

УДК 504.054:631.4

DOI: 10.25635/2313-1586.2019.02.171

Шепель Ксения Викторовна

студент,
Уральский государственный
горный университет
620144 Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
e-mail: ksena20@yandex.ru

Shepel Ksenia V.

Student,
Ural State Mining University,
620144 Ekaterinburg, 30 Kuibysheva Str.
e-mail: ksena20@yandex.ru

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ В РАЙОНЕ
РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ
ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО
КОМПЛЕКСА УРАЛА****GEOECOLOGICAL ASSESSMENT
OF SOIL POLLUTION IN THE AREA
OF LOCATION OF ENTERPRISES
OF MINING AND METALLURGICAL
COMPLEX OF THE URAL***Аннотация:*

Предприятия горно-металлургического комплекса являются основным источником загрязнения окружающей среды в Свердловской области. Тяжелые металлы, содержащиеся в промышленных выбросах, поступают в атмосферный воздух и в дальнейшем аккумулируются в почве. В результате формируются геохимические аномалии с накопленным загрязнением. Проведен анализ результатов экологического мониторинга почв в зоне функционирования медеплавильных комбинатов Свердловской области в г. Красноуральск и г. Первоуральск для получения количественных характеристик техногенной нагрузки на рассматриваемой территории. Проведена оценка химического загрязнения почв, сделаны выводы о степени опасности загрязнения с опорой на показатель суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами.

Ключевые слова: горно-металлургический комплекс, атмосферные выбросы, загрязнение почв, тяжелые металлы, концентрация

Abstract:

The enterprises of the mining and metallurgical complex are the main source of environmental pollution in the Sverdlovsk region. Heavy metals contained in industrial emissions enter the atmospheric air and subsequently accumulate in the soil. As a result, geochemical anomalies with accumulated pollution are formed. The analysis of the results of ecological monitoring of soils in the zone of operation of Copper Smelters of Sverdlovsk region in Krasnouralsk and Pervouralsk for obtaining the quantitative characteristics of technogenic load in the reviewed territory. The author has assessed the chemical soil pollution and made the conclusions about the degree of pollution hazard based on the indicator of total soil contamination with heavy metals.

Key words: mining and metallurgical complex, atmospheric emissions, soil pollution, heavy metals, concentration

Введение

Свердловская область является старейшим и до настоящего времени одним из важнейших промышленных регионов как Урала, так и России. Здесь добывается 49 млн т железной руды в год (более 10 млн т товарной руды), около 70 % российского боксита, производится 24,4 % уральского, или 10,5 % российского, чугуна, более 3 млн т проката черных металлов, свыше 1/3 всех стальных труб, производимых в России, и почти весь ванадиевый шлак [1, 2]. Помимо экономической эффективности, развитие горнодобывающей и металлургической отраслей в Уральском регионе приводит к серьезным геоэкологическим проблемам, в частности, проблемам рационального использования и восстановления нарушенных земель. Поэтому изучение процессов землепользования при освоении недр в аспекте влияния на окружающую среду актуально с различных позиций [3].

В настоящее время проблема загрязненности земельных ресурсов Уральского региона стоит наиболее остро, что связано с многолетним воздействием предприятий горно-металлургического комплекса (ГМК) на экосистемы рассматриваемой территории. Атмосферные выбросы крупных металлургических предприятий формируют техногенные геохимические аномалии, в эпицентре которых концентрация тяжелых метал-

лов (ТМ) может превышать фоновые значения в несколько раз [3]. Высокая степень загрязненности может привести к нарушению функционирования экосистем, вплоть до ее деградации вблизи предприятия. Высокий уровень загрязнения в районе влияния промышленных предприятий производит не только прямое токсическое воздействие на здоровье человека, но и косвенное, осуществляемое путем миграции тяжелых металлов через трофическую цепь [4].

Важным аспектом в оценке экологического ущерба от деятельности предприятий горно-металлургического комплекса является загрязненность почвенного покрова. Почвенная среда, являясь депонирующей, т. е. средой, в которой происходит аккумуляция веществ, поступающих из техногенных потоков, испытывает значительную нагрузку. Поступающие техногенные вещества формируют потоки, представляющие собой миграционные геохимические системы, каждая из которых является одновременно транспортирующей и вмещающей средой [3]. В результате непрерывного поступления токсикантов промышленного происхождения в почву формируются техногенные геохимические провинции с накопленным многолетним загрязнением. Все это подчеркивает необходимость изучения загрязненности почвенного покрова для принятия мер по снижению токсической нагрузки на земельные ресурсы.

