

УДК 502/504:631.412 (571.17)

МОНИТОРИНГ ПОЧВ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ НА СОДЕРЖАНИЕ МЫШЬЯКА

¹Шульгин Н.В., ¹Свиркова С.В., ²Ефременко М.П., ¹Заушинцева А.В., ³Шульгина О.А.

¹ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», Кемерово,
e-mail: Shylgin.NV@gmail.com, svsvirkova@yandex.ru, alexaz58@yandex.ru;

²ФГБУ ЦАС «Кемеровский», Кемерово;

³ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт»,
Кемерово, e-mail: Oljasha19@yandex.ru

В статье представлены результаты мониторинга по содержанию валовых форм мышьяка в почвах Кемеровской области за 2010–2016 гг. Ежегодное повышение концентрации мышьяка отмечено в почве сельскохозяйственного производственного кооператива «Береговой» Кемеровского района на участке № 1, крестьянско-фермерского хозяйства В.В. Хонина Топкинского района и крестьянско-фермерского хозяйства «Правда» Беловского района. В 2010–2012 гг. в большинстве почв содержание валовых форм мышьяка в поверхностном слое (0–5 см) почвы было ниже ПДК. С 2013 г. концентрация элемента в 3–9 раз увеличилась в почве реперных участков ООО СХП «Новые зори» Юргинского района, в 1,6–5 раз – в СПК «Береговой» участок № 2, ООО «Селяна» Кемеровского района; ООО «Спутник» Промышленновского района; ООО «Юргинское» Юргинского района; КФХ «Правда» Беловского района. А в 2014–2016 гг. содержание изучаемого элемента в почвах представленных районов Кемеровской области увеличилось в среднем в 2–4 раза, но ПДК в этом слое почвы не превышало. Концентрация валовых форм мышьяка на глубине массового расположения корней (0–40 см) всех реперных участков находилась в 2014 и 2016 гг. ниже уровня ПДК с учетом фона Кларка для черноземных почв. На глубине отбора почвенной пробы ниже 40 см в некоторых вариантах также зарегистрирована концентрация, превышающая ПДК. Она соответствовала второму уровню загрязнения (низкому). Содержание мышьяка на всех реперных участках на глубине 60–100 см изменялось от 5,79 до 9,29 мг/кг. Максимальная концентрация элемента (8,49 и 9,29 мг/кг) отмечена в почве, принадлежащей ООО «Селяна» (Кемеровский район), на глубине 60–80 и 80–100 см.

Ключевые слова: почва, мониторинг, токсичные элементы, мышьяк, ПДК, загрязнение почв

SOIL MONITORING KEMEROVO REGION ON THE ARSENIC CONTENT

¹Shulgin N.V., ¹Svirkova S.V., ²Efremenko M.P., ¹Zaushintseva A.V., ³Shulgina O.A.

¹Kemerovo State University, Kemerovo, e-mail: Shylgin.NV@gmail.com,
svsvirkova@yandex.ru, alexaz58@yandex.ru;

²Federal state-financed institution TSAS «Kemerovskiy», Kemerovo;

³Kemerovo State Agricultural Institute, Kemerovo, e-mail: Oljasha19@yandex.ru

This article presents the monitoring results of the content of arsenic gross forms in soils of Kemerovo region in the period of 2010–2016. Annual increase of arsenic concentration is observed in the soil of agricultural production cooperative «Beregovoi» Kemerovo region at the sampling site № 1, the farm of Khonin V.V. in Topkinsky district and the farm «Pravda» in Belovsky district. In the period of 2010–2012 in the most soils the contents of arsenic gross forms in the surface soil layer (0–5 cm) was below the maximum permissible concentration. Since 2013, the concentration of the element increased in a 3–9-fold in the soil reference sites of LLC (Limited Liability Company) AP «New dawns» Yurginsky district, in 1,6–5 fold in sampling site № 2 of agricultural production cooperative «Beregovoi»; LLC «Selyana» of the Kemerovo region; LLC «Sputnik» Promyshlennovskiy district, LLC «Yurginskoye» Yurginsky district, Farm «Pravda» in Belovsky district. During 2014–2016 the content of the studied element in the soils of the represented districts of Kemerovo region has increased on average 2–4 times, but the maximum permissible concentration in this soil layer was not exceeded. In 2014 and 2016 the concentration of arsenic gross forms at a depth of a root mass location of all reference sites (0–40 cm) was below the level of the MPC, taking into account the background of Clark for chernozem soils. A concentration exceeding the maximum permissible concentration was at a depth of a soil sample selection below 40 cm in some versions also. It corresponded to the second level of pollution (low). The arsenic content in all reference sites at a depth of 60–100 cm was changed from 5,79 to 9,29 mg/kg. The maximum concentration of the element (8,49 and 9,29 mg/kg) was observed in the soil, owned by LLC «Seljana» (Kemerovo region) at a depth of 60–80 and 80–100 cm.

