

5. Reguljatory rosta rastenij v praktike sel'skogo hozjajstva / O.A. Shapoval, V.V. Vakulenko, L.D. Prusakov [i dr.]. – M.: Izd-vo VNIIA, 2009. – 60 s.
6. Vakulenko V.V., Shapoval O.A. Reguljatory rosta rastenij v sel'skohozjajstvennom proizvodstve // Plodorodie. – 2001. – № 2. – S. 27–29.
7. Malevannaja N.N. Cirkon – immunomoduljator novogo tipa // Cirkon – prirodnyj reguljator rosta, primenenie v sel'skom hozjajstve: sb. nauch. tr. – M., 2010. – S. 3–9.
8. Shapoval O.A., Vakulenko V.V., Mozharova I.P. Perspektivy ispol'zovanija reguljatorov rosta rastenij // Plodorodie. – 2006. – № 6 (33). – S. 13–14.
9. Sel'skoe hozjajstvo. Agrostimul. Povyshenie urozhajnosti [Jelektron. resurs]. – URL: [https://flavitax.jimdo.com/sel'skoe hozjajstvo/\(data obrashhenija: 24.03.2018\)](https://flavitax.jimdo.com/sel'skoe_hozjajstvo/(data_obrashhenija:24.03.2018))
10. Mozharova I.P. Sovmestnoe primenenie reguljatorov rosta i fungicidov na kartofele // Zashhita i karantin rastenij. – 2007. – № 2. – S. 33–34.
11. Shapoval O.A., Vakulenko V.V., Mozharova I.P. Metodicheskie ukazaniya po primeneniju preparata Lariksin na jarovom jachmene i ozimozh pshenice. – M.: Izd-vo VNII agrohimii, 2002.
12. Novye reguljatory rosta rastenij / V.M. Chekurov, S.I. Sergeeva, L.D. Zhaliyeva [i dr.] // Zashhita i karantin rastenij. – 2003. – № 9. – S. 20–21.
13. Shapoval O.A., Mozharova I.P., Muhina M.T. Vlijanie reguljatorov rosta rastenij novogo pokolenija na rost i produktivnost' rastenij soi // Plodorodie. – 2015. – № 5. – S. 32–34.
14. Pat. № 2533231 RF. Supramolekuljarnyj kompleks, obladajushhij protivovospalitel'noj i angio- protektojnoy aktivnost'ju i sposob ego poluchenija / Ostronkov V.S., Lashin S.A. – Zajavl. 14.05.2013; opubl; 20.11.2014.
15. Oficial'nyj sayt kompanii «Ametis» [Jelektron. resurs]. – URL: <https://www.ametis.ru> (data obrashhenija: 23.03.2018).
16. Begun S.A., Til'ba V.A. Sposoby, priemy izuchenija i otbora jeffektivnyh shtammov klubenkovyh bakterij soi. Metody analiticheskoj selekcii. – Blagoveshensk: Zeja, 2005. – 70 s.



УДК631.41:631.453

А.О. Ознобихина, Л.Н. Скипин, С.Г. Котченко,
Е.В. Гаевая, Е.В. Захарова

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ РАЙОНОВ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.О. Oznobikhina, L.N. Skipin, S.G. Kotchenko,
E.V. Gaevaya, E.V. Zakharova

DISTINCTIVE FEATURES OF HEAVY METALS ACCUMULATION IN THE SOILS OF NORTHERN FOREST-STEPPE OF TYUMEN REGION

Ознобихина А.О. – асп., ассист. каф. техносферной безопасности Тюменского индустриального университета, г. Тюмень. E-mail: n_a_s_t_y_a86@mail.ru

Скипин Л.Н. – д-р с.-х. наук, проф., зав. каф. техносферной безопасности Тюменского индустриального университета, г. Тюмень. E-mail: skipinln@tyuiu.ru

Котченко С.Г. – директор ФГБУ ГСАС «Тюменская», г. Тюмень. n_a_s_t_y_a86@mail.ru

Гаевая Е.В. – канд. биол. наук, доц. каф. техносферной безопасности Тюменского индустриального университета, г. Тюмень. E-mail: n_a_s_t_y_a86@mail.ru

Захарова Е.В. – канд. биол. наук, доц. каф. техносферной безопасности Тюменского индустриального университета, г. Тюмень. E-mail: n_a_s_t_y_a86@mail.ru

