5).

Выводы. В результате изучения содержания тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных предприятий пригородной зоны г. Красноярска установлено, что наименьшее количество Mn, Zn, Co и Ni накапливалось в почвах СПК «Березовский» Березовского района, наименьшее количество Mn, Cu, Zn, Co, Cr и Ni – в почвах ЗАО «Элита» Емельяновского района. При сравнении двух районов по средним концентрациям элементов обнаружено, что почвы Березовского района менее загрязнены всеми изученными металлами, за исключением Co и Cd.

В почвах Березовского и Емельяновского районов содержание Mn, Cu, Pb, Hg находилось значительно ниже ПДК, а концентрации Zn, Co, Cr, Ni, напротив, были выше их. Отклонение от кларков тяжелых металлов было в отрицательную сторону.

Наиболее вероятными источниками поступления тяжелых металлов в почвы изученных районов являются предприятия цветной металлургии, тепловые электростанции, сточные воды, а также пестициды, которые вносятся в пахотные земли сельскохозяйственных предприятий.

Необходимо проводить мероприятия, направленные на снижение содержания Zn, Co, Cr и Ni в почвах данных районов, поскольку повышенные концентрации этих металлов могут оказывать отрицательное воздей-

ствии, в первую очередь на плодородие почв, затем на трофические уровни пищевой цепи, создавая в конечном итоге угрозу здоровью населения, а также экологической ситуации в целом.