Keywords: soil, monitoring, toxic elements, arsenic, maximum permissible concentration, soil contamination

Охрана окружающей природной среды стала важной задачей общества в регионах с развитой индустрией. Кемеровская область занимает ведущее место в Западной Сибири по объему промышленного производства и является высоко урбанизированной территорией. По данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Кемеров-

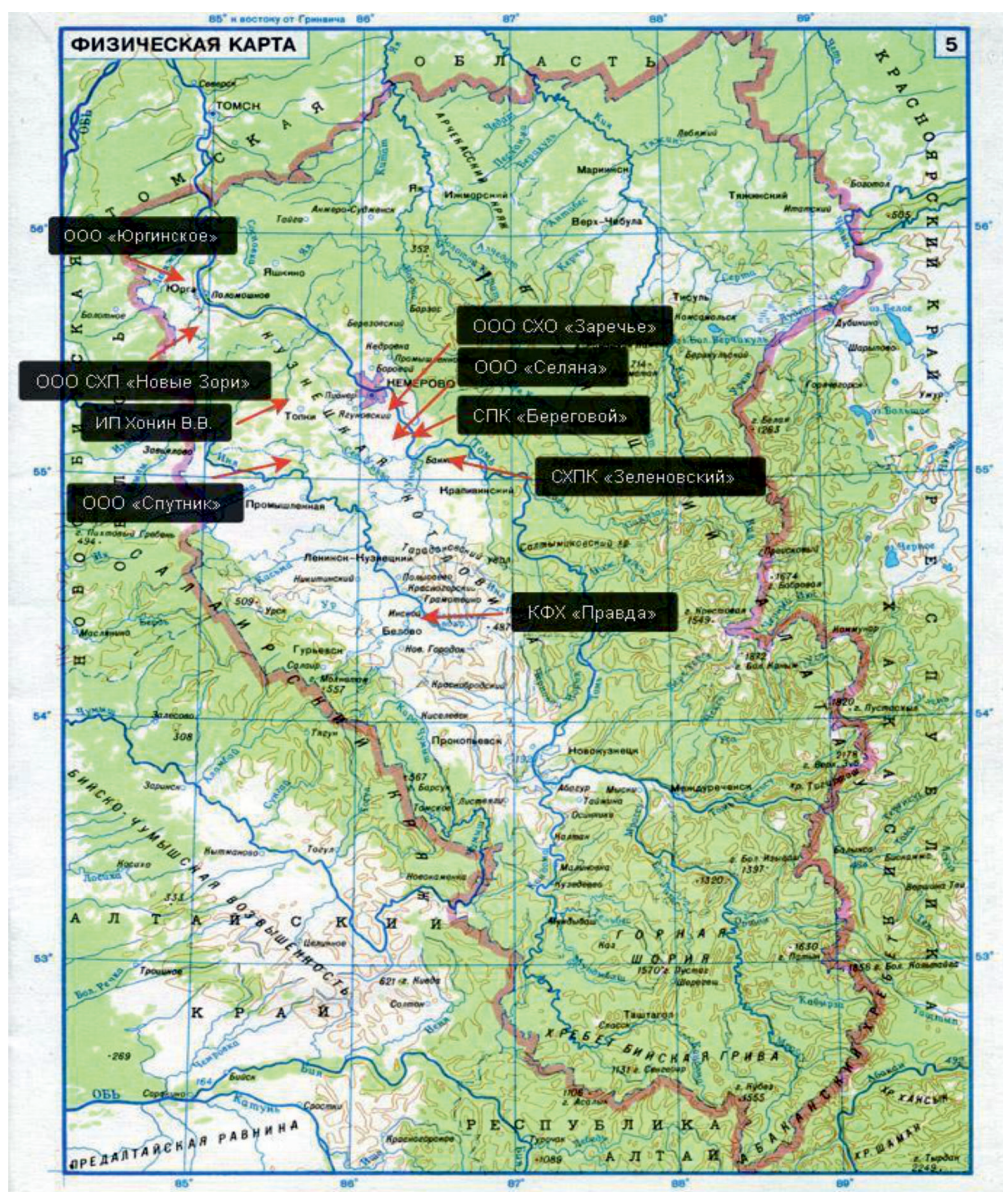
ской области [15] и Международного промышленного портала [12], на сравнительно небольшой площади (95,7 тыс. км²) проживает 22 % населения (около 3 млн человек) и сосредоточено около 30 % производственного потенциала Сибири.