Oznobikhina A.O. – Post-Graduate Student, Asst, Chair of Technosphere Safety, Tyumen Industrial University, Tyumen. E-mail: n_a_s_t_y_a86@mail.ru

Skipin L.N. – Dr. Agr. Sci., Prof., Head, Chair of Technosphere Safety, Tyumen Industrial University, Tyumen. E-mail: skipinln@tyuiu.ru

Kotchenko S.G. – Director, FSBI SASS “Tyumenskaya”, Tyumen. n_a_s_t_y_a86@mail.ru

Gaevaya E.V. – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Technosphere Safety, Tyumen Industrial University, Tyumen. E-mail: n_a_s_t_y_a86@mail.ru

Zakharova E.V. – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Technosphere Safety, Tyumen Industrial University. E-mail: n_a_s_t_y_a86@mail.ru

Цель исследования – изучение накопления тяжелых металлов в почве и почвообразующей породе административных районов северной лесостепи Тюменской области. Химический анализ по определению количественного содержания тяжелых металлов (Pb, Cd, Zn, Cu) проводили атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре ААС-3. Определение тяжелых металлов проводилось согласно общепринятым методикам. Степень загрязнения почв определяли по отношению к показателям предельно допустимых / ориентировочно допустимых концентраций (ПДК/ОДК) химических веществ, геохимическому фону и величине почвенного кларка по Виноградову. В связи с этим были определены подвижные и валовые формы тяжелых металлов в пахотном слое почв, а также на разных глубинах метрового слоя почвы. В образцах почв пахотного слоя содержание подвижных форм тяжелых металлов было неравномерно и находилось в пределах предельно допустимых/ориентировочно допустимых концентраций. Выявлено, что концентрация свинца (валовая форма) в исследуемых горизонтах была неоднородна, максимальное значение этого элемента наблюдалось в пахотном слое 0–20 см. Содержание кадмия в поверхностном горизонте почв незначительно выше его содержания в почвообразующей породе. Результатами установлено допустимое содержание свинца, меди, цинка и кадмия в почвах исследуемых территорий: максимальная концентрация подвижных форм составила 1,0; 0,16; 2,75; 0,07 мг/кг; валовых форм – 14,37; 43,71; 58,33; 0,65 мг/кг соответственно. Во всех исследуемых почвенных образцах концентрация анализируемых элементов находилась ниже уровня предельно допустимых/ориентировочно допустимых концентраций, на некоторых участках наблюдалось незначительное превышение геохимических фоновых значений и почвенного кларка. Распределение тяжелых металлов в почвах и почвообразующей породе в порядке убывания располагалось в следующей последовательности: цинк > медь > свинец > кадмий.

Ключевые слова: северная лесостепь, почва, растительность, тяжелые металлы, накопление, загрязнение.

The goal of the paper is the study of heavy metals accumulation in the soil and parent rock material of administrative regions of the northern forest-steppe of the Tyumen Region. Chemical analysis by definition of the quantitative content of heavy metals (Pb, Cd, Zn, Cu) was carried out by nuclear and absorbing by the method on AAS-3 spectrophotometer. The definition of heavy metals was carried out according to standard tech-

niques. The extent of pollution of soils was determined in the relation to the indicators extremely admissible / approximately admissible concentration (Maximum concentration limit/UEC) of chemicals, to geochemical background and soil Clark's size by Vinogradov. In this connection moving and total forms of heavy metals in the topsoil and also on different depths of meter soil level were determined. In soil samples of the topsoil, the content of moving forms of heavy metals was uneven and located within the limits of allowable/tentative allowable concentrations. It was revealed that lead concentration (total form) in studied horizons wasn't uniform, maximum value of this element was observed in 0–20 cm topsoil. The content of cadmium in soil epipedon was insignificantly higher than its content in parent rock material. As the result, 'allowable' content of lead, zinc, copper and cadmium in the soils of studied territories: maximal concentrations of moving forms was determined and made up 1.0 mg/kg, 0.16 mg/kg, 2.75 mg/kg, 0.07 mg/kg respectfully; total forms 14.37mg/kg, 43.71 mg/kg, 58.33 mg/kg, 0,65 mg/kg respectfully. In all studied soil samples the concentration of analyzed elements was lower than the level of maximum allowable/tentative allowable concentrations, on some plots there was observed insignificant excess of geochemical background values and soil Clarke. The allocation of heavy metals in the soils and parent rock material in decreasing order had the following sequence: zinc > copper > lead >cadmium.

