

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ И ИХ ТРАНСФОРМАЦИЯ

Свергузова С.В., доктор технических наук, профессор,

Хунади Л., аспирант,

Воронина Ю.С., аспирант,

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Работа выполнена в рамках реализации Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова с использованием оборудования Центра Высоких Технологий БГТУ им. В.Г. Шухова

Аннотация: обобщены сведения о нахождении тяжелых металлов в окружающей среде. Отмечено, что большинство из них чрезвычайно токсичны даже в остаточных количествах. На основании данных различных литературных источников приведены данные о свойствах тяжелых металлов влиять на физико-химические и биологические межфазные взаимодействия. Показано, что минералы почвы играют важную роль в ускорении абиотических процессов полимеризации и поликонденсации органических соединений. При этом оксиды алюминия, железа и марганца являются наиболее реакционноспособными катализаторами превращения многих органических соединений благодаря их высоким потенциалам окисления, высокой удельной поверхности и реакционной способности поверхности. Тяжелые металлы могут попадать в организм при дыхании. При попадании в организм тяжелые металлы могут вызвать различные повреждения здоровья, включая рак, заболевания печени и почек, аборт, неврологические и визуальные повреждения, негативное влияние на иммунную систему, аллергию, сердечно-сосудистые заболевания и анемию. Важный путь попадания тяжелых металлов в организм – через питьевую воду. Третий путь – через продукты питания с высоким содержанием тяжелых металлов. Очевидна насущная необходимость снижения массы тяжелых металлов, поступающих в окружающую среду, в частности, в водные объекты со сточными водами.

Ключевые слова: тяжелые металлы, распространение, трансформация в окружающей среде, воздействие на человека

HEAVY METALS IN THE ENVIRONMENT AND THEIR TRANSFORMATION

Sverguzova S.V., Doctor of Engineering Sciences (Advanced Doctor), Professor,

Khunadi L., Postgraduate,

Voronina Yu.S., Postgraduate,

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

Abstract: the information about the presence of heavy metals in the environment was summarized. It is noted that most of them are extremely toxic, even in residues. According to the basis from various literary sources, data are presented on the properties of heavy metals to influence physical and chemical and biological interfacial inter-

actions. It is shown that soil minerals play an important role in accelerating the abiotic processes of polymerization and polycondensation of organic compounds. At the same time, oxides of aluminum, iron and manganese are the most reactive catalysts for the conversion of many organic compounds due to their high oxidation potentials, high specific surface area and surface reactivity. Heavy metals can enter the body during breathing. When entering it heavy metals can cause various health damage including cancer, liver and kidney diseases, abortions, neurological and visual damage, a negative effect on the immune system, allergies, cardiovascular diseases and anemia. An important way for heavy metals to enter the body is through drinking water. The third way is through food with a high content of heavy metals. It is obvious that there is the urgent need to reduce the mass of heavy metals entering the environment, in water bodies with sewage in particular.

Keywords: heavy metals, distribution, transformation in the environment, impact on human being

Среди большинства негативных последствий промышленной деятельности человека особое место занимает загрязнение окружающей среды ионами тяжелых металлов [1, 2]. Большинство из них – чрезвычайно токсичны даже в остаточных количествах. Они способны накапливаться и концентрироваться в организме, вызывая при этом патологические отклонения. Металлы способны лишь перераспределяться между природными средами в отличие от органических веществ [3, 4].

К высококонцентрированным тяжелыми металлами сточным водам относят отработанные технологические растворы, образование которых происходит в гальванических и травильных отделениях, эмульсии, моющие растворы и т.п. Гальванические покрытия распространяют свое действие практически на все отрасли промышленности. Ежегодно в процессе промывки изделий после гальвано-химических покрытий из рабочих ванн выносятся не менее 2500 т. меди, 3300 т. цинка, 2400 т никеля и десятки других металлов, щелочей и кислот [5].