Кузбасс относится к регионам с высокой техногенной нагрузкой на почву и на экосферу в целом. По оценке специали-

стов [17, 20], площадь нарушенных земель составляла около 250 тыс. га, а общие потери земельного фонда соответствовали 16% от всей территории.

Деятельность горнодобывающих и металлургических предприятий, активная работа автотранспорта, нерегламентированное использование пестицидов и минеральных удобрений нередко становятся причиной химической деградации почвы. Она проявляется в загрязнении её токсическими элементами, такими как кадмий, свинец, мышьяк, ртуть, хром и др. Аккумулируясь в почве, эти элементы снижают жизнедеятельность и скорость управляемых ими биохимиче-

ских процессов [14]. А их распространение по пищевым цепочкам неизбежно приводит к ослаблению эколого-токсикологической ситуации в регионе, которая связана с ухудшением здоровья населения. За счёт снижения под воздействием тяжёлых металлов физиологической активности органов и их систем и образования атипичных клеток развиваются тяжёлые заболевания кожных покровов и внутренних органов [14, 22]. Среди токсичных элементов мышьяк относят к наиболее опасным. Поэтому контроль уровня его концентрации в почве, воде и растениях является важным мероприятием эколого-токсикологического мониторинга.



Географическое положение сельскохозяйственных предприятий Кемеровской области с реперными участками

Научные работы по содержанию мышьяка в почве и его влиянию на экологические свойства и функции почвы приведены в работах отечественных и зарубежных учёных [1, 2, 4, 11, 14, 19, 21, 23]. Особую актуальность такие исследования приобретают в регионах интенсивного развития сельскохозяйственного производства. К таким регионам относится и Кузбасс.

Цель исследования: оценить агрогенные почвы Кемеровской области по содержанию мышьяка.

Материалы и методы исследования

Эколого-токсикологический мониторинг осуществлен в цикле 2010–2016 гг. на 10 реперных участках сельскохозяйственных предприятий в 6 районах Кемеровской области: Кемеровском (СПК «Береговой» участки № 1 и № 2, ООО СХО «Заречье» отделение «Новостройка», ООО «Селяна»); Беловском (КФХ «Правда»); Крапивинском (ООО «СПК Зеленовский»); Промышленновском (ООО «Спутник»); Топкинском (КФХ Хонина В.В.); Юргинском (ООО СХП «Новые зори», ООО «Юргинское») (рисунок).

Отбор почвенных проб проведён с глубины 0–5, 5–20, 20–40, 40–60, 60–80, 80–100 см согласно Методическим указаниям по проведению локального мониторинга на реперных участках [13] и по ГОСТ 17.4.3.01-83 [5].

Лабораторные исследования выполняли в лаборатории анализа почв и агрохимикатов ФГБУ Центра агрохимической службы «Кемеровский», руководствуясь следующими принятыми и апробированными в научных учреждениях страны методами (фотометрический метод определения мышьяка [3, 10]), утвержденными Государственными стандартами (ГОСТ Р ИСО 11464:2011 [6]; ГОСТ 17.4.3.03-85 [7], ГОСТ 17.4.3.06-86 [8]; ГОСТ 17.4.102-83 [9] и нормативными документами (Руководство по санитарно-химическому исследованию почв [18]). Определение уровня загрязнения почв мышьяком проводили по показателям, которые представлены в табл. 1.

