

УДК 502.55

## АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ГРУНТОВ (ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА)

Ростов С. А., студент гр. СПм-191, I курс

Шабанов Е. А., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

В настоящее время вопросы экологии и защиты окружающей среды от вредных воздействий стоят особенно остро, так как очень велика нагрузка на окружающую среду. Особенно тяжело вопросы экологии стоят в регионах с развитой промышленностью и добычей полезных ископаемых. Например в Кемеровской области, где ежегодно добывается более 200 млн. т. угля в год [1], а также расположено множество крупных химических и металлургических заводов, а также обогатительных фабрик, состояние окружающей среды ежегодно ухудшается. В этих условиях губернатором Кузбасса был представлен новый экологический стандарт «Чистый уголь - зеленый Кузбасс». В связи с этим вопросы связанные с экологией весьма актуальны в текущий момент времени, а изучение данных вопросов является актуальной задачей современно России.

Все загрязнения как правило подразделяют на загрязнения воздуха (атмосферы), воды (гидросфера) и грунтов (литосфера) [2]. Наиболее развиты вопросы по загрязнениям гидросферы и атмосферы в связи с тем, что данные загрязнения зачастую очевидны невооруженным взглядом и вызывают сконцентрированное внимание общества. Загрязнения литосферы рассматриваются учеными в меньшей степени, так как вред от данных загрязнений зачастую наступает в достаточно долгий период времени, а мониторинг загрязнения грунтов сложный процесс, требующий больших трудозатрат. В данной статье приведены виды загрязнений, свойства различных загрязнителей и воздействие тех или иных загрязнителей на природу и человека.

Тяжелые металлы (ТМ) вызывают значительную экологическую озабоченность из-за их токсичности и стойкости. Кроме того, накопление тяжелых металлов в почвах представляет серьезную потенциальную угрозу для экосистем. Загрязнение тяжелыми металлами не только ухудшает химические/физические свойства почвы и приводит к потере питательных веществ в почве, но также влияет на почвенные организмы и загрязняет пищевую цепь. Организмы в почве обладают способностью накапливать ТМ и, наконец, представлять угрозу для здоровья человека [3]. Металлы классифицируются как «тяжелые металлы», если в их стандартном состоянии они имеют удельный вес более 5 г/см<sup>3</sup>. Известно шестьдесят тяжелых металлов, такие как свинец, кадмий, цинк, ртуть, никель, марганец, медь и другие [4]. Pb и Cd

являются двумя наиболее распространенными токсичными ТМ. Как несущественный металл, Cd был классифицирован как канцероген для человека, и Cd может проникать в паренхиму головного мозга и нейроны и приводить к неврологическим изменениям. Быстрое развитие индустриализации и растущее применение агрохимикатов приводят к накоплению ТМ в почвах. Высокие концентрации ТМ в почве могут привести к экологическому ущербу и поставить под угрозу здоровье людей и животных.

Природные и антропогенные источники считаются двумя основными источниками ТМ в почвах. Содержание ТМ в почвах является естественным компонентом земной коры и в основном зависит от геологического исходного материала. Между тем, антропогенные источники, такие как промышленная деятельность, методы ведения сельского хозяйства и выхлопные газы автомобилей, также могут увеличивать содержание ТМ. В городских районах ТМ могут происходить из различных источников, таких как промышленная деятельность, добыча полезных ископаемых, плавка, выработка электроэнергии, сжигание ископаемого топлива и удаление отходов. Антропогенный вклад ТМ в почву может вызвать ухудшение почвенной функции и изменить физические/химические свойства почвы, что может создать другие экологические проблемы.

Концентрации тяжелых металлов в почве также связана с рядом местных факторов окружающей среды, включая типы почвы и физико-химические свойства. Многие исследования имеют взаимосвязь между концентрациями тяжелых металлов и свойствами почвы, такими как содержание органических веществ в почве и pH. Оценка свойств почвы и исследования влияния свойств почвы на тяжелые металлы важны для характеристики распределения почвенных ТМ и отслеживания миграции ТМ в почвах. Исследования по распределению тяжелых металлов и оценке экологических рисков помогут принять стратегические решения для организации разумной промышленной и сельскохозяйственной деятельности и предотвращения рисков для здоровья человека и окружающей среды [3].