Тяжелые металлы имеют двухстороннее значение: с одной стороны, их наличие необходимо для нормального протекания физиологических процессов, катализируют многих реакций; с другой

же стороны, металлы токсичны при высоких концентрациях. Наивысшую опасность для жизни человека и окружающей среды представляют подвижные формы металлов, так как они характерны высокой биологической активностью [6].

Тяжелые металлы обладают способностью ускорять многие органические и не органические реакции. Большинство тяжелых металлов легко соединяются с биомолекулами, образуя комплексные соединения. В живых организмах все основные процессы протекают именно с помощью реакций комплексообразования.

В окружающей среде соединения тяжелых металлов претерпевают различные виды трансформаций.

На трансформацию металлов и металлоидов в окружающей среде влияют физико-химические и биологические межфазные взаимодействия. Влияние этих интерактивных межфазных процессов на превращения металла и металлоида особенно важно в ризосфере и вблизи разложения растительных остатков, где типы и концентрации субстратов отличаются от таковых в основной почве из-за повышенной биологической активности. Эти интенсивные биологические процессы, в свою очередь, влияют на физико-химические реакции.

Оксиды Al и Fe ближнего порядка, особенно наночастицы, являются одними из наиболее реакционноспособных компонентов кислых и нейтральных почв. В дополнение к гуминовым веществам биомолекулы, которые присутствуют в корневых экссудатах, микробных метаболитах и продуктах разложения биологических тканей, играют очень важную роль, влияя на образование и превращение этих оксидов металлов и, как следствие, изменение их поверхностных свойств, относящихся к видообразованию, транспорт, судьба и токсичность металлов и металлоидов в почвенных средах. Как третий наиболее распространенный элемент на поверхности Земли (после O и Si), Al является основным элементом во всех минеральных почвах. Существует всего несколько кристаллических оксидов, гидроксидов или оксигидроксидов Al, и только один, гиббсит, встречается в значительной степени в почвах. Алюминий, однако, также образует ряд высокорекционноспособных растворимых частиц и от слабо кристаллических до некристаллических минеральных коллоидов.

Органические вещества, такие как фульвокислота и гуминовая кислота, а также многие низкомолекулярные органические кислоты, образуют стабильные комплексы с Al и нарушают кристаллизацию гидроксидов Al и, таким образом, способствуют образованию гидроксидов Al с ближним порядком. Органические вещества в значительной степени влияют на свойства поверхности продуктов превращения Al. Например, присутствие органических кислот во время старения Al-гидроксидных гелей в течение 40 дней увеличивает удельную поверхность продуктов осаждения в 30 раз по сравнению с контрольной, а более высокие концентрации кислоты приводят к более вы-

соким удельным поверхностям. Характеристики поверхностного заряда продуктов осадков также резко изменяются. Таким образом, эти продукты ближнего упорядоченного превращения Al должны оказывать существенное влияние на адсорбцию-десорбцию, превращение и динамику металлов и металлоидов в окружающей среде.

Минералы почвы также играют важную роль в ускорении абиотической полимеризации фенольных соединений, поликонденсации фенольных соединений и аминокислот и последующем образовании гуминовых веществ. Среди оксидов и гидроксидов Al, Fe и Mn оксиды Mn являются наиболее реакционноспособными катализаторами превращения фенольных соединений благодаря их высоким потенциалам окисления, высокой удельной поверхности и высокой реакционной способности поверхности [7].

При этом происходят процессы физические (механическое перемешивание, осаждение, адсорбция и десорбция), химические (диссоциация, гидролиз, комплексообразование, окислительно-восстановительные реакции), биологические (поглощение живыми организмами, разрушение и превращение с участием ферментов и метаболитов), геологические (захоронение в донных осадках и породообразование) [8].