Согласно государственному докладу о защите и об охране окружающей среды [5], наибольшее загрязнение почв тяжелыми металлами производит металлургическая отрасль. В период с 1991 по 2017 г. суммарный показатель загрязнения почв тяжелыми металлами достигал чрезвычайно опасной категории загрязнения вокруг предприятий металлургической отрасли промышленности.

Согласно данным по показателю загрязнения Z_{ϕ} (суммарный показатель загрязнения почв с учетом фона), к опасной категории загрязнения почв тяжелыми металлами относится 1,7 % обследованных за последние десять лет (2008 – 2017 гг.) населенных пунктов, к умеренно опасной – 9,1 % населенных пунктов. Результаты наблюдений с 2008 по 2017 г. свидетельствуют о том, что к опасной категории загрязнения почв металлами относятся почвы УМН-1 г. Свирск Иркутской области (свинец, медь, цинк, кадмий), почвы однокилометровой зоны от ОАО «СУМЗ» в г. Ревда (медь, свинец, кадмий, цинк), почвы городов Кировград (цинк, свинец, медь, кадмий) и Реж (никель, кадмий, хром, кобальт) Свердловской области. То есть 3 из 4 перечисленных населенных пунктов России, почвы которых наиболее загрязнены тяжелыми металлами, приходится на Свердловскую область. Помимо этого, значительная часть городов Свердловской области относится к территориям с умеренно опасной категорией загрязнения (Асбест, Верхняя Пышма, Первоуральск, Ревда, Полевской) [5].

Материалы и методы

В данной работе проведена геоэкологическая оценка загрязненности почв в районах воздействия предприятий ГМК Свердловской области.

В рамках работы над тематикой производился анализ результатов экологического мониторинга сложившихся геотехнических систем (Первоуральск – ОАО «СУМЗ», Красноуральск – ОАО «Святогор») для получения количественных характеристик техногенных компонентов в депонирующих средах.

Показателями, характеризующими загрязнение почвенного покрова, являются концентрация тяжелых металлов, кислотность и суммарный показатель загрязнения.

Для оценки экологического состояния использовался суммарный показатель загрязнения Z_c – коэффициент, нормативно закрепленный в МУ 2.1.7.730–99 [6], являющийся индикатором неблагоприятного воздействия на здоровье населения и широко используемый в качестве интегрального показателя, который отражает общий вклад ТМ в загрязнение почв. Коэффициент концентрации K_c , – показатель, служащий для характеристики и выявления локальных техногенных аномалий, которые характеризуются накоплением загрязнения от источников на урбанизированных территориях [7].

Результаты и обсуждение

Е.С. Воробейчиком и С.Ю. Кайгородовой было проведено исследование концентрации тяжелых металлов в верхних горизонтах почв в районе воздействия Среднеуральского медеплавильного завода в г. Ревда Свердловской области (СУМЗ). Исследования проведены в районе воздействия атмосферных выбросов СУМЗ, расположенного на окраине г. Ревда (в 50 км к западу от Екатеринбурга). Предприятие функционирует с 1940 г., основные ингредиенты выбросов – газообразные соединения серы, фтора и азота, а также пылевые частицы с сорбированными тяжелыми металлами (Cu, Pb, Zn, Cd, Fe, Hg и др.) и металлоидами (As). Предприятие является одним из крупнейших источников промышленного загрязнения в стране [8].

Авторами данного исследования была изучена 23-летняя динамика актуальной кислотности (рН H₂O) и содержания кислоторастворимых форм тяжелых металлов (Cu, Pb, Cd, Zn) в лесной подстилке и в гумусовом горизонте почв в елово-пихтовых лесах на территории, подверженной многолетнему (с 1940 г.) загрязнению атмосферными выбросами СУМЗа. Следует отметить, что исследование проведено на фоне сокращения объемов выбросов с 1980 по 2012 г. [8].

Временной отрезок наблюдений охватывает 23 года. До начала 1990-х выбросы предприятия оставались высокими, а с начала 1990-х по настоящее время существенно сокращались.