Keywords: northern forest-steppe, soil, vegetation, heavy metals, accumulation, pollution.

Введение. Современная оценка степени загрязненности почв тяжелыми металлами, несмотря на пристальное внимание к их изучению и огромный объем накопленного теоретического и фактического материала, является одной из самых актуальных на сегодняшний день. Об этом свидетельствует множество методических подходов и экологических нормативов, официально утвержденных различными ведомствами, и отдельных авторских разработок, которые применяются в нашей стране и за рубежом при изучении загрязнения почв тяжелыми металлами. Для большинства металлов ПДК в почве не разработаны до настоящего времени [1–3].

Современное использование земель для сельского хозяйства влияет на состояние почв, теряются запасы гумуса, повышается кислотность, происходит облегчение гранулометрического состава, вследствие чего прочносвязанные формы металлов переходят в подвижное состояние и становятся легкодоступными для растений. Особый интерес представляют наиболее распространенные формы тяжелых металлов: свинец, кадмий, медь, цинк [4].

Цель исследования: изучить накопление тяжелых металлов в почве и почвообразующей породе административных районов северной лесостепи Тюменской области.

Методы и результаты исследования. Оценка содержания тяжелых металлов в почвах проводилась на реперных участках районов северной лесостепи Тюменской области.

Химический анализ по определению количественного содержания тяжелых металлов (Pb, Cd, Zn, Cu) проводили атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре ААС-3. Определение тяжелых металлов проводилось согласно общепринятым методикам [5, 6].

Степень загрязнения почв определяли по отношению к показателям предельно допустимых / ориентировочно допустимых концентраций (ПДК/ОДК) химических веществ, геохимическому фону и величине почвенного кларка по Виноградову.

В образцах почв пахотного слоя наличие подвижных форм тяжелых металлов было неравномерно и находилось в пределах ПДК/ОДК. Обнаружено незначительное превышение фоновых значений в Тюменском районе по цинку 2,75 мг/кг (ФОН – 1,39 мг/кг), кадмию 0,07 мг/кг (ФОН – 0,06 мг/кг) (табл. 1).

Таблица 1

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в пахотном слое почв районов северной лесостепи Тюменской области, мг/кг

| Район | Индекс почвы* | pH _{KCl} | Pb | Zn | Cu | Cd |
|------------------------|-----------------------------|-------------------|------|------|------|---------|
| Исетский | Al _Г | 5,22 | 0,49 | 0,80 | 0,14 | 0,03 |
| Омутинский | C ₂ ^с | 5,28 | 0,43 | 0,75 | 0,13 | 0,02 |
| Тюменский | Al _Т | 4,84 | 1,00 | 2,75 | 0,16 | 0,07 |
| ПДК/ОДК**, мг/кг почвы | | | 6,0 | 23,0 | 3,0 | 0,5**** |
| ФОН***, мг/кг | | | 1,48 | 1,39 | 0,49 | 0,06 |

*Al_Г – аллювиальная глеевая; C₂^с – серая лесная среднесуглинистая; Al_Т – аллювиальная типичная.

**ГН 2.1.7.2511-09 [7].

***В связи с отсутствием регионального фона ТМ в пахотном горизонте районов области для экологической оценки взяты наиболее часто встречаемые концентрации микроэлементов в почвах, условно принятые за фон [8].

****Кларк почвы по Виноградову (1957) [9].

По содержанию валовых форм тяжелых металлов можно охарактеризовать общую загрязненность почвы (общий геохимический фон), они являются потенциальным резервом подвижных элементов, которые при определенных условиях активно участвуют в биологическом круговороте. Количество прочносвязанных кислоторастворимых соединений не отражает степени доступности элементов для растений. В случае изменения кислотно-щелочной обстановки малоподвижные соединения тяжелых

металлов становятся мобильными и наиболее доступными для поглощения растений.

Анализ содержания валовых форм тяжелых металлов по профилю почв районов северной лесостепи Тюменской области изображен на рисунках 1–3. Содержание каждого из элементов оценивали по нормативам, представленным в таблице 2.

На рисунке 1 представлены результаты исследований валовых форм тяжелых металлов в метровом слое почвы Тюменского района.