Результаты исследования и их обсуждение

Мониторинг почв по содержанию мышьяка в хозяйствах Кемеровской области в цикле 2010–2016 гг. показал его нестабильное накопление территориально, по глубине почвенного профиля и по годам (табл. 2). Ежегодное повышение концентрации мышьяка отмечено в почве сельскохозяйственного производственного кооператива «Бе-

реговой» Кемеровского района на участке № 1, крестьянско-фермерского хозяйства В.В. Хонина Топкинского района и крестьянско-фермерского хозяйства «Правда» Беловского района. Близкое расположение этих хозяйств к довольно оживленной автотрассе Кемерово – Новокузнецк, а также использование нефтепродуктов, каменного угля и мышьякосодействующих пестицидов в разные годы, вероятно, стало причиной аккумуляции изучаемого элемента в почве. В других хозяйствах области накопление мышьяка, помимо внешних причин, может быть вызвано его химическими свойствами, возможностью изменять аллотропную форму (приспосабливаться) при изменении окислительно-восстановительных процессов в почве.

В 2010–2012 гг. во всех изученных хозяйствах, за исключением ООО СХО «Заречье» отделение «Новостройка» (Кемеровский район) и ООО «СПК Зеленовский» (Крапивинский район), содержание валовых форм мышьяка в поверхностном слое (0–5 см) почвы было ниже ПДК, которая для мышьяка составляет 2 мг/кг, а с учётом фона Кларка для черноземных почв – 7,6 мг/кг [23].

С 2013 г. отмечено резкое увеличение концентрации элемента в почве некоторых сельскохозяйственных предприятий. Почти в 3–9 раз возросла она в почве реперных участков ООО СХП «Новые зори» Юргинского района, в 1,6–5 раз – в СПК «Береговой» участок № 2, ООО «Селяна» Кемеровского района; ООО «Спутник» Промышленновского района; ООО «Юргинское» Юргинского района; КФХ «Правда» Беловского района. А в 2014–2016 гг. содержание изучаемого элемента в почвах представленных районов Кемеровской области увеличилось в среднем в 2–4 раза, но ПДК в этом слое почвы не превышало. В 2016 г. в почвах большинства хозяйств произошло увеличение концентрации мышьяка, по сравнению с 2014 г., на 0,16–1,89 мг/кг. Исключение составили почвы ООО «Спутник» Промышленновского района, ООО СХО «Заречье» отделение «Новостройка», ООО «Селяна» Кемеровского района, КФХ В.В. Хонина Топкинского района, в которых количество этого элемента по годам практически не изменилось, или было ниже уровня 2014 г.

Содержание валовых форм мышьяка на глубине массового расположения корней (0–40 см) всех реперных участков находилось в 2014 и 2016 гг. ниже уровня ПДК с учетом фона Кларка для черноземных почв (табл. 3).

Таблица 1

Показатели уровня загрязнения почв мышьяком [16]

Уровень загрязнения	1 уровень допустимый	2 уровень низкий	3 уровень средний	4 уровень высокий	5 уровень очень высокий
Содержание As, (мг/кг)	< ПДК	от ПДК до 20	от 20 до 30	от 30 до 50	50 >

Таблица 2

Содержание валовых форм мышьяка в почве реперных участков, на глубине отбора образца 0–5 см (мг/кг)

Сельскохозяйственные предприятия с реперными участками	Год						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
СПК «Береговой» уч. № 1	1,10	1,20	1,98	1,45	2,63	4,10	3,40
СПК «Береговой» уч. № 2	1,30	1,19	0,86	3,13	3,32	4,50	3,90
ООО «Спутник»	1,60	1,26	1,63	2,64	3,07	3,80	1,50
ООО СХП «Новые зори»	0,70	0,53	0,24	2,36	1,41	3,60	3,30
ООО «Юргинское»	1,20	0,63	1,87	3,42	3,36	2,75	4,20
ООО СХО «Заречье» отд. «Новостройка»	2,00	1,23	3,69	3,53	2,93	3,20	2,40
ООО «Селяна»	1,50	1,37	1,57	3,34	2,82	2,60	2,10
ООО «СПК Зеленковский»	0,70	0,85	2,22	2,11	2,23	2,30	3,10
КФХ Хонина В.В.	1,20	1,62	1,82	2,09	3,38	2,30	3,20
КФХ «Правда»	0,85	1,41	1,43	2,42	3,44	3,05	3,60

Пр и м е ч а н и е . ПДК мышьяка в валовых формах с учётом фонового числа Кларка для черноземных почв – 7,6 мг/кг (фон Кларка – 5,6 и ПДК – 2,0 мг/кг) [16].