Таблица 1

Диапазон содержания тяжелых металлов (мкг/г) в гумусовом горизонте почв в разных зонах нагрузки за период 1989 – 2012 гг. (без учета ошибки)*

Элемент	Зона нагрузки (удаление от завода, км)			
	Фоновая (30 км)	Буферная (7 км)	Импактная (2 км)	Импактная (1 км)
Cu	23,8 – 52,2	169,0 – 424,1	883,3 – 1039,6	1567,8 – 1084,4
Pb	19,4 – 65,9	46,9 – 215,0	128,0 – 317,1	278,0 – 378,7
Cd	0,8 – 1,2	2,3 – 5,7	3,8 – 5,8	5,1 – 4,8
Zn	36,4 – 80,0	100,4 – 257,0	167,2 – 203,2	225,7 – 185,1

* Исследование Воробейчика, 2017

Наблюдается рост концентраций тяжелых металлов во всех зонах, за исключением Cu, Cd и Zn в импактной зоне (1 км) (табл. 1). Следовательно, можно сделать вывод об отсутствии выноса тяжелых металлов из почвы на загрязненных территориях. Возможно, это связано с понижением подвижности тяжелых металлов, с ростом кислотности почв на изучаемой территории (авторами был отмечен рост кислотности), а также с влиянием таких косвенных факторов, как растительный опад, атмосферные осадки и др.

Суммарный показатель загрязнения во всех зонах постепенно увеличивался с 1989 по 2012 г. (только в 1 км от завода из-за Cu он несколько снизился в 2012 г. по сравнению с 1999 г.). В фоновой зоне уровень загрязнения в течение всего периода наблюдений был допустимым, хотя в 2012 г. вплотную приблизился к умеренно опасному. В буферной зоне (7 и 4 км) уровень загрязнения возрос от умеренного в 1989 г. до опасного в 2012 г., в импактной зоне (2 км) – от опасного до чрезвычайно опасного. Непосредственно вблизи завода (1 км), несмотря на некоторое уменьшение в 2012 г., уровень загрязнения во все периоды был чрезвычайно опасным [8]. Таким образом, можно сделать вывод о росте опасности загрязнения земельных ресурсов для человека.

Также был проведен анализ результатов комплексных инженерно-экологических изысканий в районе ОАО «СУМЗ». Для диагностики токсической нагрузки исследуемых

площадей были отобраны почвенные образцы, которые в дальнейшем подвергались химическому анализу в лабораторных условиях. Было оценено содержание тяжелых металлов в верхних почвенных слоях. Участки отбора проб на территории г. Ревда представлены техногенными (насыпными) и элювиальными грунтами. В исследуемом районе преобладают бурые горно-лесные, темно-серые, оподзоленные и глинистые почвы. В значительно меньшей степени в поймах рек – дерново-луговые, лугово-болотные, болотно-лесные, торфяно-болотные почвы (рис. 1).