Таблица 2

Нормирование содержания валовых форм тяжелых металлов в почве

| Норматив, мг/кг | Pb | Zn | Cu | Cd |
|----------------------------|------|-------|------|------|
| Кларк почвы по Виноградову | 10,0 | 50,0 | 20,0 | 0,50 |
| ФОН* | 16,0 | 85,5 | 34,0 | 0,07 |
| ПДК/ОДК** | 32,0 | 100,0 | 55,0 | 1,0* |

*ФОН – среднее содержание в почвах Западной Сибири по В.Б. Ильину (1991) [10].

**ОДК – ГН 2.1.7.2511-09 [7].

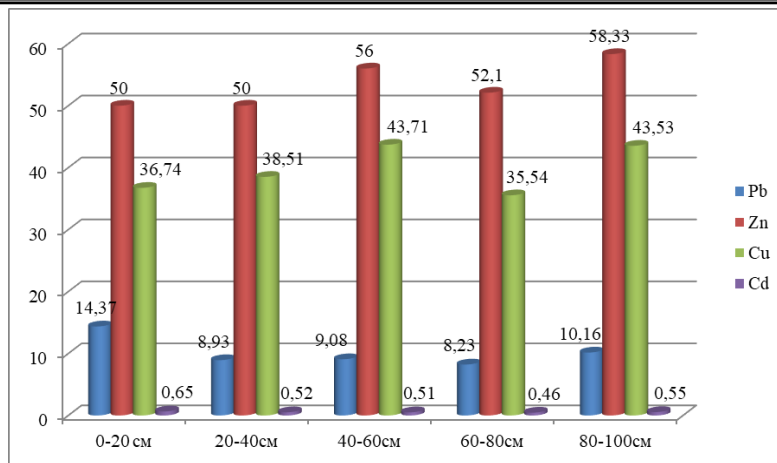


Рис. 1. Содержание валовых форм тяжелых металлов в почве Тюменского района, мг/кг

Выявлено, что концентрация свинца в исследуемых горизонтах колебалась от 8,23 до 14,37 мг/кг, максимальное значение этого элемента наблюдалось в пахотном слое 0–20 см и составило 14,37 мг/кг. Содержание цинка лежит в диапазоне от 50,0 до 58,33 мг/кг почвы, что незначительно выше кларка почв, установленного А.П. Виноградовым (1957) (далее – кларк по Виноградову). Значения меди варьировали в пределах от 35,54 до 43,71 мг/кг, кадмия – от 0,46 до 0,65 мг/кг, находились ниже уровня ПДК, но выше фоновых и кларка по Виноградову. Содержание кадмия в поверхностном горизонте почв незначи-

тельно выше его содержания в почвообразующей породе.

Концентрация валовых форм тяжелых металлов в почвах Омутинского района имела благоприятные геохимические показатели по свинцу, цинку и меди (рис. 2). Содержание данных элементов находилось в диапазонах, соответствующих установленным нормативам. Профильное распределение указывает на загрязненность почв кадмием. Так, содержание его выше фона для почв Западной Сибири наблюдалось в горизонтах 0–20, 60–80 и 80–100 см и составляло от 0,09 до 0,13 мг/кг.

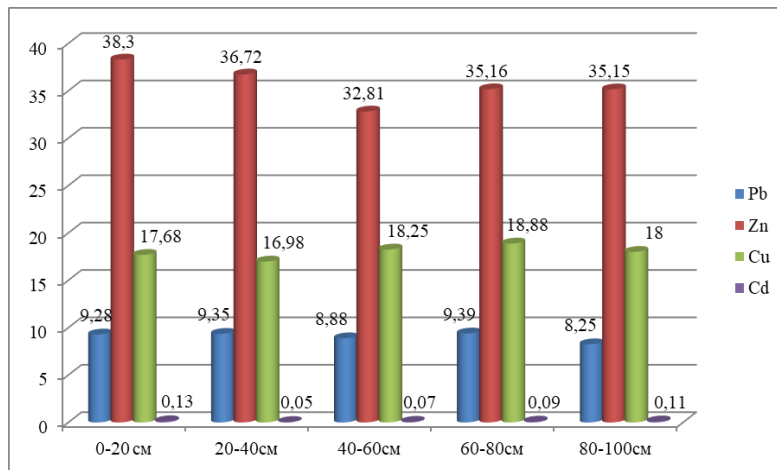


Рис. 2. Содержание валовых форм тяжелых металлов в почве Омутинского района Тюменской области, мг/кг

Анализируя содержание валовых форм тяжелых металлов на территории Исетского района можно отметить слабую загрязненность почв химическими элементами (рис. 3). Значения свинца, цинка и меди находились ниже установленных нормативов ПДК/ОДК и на уровне, близком к фоновым значениям и кларку почв по Виноградову.