Активность ТМ в грунтах зависит от растений и pH почвы. Минимальное проникновение ТМ в растения осуществляется при водородном показателе равном 6,5. Тяжёлые металлы вступают в цикл метаболизма организмов, но при этом не подвергаются биологическому и химическому разложению. Тяжелые металлы способны друг с другом вступать в химические реакции, а также с неметаллами. Соединения ТМ подвергаются большинству превращениям: такие как осаждение и растворение; десорбция и адсорбция. С увеличением адсорбции ТМ формируется новая поглощающая поверхность [5].

Кадмий является одним из наиболее токсичных ТМ для большинства организмов. Его концентрация в незагрязненной почве обычно составляет 1 мг/кг. Кадмий вызывает серьезную обеспокоенность в связи с его накоплением в пищевой цепи, питьевой воде и почве. Он имеет исключительно длительный биологический период полураспада (> 20 лет), очень подвижен в почвенно-растительных системах и может также оказывать большое влияние

на правильное функционирование экосистем. Кадмий влияет на многие метаболические активности почвенных бактерий, такие как минерализация азота, минерализация углерода, выработка CO<sub>2</sub> и активность ферментов.

Свинец токсичен при самой низкой концентрации и, естественно, не разлагается, если его не удалить из среды, в которой он обнаружен. Стандартная средняя концентрация Pb в поверхностных почвах во всем мире в среднем составляет 32 мг/кг в диапазоне от 10 до 67 мг/кг. Свинец существует в различных степенях окисления (0, I, II, IV). Ионная форма Pb (II) является наиболее реакционноспособной и наиболее распространенной формой, которая образует моноядерные и многоядерные оксиды и гидроксиды. Эта ионная форма вместе с оксидами и гидроксидами свинца являются формами, которые выделяются в поверхностные воды, грунтовые воды и почву.

Концентрация хрома колеблется от 2 до 60 мг/кг в незагрязненной почве. Он может быть обнаружен в окружающей среде в нескольких формах (с уровнями окисления от -2 до +6) в зависимости от pH и окислительно-восстановительных условий, но Cr (III) и VI являются наиболее стабильными формами с различными химическими и физическими характеристиками, а также биологическими эффектами. Виды хрома (III) менее растворимы и относительно неподвижны в результате их адсорбции на глинах и оксидных минералах ниже pH 5. Шестивалентный хром (Cr (VI)) является наиболее окисленной формой, потенциально опасным веществом из-за его высокой растворимости и подвижности, что позволяет ему проникать в биологические мембранны и загрязнять почву и воду. Такую форму обычно обнаруживают на загрязненных участках.

Мышьяк является одним из наиболее опасных тяжелых металлов из-за его потенциальной токсичности. Наивысший уровень токсичности As наблюдается в неорганических формах As (III) и арсенате As (V).

Уровни никеля в почвах в значительной степени зависят от концентрации материнских пород, и, по оценкам, эта концентрация колеблется от 3 до 100 мг/кг для мировых почв. Он существует в состояниях окисления 0 и +2 и реже в состояниях окисления -1, +1, +3 и +4. Известно, что среди его видов степень окисления +4 является более токсичной и канцерогенной по сравнению с +2 [6].

Было обнаружено, что Hg попадает в грунты вместе с пестицидами, бытовыми отходами и дефектными измерительными приборами. Общий объем неконтролируемых выбросов Hg составляет 4-5000т в год. Максимальная допустимая концентрация Hg в грунтах составляет 2,1 мг/кг. Загрязнение грунтов и растений Pb вдоль дорог достигает расстояния 200м. Максимальная допустимая концентрация Pb в грунтах составляет 32 мг/кг. В районах промышленности концентрация Pb в грунтах в 25-27 раз больше, чем в районах сельского хозяйства. Загрязнение грунтов Cu и Zn в год составляет 35 и 27 кг/км [7].