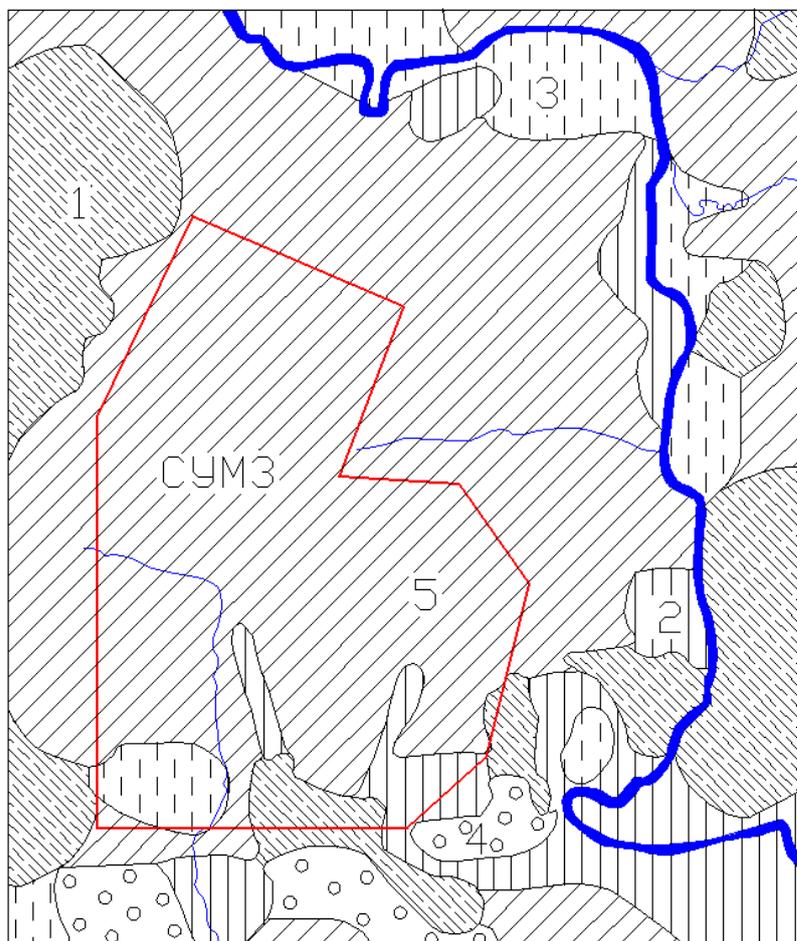


Рис. 1 – Карта типов почв исследуемого района:
1 – лесные подзолистые; 2 – луговые;
3 – лугово-болотные, болотно-лесные, торфяно-болотные;
4 – окультуренные; 5 – техногенные

Отбор проб был произведен на промплощадке предприятия и за границами утвержденной санитарно-защитной зоны (на юг от малосернистого шламохранилища, на север от недействующего шламохранилища и на восток от действующего отвала шлаков металлургического производства).

Грунты в районе исследуемого участка г. Ревда (ОАО «СУМЗ») загрязнены широким комплексом тяжелых металлов при наиболее высоких содержаниях (более 10 ПДК) Cu, Zn, Pb, Sn, As, Bi, Cd и Sb. Анализ распределения тяжелых металлов по глубине показал, что максимальные концентрации загрязняющих веществ приурочены к верхней части разреза в техногенных грунтах до глубины 1,5 м и связаны с наличием в них отходов металлургического производства, а также с пылевыми накоплениями, поступающими аэрогенным путем. Подстилающие элювиальные глинистые образования территории слабо загрязнены ассоциацией тяжелых металлов, в количественном и качественном отношении отличающейся от поверхностных грунтов.

Таким образом, согласно приведенным данным наблюдается увеличение содержания в почве основных загрязняющих веществ (марганца, меди, мышьяка, никеля, кобальта, ртути, свинца, сульфатов, фосфатов, хрома, цинка) относительно фоновой пробы, отобранной вне зоны воздействия промышленных объектов ОАО «СУМЗ» (на расстоянии 20 км от предприятия, в районе расположения горы Волчиха).

В пределах северной части промплощадки наиболее высокие содержания для почв и грунтов характерны для меди. В пробах техногенных грунтов концентрация меди составляет 1 % (> 100 ПДК), концентрация свинца – более 1 % (312,6 ПДК). Отмечено максимальное содержание цинка – 10000 мг/кг (33,3 ПДК), мышьяка – 7000 мг/кг (3500 ПДК), серебра – > 100 мг/кг (200 ПДК), висмута – 1000 мг/кг (500 ПДК), кадмия – 500 мг/кг (250 ПДК) и сурьмы – 900 мг/кг (200 ПДК).

Анализ загрязнения почв показывает, что распространение аэрогенного загрязнения происходит в большей степени в западном, северо-восточном и восточном направлениях (рис. 2, 3). Согласно оценке химического загрязнения почв и грунтов промплощадки ОАО «СУМЗ» по суммарному показателю Z_c , категория загрязнения почв варьируется от чрезвычайно опасной до категории экологического бедствия. Характеристики, полученные в рамках данных исследований, говорят о крайне высокой токсической нагрузке на территорию в районе расположения ОАО «СУМЗ».

Еще одним центром повышенной техногенной нагрузки является г. Красноуральск с градообразующим предприятием ОАО «Святогор». В границах города была проведена оценка загрязненности почв, проанализированы данные химического анализа почв по двум точкам (фоновая и загрязненная) за 4 года (2011 – 2013 гг. включительно). Условно загрязненная точка расположена в черте города, условно фоновая точка расположена в 223 м в западном направлении от поселка Дачный. В пробах были определены содержания подвижных и валовых форм элементов Zn, Cu, Pb, а также содержание SO_4^{2-} и pH. На основании этих данных был рассчитан показатель суммарного загрязнения почв и грунтов (Z_c) (табл. 2).