Содержание кадмия распределялось равномерно по горизонтам от 0,09 мг/кг в слое 80–100 см до 0,14 мг/кг в слое 0–20 см, что ниже уровня ПДК и кларка почв по Виноградову, но незначительно выше установленного фона для почв Западной Сибири.

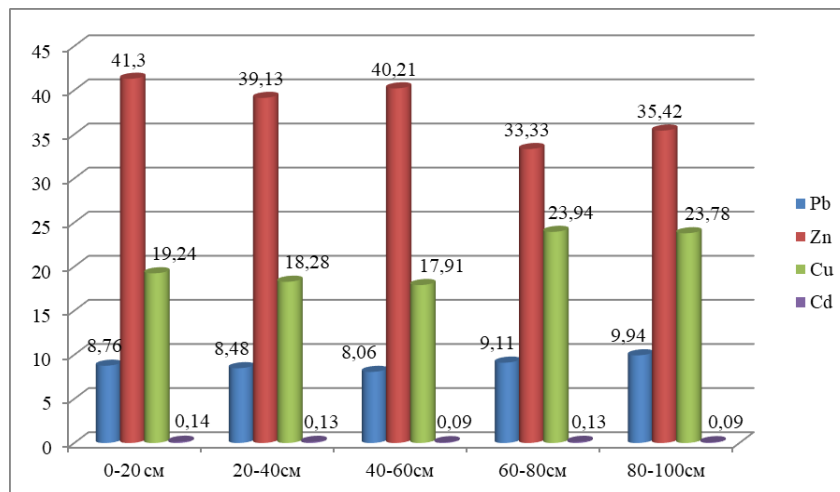


Рис. 3. Содержание валовых форм тяжелых металлов в почве Исетского района Тюменской области, мг/кг

Используя в качестве критерия оценки степень загрязненности почв (предельно допустимые и ориентировочно допустимые концентрации), можно отметить, что исследуемая территория характеризуется допустимым уровнем загрязнения по всем определяемым элементам [11].

Согласно категориям загрязнения сельскохозяйственных земель химическими веществами, почвы анализируемых участков по содержанию кадмия и меди относятся к категории «слабозагрязненных» – концентрация тяжелых металлов в пахотном слое почвы превышает фоновые значения, но не выше ПДК [12].

Наряду с «допустимым» уровнем содержания валовых форм микроэлементов наблюдается увеличение кислотности почв: pH_{KCl} составляет 4,84 – в Тюменском районе; 5,22 – в Исетском; 5,28 – в Омутинском, что может способствовать переходу ТМ в подвижные формы и их накоплению в сельскохозяйственной продукции.

Согласно шкале экологического нормирования тяжелых металлов (валовое содержание) для геохимической ассоциации почв со слабокислой и кислой реакцией по А.И. Обухову и Л.Л. Ефремовой (1988), содержание элементов в почвах исследуемых районов имеет следующий уровень: свинец – от низкого до среднего; цинк – средний; медь – средний; кадмий – от низкого до высокого [13].

Выводы. В почвах северной лесостепи Тюменской области наблюдается варьирование легкоподвижных форм микроэлементов, наибольшие значения характерны для Тюменского района. Случаи превышения ПДК/ОДК не отмечаются.

Содержание валовых форм тяжелых металлов характеризует благоприятный геохимический фон почв исследуемой территории северной лесостепи

Тюменской области. Выявлено, что концентрация свинца и кадмия в метровом слое почвы административных районов распределялась неравномерно, максимальное значение этих элементов наблюдалось в пахотном слое 0–20 см. В профиле почв Исетского и Омутинского районов наблюдается увеличение концентрации цинка при движении от почвообразующей породы вверх к поверхностным горизонтам.

Распределение тяжелых металлов в почвах и почвообразующей породе в порядке убывания располагалось в следующей последовательности: цинк > медь > свинец > кадмий.