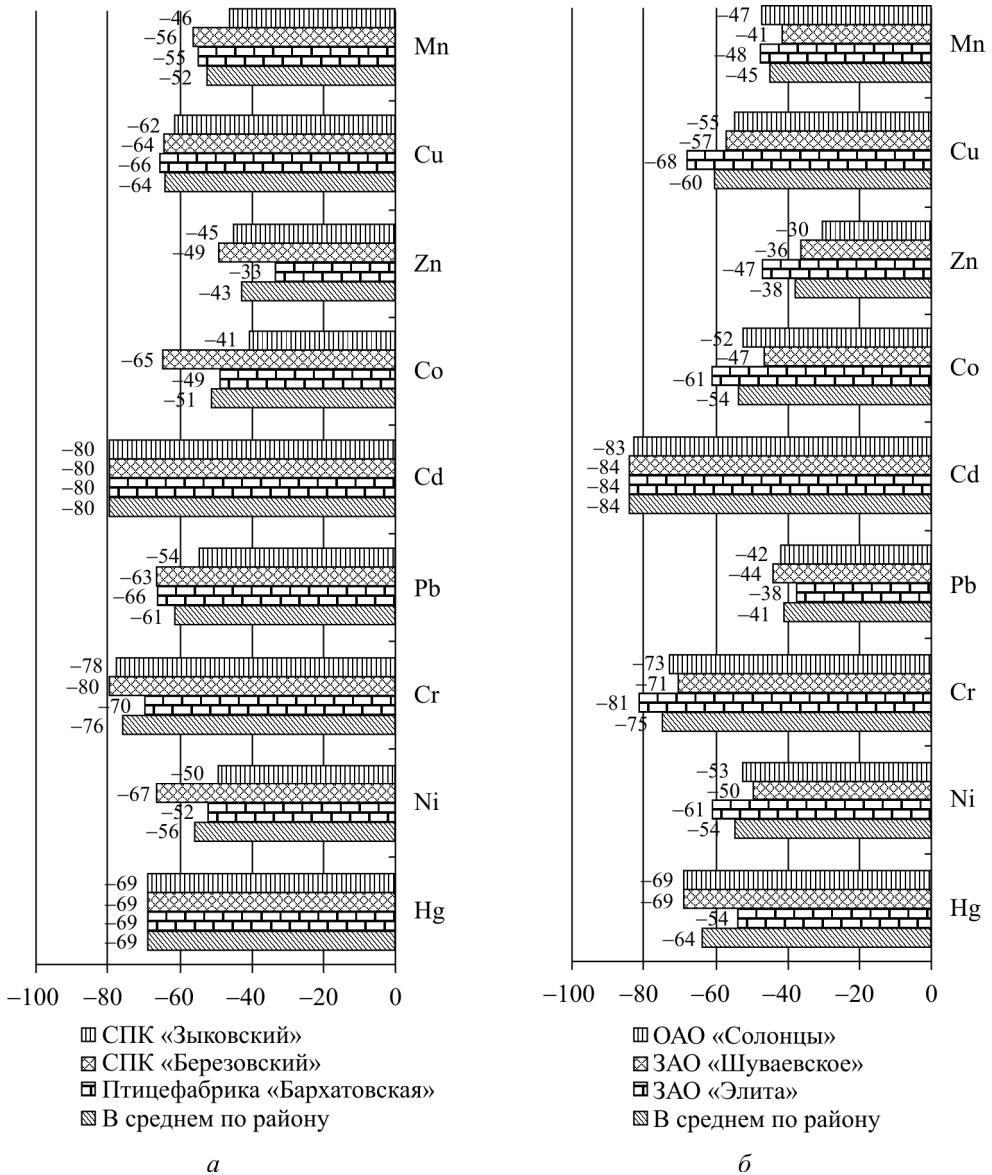


Рис. 5. Отклонение от кларков содержания тяжелых металлов в почвах, %:
a – Березовский район; *б* – Емельяновский район

Библиографический список

1. Казакова Н.А. Загрязнение почвы тяжелыми металлами // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 1. – С. 29–31.
2. Солошенко В.А., Машанов А.И. Распределение тяжелых металлов в почве и плодовоовощных культурах Красноярского края // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 10. – С. 158–160.
3. Исаков А.Ж., Боев В.М., Засорин Б.В. Оценка риска для здоровья населения факторов окружающей среды // Гигиена и санитария. – 2009. – № 1. – С. 4–5.
4. Серегина Ю.Ю., Семенова И.Н., Кужина Г.Ш. Комплексная оценка загрязнения тяжелыми металлами почвенного покрова прибрежной зоны р. Белая Белорецкого района Республики Башкортостан [Электронный ресурс] // Живые и биокосные системы. – 2013. – № 3. – URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-3/article-4> (дата обращения: 27.09.2018).
5. Юдина Е.В. Особенности накопления и распределения тяжелых металлов в почвах города Абакана // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2016. – № 9 (120). – С. 32–39.
6. Кольцова А.Н., Сироткин В.В. Исследование загрязнения почв Чувашской республики тяжелыми металлами // Вестник Чувашского университета. – 2003. – № 2. – С. 122–130.
7. Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды // Астраханский вестник экологического образования. – 2013. – № 1. – С. 182–192.
8. Математическое моделирование процесса очистки загрязненной тяжелыми металлами почвы с помощью биосурфактанта / М.С. Куюкина, И.Б. Ившина, Л.В. Костина, О.А. Коростина, М.А. Осипенко, Ю.И. Няшин // Российский журнал биомеханики. – 2010. – Т. 14, № 4 (50). – С. 35–41.
9. Информационная оценка состояния тяжелых металлов в почвах / В.Н. Гукалов, В.И. Савич, С.Л. Белоухов, О.А. Шапкина, В.В. Верхотуров // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 5. – С. 58–64.
10. Исследование содержания тяжелых металлов в почвенном покрове и растительности рекультивированных территорий / М.А. Яковченко, М.А. Яковченко, О.Б. Константинова, А.А. Косолапова, Л.В. Рогова, Д.Н. Аланкина // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2014. – № 3 (103). – С. 116–119.
11. Меньшикова Е.А., Ждакаев В.И. Экологическое состояние грунтов городских территорий Пермского края // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2017. – № 4. – С. 124–132. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.04.10
12. Касимов Н.С., Власов Д.В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Московского университета. Сер. География. – 2015. – № 2. – С. 7–10.
13. Красноярск стал первым в рейтинге самых загрязненных городов мира [Электронный ресурс] / Проспект Мира. – URL: <https://prmira.ru/news/v-minuvshie-vyhodnye-krasnoyarsk-stal-samym-gyaznym-gorodom-v-mire/> (дата обращения 27.09.2018).
14. Григорьев Н.А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2009. – 382 с.