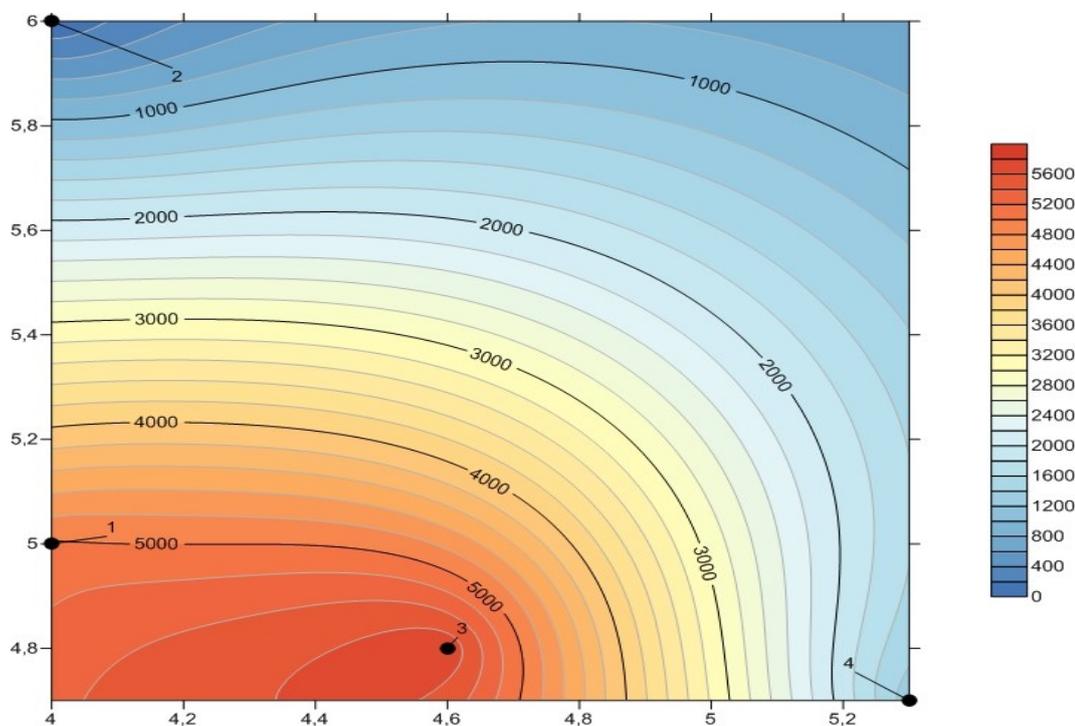


Рис. 2 – Суммарный показатель Z_c загрязнения тяжелыми металлами в районе недействующего хранилища пиритных хвостов и г. Первоуральск