Литература

1. Гаевая Е.В., Захарова Е.В., Скипин Л.Н. Биогеохимия элементов в системе почва-растение-животное в условиях юга Тюменской области // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – № 11. – С. 149–153.
2. Русанов А.М., Тесля А.В., Прихожай Н.И. и др. Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почвах г. Орска // Вестн. ОГУ. – 2012. – № 4. – С. 226–230.
3. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири // Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. – 277 с.
4. Oznohina A.O., Gayevaya E.V. Heavy Metals in Soil&Plant System Under Conditions of the South of Tyumen Region // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE). Vol. 262, 2017.
5. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и про-

- дукции растениеводства. – М.: Изд-во ЦИНАО, 1992. – 61 с.
6. МИ 2339-95 ГСИ. Пробы почв и биологических объектов. Методика подготовки путем минерализации в аналитическом автоклаве НПВФ «АНКОН-АТ-2». – М., 1995. – 58 с.
 7. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации химических веществ в почве. – М., 2009.
 8. *Квашнина Ю.А.* Мониторинг почв и растительной продукции по содержанию тяжелых металлов на юге Тюменской области: дис. ... канд. биол. наук / ГАУСЗ. – Тюмень, 2007. – 132 с.
 9. *Виноградов А.П.* Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М.: Колос, 1957. – 238 с.
 10. *Ильин В.Б.* Тяжелые металлы в системе почва – растение. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 151 с.
 11. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами. – М., 1992.
 12. ГОСТ 17.4.3.06-86. Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ. – М., 1986.
 13. *Обухов А.И., Ефремова Л.Л.* Охрана и рекультивация почв, загрязненных тяжелыми металлами // Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы: мат-лы II Всесоюз. конф. – М., 1988. – Ч. 1. – С. 23–35.
 3. *Syso A.I.* Zakonomernosti raspredelenija himicheskikh jelementov v pochvoobrazujushhix porodah i pochvah Zapadnoj Sibiri // Ros. akad. nauk, Sib. otd-nie, In-t pochvovedenija i agrohimii. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2007. – 277 s.
 4. *Oznobihina A.O., Gayevaya E.V.* Heavy Metals in Soil&Plant System Under Conditions of the South of Tyumen Region // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE). Vol. 262, 2017.
 5. Metodicheskie ukazanija po opredeleniju tjazhelyh metallov v pochvah sel'hozogodij i produkcii rastenievodstva. – М.: Изд-во ЦИНАО, 1992. – 61 с.
 6. МИ 2339-95 ГСИ. Пробы почв и биологических объектов. Методика подготовки путем минерализации в аналитическом автоклаве НПВФ «АНКОН-АТ-2». – М., 1995. – 58 с.
 7. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации химических веществ в почве. – М., 2009.
 8. *Kvashnina Ju.A.* Monitoring pochv i rastitel'noj produkcii po soderzhaniju tjazhelyh metallov na juge Tjumenskoj oblasti: dis. ... kand. biol. nauk / GAUSZ. – Tjumen', 2007. – 132 s.
 9. *Vinogradov A.P.* Geohimija redkih i rassejannyh himicheskikh jelementov v pochvah. – М.: Kolos, 1957. – 238 s.
 10. *Il'in V.B.* Tjazhelye metally v sisteme pochva – rastenie. – Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1991. – 151 s.
 11. Porjadok opredelenija razmerov ushherba ot zagriznjenja zemel' himicheskimi veshhestvami. – М., 1992.
 12. ГОСТ 17.4.3.06-86. Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ. – М., 1986.
 13. *Obuhov A.I., Efremova L.L.* Ohrana i rekul'tivacija pochv, zagriznennyh tjazhelymi metallami // Tjazhelye metally v okruzhajushhej srede i ohrana prirody: mat-ly II Vsesojuz. konf. – М., 1988. – Ч. 1. – С. 23–35.

Literatura

1. *Gaevaja E.V., Zaharova E.V., Skipin L.N.* Biogeohimija jelementov v sisteme pochva-rastenie-zhivotnoe v uslovijah juga Tjumenskoj oblasti // Vestn. KrasGAU. – 2013. – № 11. – С. 149–153.
2. *Rusanov A.M., Teslja A.V., Prihozhaj N.I.* i dr. Soderzhanie valovyh i podvizhnyh form tjazhelyh metallov v pochvah g. Orska // Vestn. OGU. – 2012. – № 4. – С. 226–230.