References

1. Kazakova N.A. Zagryaznenie pochvy tzhzhelymi metallami [Soil contamination with heavy metals]. *Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*, 2009, no. 1, pp. 29-31.
2. Soloshenko V.A., Mashanov A.I. Raspredelenie tzhzhelyh metallov v pochve i plodoovoshnyh kul'turah Krasnojarskogo kraja [Distribution of heavy metals in soil and fruit and vegetable crops of Krasnojarsk region]. *Vestnik KrasGAU*, 2011, no. 10, pp. 158-160.
3. Isakov A.Zh., Boev V.M., Zasorin B.V. Ocenka riska dlja zdorov'ja naselenija faktorov okruzhajushhej sredy [Environmental risk assessment for public health]. *Gigiena i sanitarija*, 2009, no. 1, pp. 4-5.
4. Seregina Ju.Ju., Semenova I.N., Kuzhina G.Sh. Kompleksnaja ocenka zagryaznenija tzhzhelymi metallami pochvennogo pokrova pribrezhnoj zony r. Belaja Beloreckogo rajona Respubliki Bashkortostan [Comprehensive assessment of heavy metal pollution of the soil cover of the coastal zone of the Belaya

river in Beloretsk district of the Republic of Bashkortostan]. *Zhivye i biokosnye sistemy*, 2013, no. 3. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-3/article-4> (accessed 27.09.2018).

5. Judina E.V. Osobennosti nakopleniya i raspredeleniya tjazhelyh metallov v pochvah goroda Abakana [Features of accumulation and distribution of heavy metals in soils of the city of Abakan]. *Vestnik KrasGAU*, 2016, no. 9 (120), pp. 32-39.

6. Kol'cova A.N., Sirotkin V.V. Issledovanie zagryazneniya pochv chuvashskoj respubliki tjazhelymi metallami [Investigation of soil contamination of the Chuvash Republic with heavy metals]. *Vestnik Chuvashskogo universiteta*, 2003, no. 2, pp. 122-130.

7. Teplaja G.A. Tjazhelye metally kak faktor zagryazneniya okruzhajushhej sredy [Heavy metals as a factor of environmental pollution]. *Astrahanskij vestnik jekologicheskogo obrazovanija*, 2013, no. 1, pp. 182-192.

8. Kujukina M.S., Ivshina I.B., Kostina L.B., Korostina O.A., Osipenko M.A., Njashin Ju.I. Matematicheskoe modelirovanie processa ochistki zagryaznennoj tjazhelymi metallami pochvy s pomoshh'ju biosurfaktanta [Mathematical modeling of the process of purification of soil contaminated with heavy metals using biosurfactant]. *Rossijskij zhurnal biomehaniki*, 2010, T. 14, no. 4 (50), pp. 35-41.

9. Gukalov V.N., Savich V.I., Belopuhov S.L., Shapkina O.A., Verhoturov V.V. Informacionnaja ocenka sostojanija tjazhelyh metallov v pochvah [Information assessment of the state of heavy metals in soils]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2015, no. 5, pp. 58-64.

10. Jakovchenko M.A., Konstantinova O.B., Kosolapova A.A., Rogova L.V., Alankina D.N. Issledovanie soderzhaniya tjazhelyh metallov v pochvennom pokrove i rastitel'nosti rekul'tivirovannyh territorij [Study of heavy metals content in soil cover and vegetation of recultivated areas]. *Vestnik Kuzbasskogo GTU*, 2014, no. 3 (103), pp. 116-119.

11. Men'shikova E.A., Zhdakaev V.I. Jekologicheskoe sostojanie gruntov gorodskih territorij Permskogo kraja [Ecological condition of soils in urban areas of the Perm region]. *PNRPU Bulletin. Applied ecology. Urban development*, 2017, no. 4, pp. 124-132. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.04.10.

12. Kasimov N.S., Vlasov D.V. Klarki himicheskikh jelementov kak jetalony sravnenija v jekogeohimii [Clarke of chemical elements as standards of comparison in environmental geochemistry]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija Geografija*, 2015, no. 2, pp. 7, 9-10.