Кемеровская область в Сибири находится на одном из ведущих мест по объемам промышленности. Серьезной проблемой области является накопление ТМ в грунтах и их миграция. Площадь нарушенных земель более 250 тыс. га. Общие потери земельного фонда примерно 16% от территории региона.

В грунтах “зеленой зоны” предприятий промышленности г. Кемерово содержатся такие токсичные вещества, как Cd (0,3 - 0,88 мг/кг), Ni (21,5 - 28,9 мг/кг) и Zn (71,3 - 76,9 мг/кг) превышает предельно допустимые концентрации в несколько раз.

Грунты санитарно-оздоровительной зоны промышленных предприятий, часто загрязняются зольными веществами. Идет постоянное накопление вредных веществ в грунтах и отравляются грунтовые воды. В грунты вместе с зольными веществами попадают токсичные и канцерогенные вещества в больших объемах. В угольной золе содержится до 70 различных элементов, в том числе с высокой токсичностью (As - 200 г/т, U - 400 г/т, Pb - 200 г/т).

Золото длительное время извлекалось в щелочной среде с помощью цианирования. Большое количество отходов сульфидных минералов складировалось рядом с населенными пунктами и представляли собой насыпи (отвалы). Со временем матрица минералов в отходах распадалась из-за окисления. Токсичные компоненты перешли в окружающую среду под действием ветра, талых и ливневых вод. В результате чего образовались вокруг отвалов с отходами геохимические аномалии.

Незахороненные отходы с содержанием сульфидов при извлечении золота с помощью цианирования - опасны для окружающей среды и человека.

Решением на это возможно уменьшение загрязнения созданием почвенного слоя на поверхности насыпей. Также должна осуществляться экобиоремедиация загрязнённых почв, находящаяся рядом с отходами переработки.

Из литературы, где говорится об исследованиях техногенных компонентов, в которые входят сульфидные минералы, следует, что мигранты в основном выживают при проявлении кислотности среды.

Токсический потенциал содержания сульфидов в отходах на стадии складирования в насыпи содержит технологическую и рудную природу. Вредные технологические реагенты довольно быстро улетучиваются в начале хранения отходов. В числе первых исчезают токсические сжиженные газы, такие как хлор, аммиак. Затем разлагаются цианиды – соли синильной кислоты, использующиеся при извлечении золота путем цианирования руд, содержащих сульфиды. Цианиды считаются токсичными в некоторой степени, т.к. они выделяют ион циана. Освобождение благородного металла, находящегося в руде, (с содержанием до 1 г/т) производится при содержании цианидов в водном растворе 0,01-0,3%. Концентрация водного раствора может быть и больше, если руда сильно взаимодействует. Это объясняется тем, что золото имеет сильное соединение с пиритом (его массовая доля 5%) в виде тонкой плёнки. Также на это влияет наличие ионов серы. Они являются восстановителями, в результате чего замедляется его высвобождение.

Под действием природных факторов (солнечная радиация, окисление кислородом, микробиологические, криогенные процессы) происходит естественная деградация простых и сложных цианистых соединений. В ближайших грунтах цианиды исчезают примерно через два года. Если токсичность проявляется долго время, то это обуславливается присутствием первичных и вторичных сульфидных минералов [8].

Объемы выбросов на территории Кемеровской области сильно отличаются из-за того, что промышленность в регионе развита в разной степени. Загрязняющие вещества также сильно отличаются, так как развита различная промышленность. Основные промышленные производства - это горнодобывающая (в основном угольная), обрабатывающая (в основном черная металлургия), химическая, топливная и другие. В среднем объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, попадающих затем в грунт, составляют 51,05 тыс. тонн в год. Минимальные значения были зафиксированы для Юргинского района – 1,52 тыс. тонн в год. Максимальные выбросы принадлежат Новокузнецку – 379 тыс. тонн в год с установкой на их снижение. За год средний общий объем выбросов составляет 1327,4 тыс. тонн в год со всех районов области. Самые распространенные загрязняющие вещества, попадающие в грунт, фиксируются на уровне, либо выше предельно допустимых концентраций (ПДК) – оксид азота (IV), сажа, диоксид серы, сероводород, оксид углерода, фтористые соединения, аммиак [9]. Для очистки литосферы от загрязнителей используют множество различных способов, но весьма перспективным является способ электрохимической очистки [10-12].