Таблица 3

Содержание валовых форм мышьяка в почве реперных участков в 2014, 2016 гг. (мг/кг)

Сельскохозяйственные предприятия с реперными участками	Тип почвы	Глубина отбора, см					
		0-5	5-20	20-40	40-60	60-80	80-100
СПК «Береговой» уч. № 1	Чернозем оподзоленный	3,01	3,8	5,01	7,66	8,30	8,62
СПК «Береговой» уч. № 2	Черноземно-луговой оподзоленный	3,61	2,76	3,78	4,71	6,91	6,96
ООО «Спутник»	Чернозем выщелоченный	2,28	2,35	3,30	3,15	6,60	6,61
ООО СХП «Новые зори»	Чернозем выщелоченный	2,35	2,57	3,86	6,38	7,35	6,16
ООО «Юргинское»	Чернозем выщелоченный	3,78	3,81	4,85	6,25	5,73	6,60
ООО СХО «Заречье» отд. Новостройка»	Чернозем выщелоченный	2,66	1,91	3,33	5,50	5,49	6,99
ООО «Селяна»	Чернозем выщелоченный	2,46	1,51	2,75	5,57	8,49	9,29
ООО «СПК Зеленковский»	Чернозем выщелоченный	2,66	2,3	3,50	5,68	8,21	5,79
КФХ Хонина В.В.	Чернозем оподзоленный	3,29	2,21	2,66	5,27	8,34	8,98
КФХ «Правда»	Чернозем выщелоченный	3,52	3,05	5,38	7,67	7,57	7,73

Пр и м е ч а н и е . ПДК мышьяка в валовых формах с учётом фонового числа Кларка для черноземных почв – 7,6 мг/кг (фон Кларка – 5,6 и ПДК – 2,0 мг/кг) [16].

Раннее наступление весны, избыточное увлажнение во второй половине лета 2015 и 2016 гг. спровоцировали вымывание валовых форм мышьяка и аккумуляцию его в нижних горизонтах почвенного профиля. На глубине отбора почвенной пробы ниже 40 см в некоторых вариантах зарегистрирована концентрация, превышающая ПДК. Она соответствовала второму уровню загрязнения (низкому). Содержание мышьяка на всех реперных участках на глубине 60–100 см изменялось от 5,79 до 9,29 мг/кг. Максимальное содержание элемента отмечено в почве, принадлежащей ООО «Селяна» (Кемеровский район) на глубине 60–80 и 80–100 см – 8,49 и 9,29 мг/кг соответственно.

Заключение

Проведенный почвенный мониторинг валовых форм мышьяка на 10 реперных участках в районах Кемеровской области показал нестабильное накопление элемента по глубине в почвенном профиле, территориально и по годам. Наибольшее загрязнение почв мышьяком происходило на площадках, находящихся вблизи источников загрязнения (промышленные объекты, автодороги и т. д.). Осуществляемый контроль за загрязнением почв токсичными элементами является важным мероприятием охраны почв и рационального их использования.

Список литературы

1. Бабошкина С.В. Мышьяк в компонентах окружающей среды Алтая: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / Бабошкина Светлана Вадимовна. – Новосибирск, 2005. – 23 с.
2. Бабошкина С.В. Мышьяк в почвах техногенных ландшафтов Алтая / С.В. Бабошкина, А.В. Пузанов // Ползуновский вестник. Биохимия. – 2005. – № 4. – С. 153–156.
3. Бок Р. Методы разложения в аналитической химии / Р. Бок. – М.: Химия, 1984. – 428 с.
4. Горбов С.Н. Содержание и распределение тяжелых металлов и мышьяка в почвах Ростовской области / С.Н. Горбов, О.С. Безуглова, А.С. Алексикова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 4.; URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21428>.
5. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. Введ. 1984-07-01 // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Межгосударственный стандарт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200012800> (дата обращения: 10.03.2017).
6. ГОСТ Р ИСО 11464-2011. Качество почвы. Подготовка проб к физико-химическим анализам. Введ. 2013-01-01 // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Межгосударственный стандарт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200092639> (дата обращения: 10.03.2017).
7. ГОСТ 17.4.3.03-85 Охрана природы. Почвы. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ. Введ. 1987-01-01 // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Межгосударственный стандарт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200005921> (дата обращения 10.03.2017).
8. ГОСТ 17.4.3.06-86 (СТ СЭВ 5301-85). Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ. Введ. 1987-07-01 // Электронный фонд правовой

и нормативно-технической документации. Межгосударственный стандарт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200012801> (дата обращения 10.03.2017).