13. Krasnoyarsk stal pervym v rejtinge samyh zagryaznennyh gorodov mira [Krasnoyarsk became the first in the ranking of the most polluted cities in the world] / Prospekt Mira. – URL: <https://prmira.ru/news/v-minuvshie-vyhodnye-krasnoyarsk-stal-samym-gryaznym-gorodom-v-mire/> (accessed 27.09.2018).

14. Grigor'ev N.A. Raspredelenie himicheskikh jelementov v verhnej chasti kontinental'noj kory. [Distribution of chemical elements in the upper continental crust]. Ekaterinburg: UrO RAN, 2009, 382 p.

Получено 2.11.2018

T. Zaznobina, O. Ivanova, E. Alkhimenko

HEAVY METALS CONTENT IN THE SOILS OF SUBURBAN AREAS OF THE CITY OF KRASNOYARSK

One of the important and relevant problems of modern ecology is soil pollution with heavy metals, which affects almost all components of the biosphere. The aim of the research was to study the content of heavy metals in the soils of the suburban zone of Krasnoyarsk. For this purpose 6 of the agricultural enterprises located in the two districts of the suburban area of Krasnoyarsk were chosen: Zykovsky APK, Berezovsky APK and Barkhatovskaya poultry farm in the Berezovsky district, Soloncy JSC, Shuvaevskoe CJSC and Elita CJSC in the Emelyanovsky district. As a result of the research it is established that the smallest quantity of Mn, Zn, Co and Ni was accumulated in the soils of Berezovsky APK, the smallest quantity of Mn, Cu, Zn, Co, Cr and Ni – in the soils of Elita CJSC.

In the soils of the farms of Berezovsky and Emelyanovsky districts the content of Mn, Cu, Pb and Hg was by 42–99 % lower than MPC, the concentration of Zn and Co was by 20–127 % above the normalized values; the content of Cr and Ni in these soils was 3–6 times higher than the MPC values. Heavy metals were below their Clarke numbers by 41–80 % in the Berezovskiy district and by 30–84 % in the Emelyanovsky district. The results suggest the need for measures to reduce the content of Zn, Co, Cr and Ni in the soils in these districts, as increased concentrations of these metals can have a negative impact, first of all on soil fertility, secondly on the trophic levels of the food chain, ultimately posing a threat to public health, as well as to the environmental situation in general.

Keywords: heavy metal, soil, maximum permissible concentration, Clarke, environment.

Зазнобина Татьяна Вячеславовна (Красноярск, Россия) – аспирант, младший научный сотрудник, Красноярский научно-исследовательский институт животноводства – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН (660049, Красноярск, пр. Мира, 66, e-mail: tv-kulakova@mail.ru).

Иванова Ольга Валерьевна (Красноярск, Россия) – доктор сельскохоз. наук, профессор РАН, директор, Красноярский научно-исследовательский институт животноводства – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН (660049, Красноярск, пр. Мира, 66, e-mail: krasnptig75@yandex.ru).

Алхименко Елена Владимировна (Красноярск, Россия) – временно исполняющий обязанности директора, Государственный центр агрохимической службы «Красноярский» (660020, г. Красноярск, ул. Спандаряна, 3а, e-mail: agrohim_24_1@mail.ru).

Zaznobina Tatyana (Krasnoyarsk, Russian Federation) – Graduate Student, Associated Researcher, Krasnoyarsk Research Institute of Animal Husbandry – Separate Division of FRC KSC SB RAS (660049, Krasnoyarsk, 66, Mira av., e-mail: tv-kulakova@mail.ru).

Ivanova Olga (Krasnoyarsk, Russian Federation) – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the RAS, Director, Krasnoyarsk Research Institute of Animal Husbandry – Separate Division of FRC KSC SB RAS (660049, Krasnoyarsk, 66, Mira av., e-mail: krasnptig75@yandex.ru).

Alkhimenko Elena (Krasnoyarsk, Russian Federation) – Acting Director, FSBI SASC "Krasnoyarsk" (660020, Krasnoyarsk, 3a, Spandaryana st., e-mail: agrohim_24_1@mail.ru).