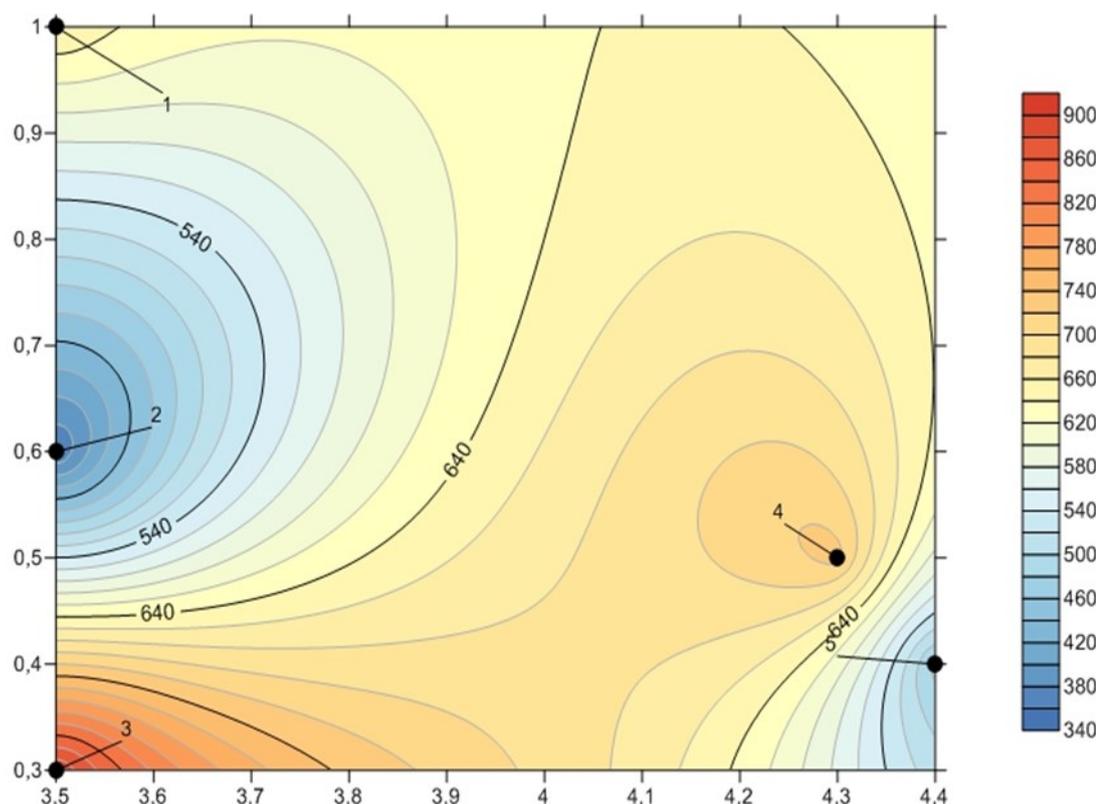


Рис. 3 – Суммарный показатель загрязнения тяжелыми металлами Z_c в районе хвостохранилища

Таблица 2

Суммарное содержание химических элементов в исследуемых почвах

Год	Z_c (кислото-растворимая форма)	Z_c (подвижная форма)
2010	2,05	9,14
2011	2,95	10,80
2012	3,78	9,85
2013	4,21	34,68

Суммарное загрязнение кислоторастворимыми формами ТМ является допустимым. Наибольшее загрязнение наблюдается подвижными формами. С 2010 до 2012 г. оно являлось допустимым, а в 2013 г. – опасным, почвы находятся в состоянии чрезвычайной экологической ситуации. Подвижность тяжелых металлов в некоторых точках может возрасть, т. к. наблюдается переход от слабощелочной к слабокислой реакции [9].

Заключение

Можно констатировать увеличение степени загрязненности почв с годами. Учитывая, что исследования проведены в границах жилой территории, концентрация тяжелых металлов представляет собой опасность для здоровья населения. Нарушение структуры экосистемы в районе функционирования горно-металлургического комплекса происходит за счет постоянного и интенсивного поступления загрязняющих веществ в результате добычи и переработки сырья, миграции поллютантов внутри сложившегося природно-техногенного комплекса.

Подводя итог, можно заключить, что почва, подвергшаяся многолетнему техногенному воздействию, не способна восстановиться без дополнительных природоохранных мероприятий. Даже при сокращении негативного воздействия предприятий ГМК просматривается рост концентрации токсикантов. Значительное влияние оказывают свойства почвы, т. к. именно они способствуют накоплению тяжелых металлов и других загрязняющих элементов, а также их способности к миграции.

Литература

1. Масленников Д.Ю. Развитие металлургического комплекса Свердловской области в современных условиях / Д.Ю. Масленников // Вестник ОГУ – 2010. - № 8(114). – С 154 - 156.
2. Ульрих Д.В. Современное производство меди в России и его экологические издержки / Д.В. Ульрих, С.С. Тимофеева // Техносферная безопасность. XXI век. – 2016. - Т. 1 № 2. - С. 82 - 94.
3. Гревцев Н.В. Геохимические особенности почв в районах функционирования горно-металлургического комплекса / Н.В. Гревцев, Н.Ю. Антонинова, Л.А. Шубина // Известия вузов. Горный журнал. – 2015. - С. 29 - 34.
4. Dudka S., Adriano D.C. Environmental impacts of metal ore mining and processing: a review / S. Dudka, D.C. Adriano // J. Environ. Quality. - 1997. - V. 26. № 3. - P. 590 – 602.
5. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году» // Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. – 2017. – С 195 - 197.
6. МУ 2.1.7.730–99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003852>
7. СанПиН 4266-87. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. - М.: Минздрав СССР, 1987. - 25 с.
8. Воробейчик Е.Л. Многолетняя динамика содержания тяжелых металлов в верхних горизонтах почв в районе воздействия медеплавильного завода в период сокращения объемов его выбросов / Е.Л. Воробейчик, С.Ю. Кайгородова // Почвоведение. – 2017. - № 8. – С. 1009 - 1024.
9. Шепель К.В. Оценка состояния почв на территории г. Красноуральск / Д.А. Фомина, К.В. Шепель // Международная научно-практическая конференция «Уральская горная школа - регионам» (г. Екатеринбург, Россия, 16 - 26 апреля 2017 г.) / УГГУ. – 2017.- С. 558 - 559.