Проанализировав свойства данных загрязняющих веществ, их воздействие на организм человека, а также количество загрязнений данными веществами в Кузбассе можно сделать вывод о том, что тяжелые металлы, а также минеральные вещества находятся в грунтах в Кемеровской области в большом количестве, как правило вокруг действующих предприятий. Максимальные выбросы фиксируются в наиболее развитых промышленных зонах - в г. Новокузнецке. Загрязнения тяжелыми металлами и минеральными веществами очень токсичны для человека, но попадание в организм из литосферы ограничено, то есть как правило в организм человека данные вещества попадают через питание растениями выращенными на загрязненном грунте, либо через воду, которая профильтрована через загрязненный грунт.

Исследование проводилось в рамках гранта МК-1212.2020.5 «Геолого-геофизический мониторинг процессов электрохимической очистки грунтовых оснований сооружений от нефтяных загрязнений».

### **Список литературы:**

1. Клишин В. И. Обоснование оптимальной стратегии и оценки предельных объемов добычи открытых и подземных способами в Кузбассе

- / В. И. Клишин, А. А. Ордин, В. А. Федорин // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № S2. С. 188-195.
2. Шабанов Е. А. Анализ основных источников загрязнения грунтов в Кузбассе / Е. А. Шабанов, М. В. Гуцал // РОССИЯ МОЛОДАЯ Сборник материалов VI всероссийской, 59-й научно-практической конференции молодых ученых с международным участием. 2014. С. 85.
3. Suciu I. Analysis of Soil Heavy Metal Pollution and Pattern in Central Transylvania / I. Suciu, C. Cosma, M. Todică, S. D. Bolboacă, L. Jäntschi // International journal of molecular sciences. – 2008. – #9. – Pp. 434-453.
4. Zhang Q. Distribution and Contamination Assessment of Soil Heavy Metals in the Jiulongjiang River Catchment, Southeast China / Q. Zhang, G. Han, M. Liu, X. Li, L. Wang, B. Liang. // International journal of environmental research and public health. – 2019. – #16. – P. 4674.
5. Скрипко Т. В. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами / Т. В. Скрипко, И. Л. Мальгина // Успехи современного естествознания. – 2019. - №6. – С. 105-110.
6. Fashola M. O. Heavy Metal Pollution from Gold Mines: Environmental Effects and Bacterial Strategies for Resistance / M. O. Fashola, V. M. Ngole-Jeme, O. O. Babalola // International journal of environmental research and public health. – 2016. – #13. – Pp. 1047.
7. Стоцкая Д. Р. Загрязнение почвы тяжелыми металлами и их влияние на здоровье человека / Д. Р. Стоцкая, И. З. Фазылов, К. С. Стоцкий // Международный студенческий научный вестник. – 2019. - №7. – С. 29-31.
8. Артамонова В. С. Биогенное почвообразование на территории длительного хранения насыпных отвалов сульфидсодержащих отходов цианирования / В. С. Артамонова, С. Б. Бортникова // Антропогенная трансформация природной среды. – 2018. - №4. – С. 9-12.
9. Лешуков Т. В. Оценка загрязненности и самоочищающейся способности атмосферы Кемеровской области / Т. В. Лешуков, Ю. В. Лесин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2018. – №6. – С. 20-29.
10. Гуцал М. В., Простов С. М., Шабанов Е.А. К вопросу очистки грунтов от экотоксикантов электрохимическим методом //Материалы Международного экологического форума "Природные ресурсы Сибири и Дальнего Востока - взгляд в будущее". 2013. С. 170-176.
11. Prostov S., Shabanov E. Geological-and-geophysical monitoring of electrochemical cleaning of soil from petroleum pollution // E3S Web of Conferences Electronic edition. 2018.
12. Prostov S., Shabanov E. Diagnostics of oil pollution zones by electro-physical method // E3S Web of Conferences The Second International Innovative Mining Symposium. 2017.