9. ГОСТ 17.4.102-83. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. Введ. 1985-01-01 // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Межгосударственный стандарт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200012797> (дата обращения: 10.03.2017).

10. Зырин Н.Г. Химическое определение мышьяка в почве. / Н.Г. Зырин, Г.В. Мотузова // Агрохимия. – 1979. – С. 141–145.

11. Луковникова Е.Г. Экологические нарушения в российских регионах. Действия властей / Е.Г. Луковникова // «Эко-юрист 2009»: материалы практической части всероссийского студенческого конкурса. – ЭПЦ «Беллона», 2009. – С. 194. – Режим доступа: http://bellona.ru/filearchive/fil_REPORT_ECO_N_5.pdf (дата обращения 10.03.2017).

12. Международный промышленный портал ПВ. РФ. – Режим доступа: <http://promvest.info/ru/regionalnyiy-potential/kemerovskaya-oblast-kuzbass/> (дата обращения: 06.03.2017).

13. Методические указания по проведению локального мониторинга на реперных участках. Изд-е 2-е, перераб. и доп. – М.: ЦИНАО, 1996. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200113089>.

14. Окунев Р.В. Мышьяк в почвах Предкамья Республики Татарстан по данным электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии с двухстадийной зондовой автоматизацией: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.13 / Окунев Родион Владимирович. – Казань, 2016. – С. 4, 8–19.

15. Официальная статистика // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Кемеровской области. 1999–2017 г. – Режим доступа: http://kemerovostat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/kemerovostat/ru/statistics/ (дата обращения: 06.03.2017).

16. Письмо Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации № 04-25 и Комитета Российской Федерации по земельным ресурсам и землеустройству № 61-5678 от 27 декабря 1993 года «О порядке определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами» – Режим доступа: <http://www.alppp.ru/law/okruzhayuschaja-sreda-i-prirodnye-resursy/obschie-voprosy/6/pismo-minprirody-rf-04-25-toskomzema-61-5678-ot-27-12-1993.html> (дата обращения 06.03.2017).

17. Поляков А.Д. Проблема охраны почвы санитарно-оздоровительной зоны промпредприятий / А.Д. Поляков, Г.Т. Бузмаков, О.Н. Прохоров // Селекция, ветеринарная генетика и экология: тез. докл. I междунар. науч. конф. – Новосибирск, 2011. – С. 40–45.

18. Руководство по санитарно-химическому исследованию почв (нормативные документы) // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации – М.: ЦИНАО, 1993. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200119846> (дата обращения: 10.03.2017).

19. Сосницкая Т.Н. Экологическое состояние почв г. Свирска Иркутской области: особенности накопления и детоксикации тяжелых металлов: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Сосницкая Татьяна Николаевна. – Иркутск, 2014. – 129 с.

20. Яковченко М.А. Влияние породных отвалов на экологическую ситуацию Кемеровской области / М.А. Яковченко, А.А. Косолапова, О.В. Русакова, Д.Н. Аланкина // Социальная экология как основа экологизации общества: сборник материалов молодежного научного семинара, посвященного 65-летию Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева. – Кемерово, 2014. – Режим доступа: http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/Other/2014/eko/SE_2014/pages/title-1.htm (дата обращения: 07.03.2017).

21. Ghosh M.M. Adsorption of inorganic arsenic and organoarsenicals on hydrous oxides / M.M. Ghosh, J.R. Yuan // Environ. Progress. – 1987. – V. 6. – P. 150–157.

22. Hutton M. Human Health Consequences of Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic: In Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment / M. Hutton; Eds. T.C. Hutchinson, K.M. Meema. – New York: John Wiley and Sons Ltd, 1987. – P. 53–68.

23. Lorenz N. Response of microbial activity and microbial community composition in soils to long-term arsenic and cadmium exposure / N. Lorenz, T. Hintemann, T. Kramarewa, A. Katayama, T. Yasuta, P. Marschner, E. Kandeler // Soil Biology and Biochemistry. – 2006. – V. 38. – P. 1430–1437.