Тяжелые металлы могут попадать в организмы при дыхании естественными и антропогенными выбросами. Тяжелые металлы могут быть летучими (в основном Hg) или в виде частиц. Эти вещества выбрасываются в атмосферу порядка нескольких тысяч тонн в год. Вдыхание металлических загрязняющих веществ через пыль является одной из самых серьезных проблем для людей, работающих на промышленных рабочих местах. Проблемы со здоровьем, такие как болезнь «чер-

ного легкого», силикоз и лучевая болезнь, были выявлены на ранней стадии. Они могут вызывать различные повреждения здоровья, включая рак, заболевания печени и почек, аборт, неврологические и визуальные повреждения, негативное влияние на иммунную систему, аллергию, сердечно-сосудистую токсичность и анемию.

Второй путь проникновения в организмы – через питьевую воду, загрязненную тяжелыми металлами, которая может поступать в организм через питье или косвенно, используя эту воду для приготовления пищи и орошения. Эти загрязнения могут быть как природного, так и антропогенного происхождения. Следует помнить, что на сегодняшний день более трети населения мира не имеет доступа к чистой воде для приготовления пищи, питья, личной гигиены и санитарии, что особенно опасно для младенцев и детей. Загрязненная питьевая вода является одной из основных опасностей в Западной Индии и Бангладеш, где более 20 миллионов из 120 миллионов человек, живущих в этой стране, страдают от мышьякоза.

Третий прямой путь – через продукты с высоким содержанием природных или биоаккумуляированных тяжелых металлов. Одним из основных путей вхождения в пищевую цепочку является поглощение растений. Если в почвах содержится высокое содержание природных металлов, в них вносятся металлоосодержащие шламы или они орошаются водой, загрязненной металлами, то некоторые растения чрезмерно накапливают эти металлы, что приводит к загрязнению пищевых

культур и кормов для животных. Затем тяжелые металлы передаются через более высокие трофические уровни людям. Доступ отдельного тяжелого металла к пищевой сети определяется тем, как металл связан с почвой, почвенной фазой, с которой он связан, и его химической формой.

Загрязнители могут присутствовать в почвах в виде частиц, жидких пленок, поглощенных ионов, адсорбированных ионов и жидких фаз в порах. Было идентифицировано пять твердых фаз, из которых тяжелые металлы (то есть Mo, Zn, Cd, Cu, Pb, Ni и Cr) могут проникать в пищевую сеть. Это легко растворимые фазы, обменные центры, окси / гидроксиды Fe и Mn, органическое вещество и остаточные фазы. Хотя металлы из первых четырех фаз легко высвобождаются, это не факт, что металлы связаны с остаточной фазой для большинства условий окружающей среды. Каждый из изученных металлов уникален тем, как он связан с различными фазами. Например, хром может быть обнаружен в основном в остаточной фазе, а в легко растворимой фазе всего 2%. С другой стороны, более 20% кадмия доступно из легко растворимых и обменных фаз [9-15].

Приведенные данные свидетельствуют о насущной необходимости снижения негативного антропогенного влияния на окружающую среду. Одним из возможных путей снижения массы тяжелых металлов, поступающих в водные объекты, является глубокая очистка сточных вод промышленных предприятий, содержащих ионы тяжелых металлов.

Литература

1. Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды // Астраханский вестник экологического образования. 2013. №1 (23). С. 182 – 192.
2. Чикенева И.В. Последствия влияния тяжелых металлов на окружающую среду в зоне воздействия промышленных предприятий // Концепт. 2013. №12.
3. Барышников И.И. Тяжелые металлы в окружающей среде – проблема экологической токсикологии // Экологическая химия. 1997. №6. С.102 – 105.
4. Белоногова Ю.В. Экологические последствия влияния тяжелых металлов на гидробионтов: автореф. дис. ... канд.биол.наук. Волгоград. 1999. 22 с.
5. Илялетдинов, А.Н. Микробиология превращения металлов. А-Ата.: Наука.1982. 268 с.
6. Ильин В.И., Губин А.Ф. Минимизация негативного воздействия гальванического производства на окружающую среду // Астраханский вестник экологического образования. 2014. №3 (29). С. 55 – 60.
7. Долина Л.Ф. Современная техника и технологии для очистки сточных вод от солей тяжелых металлов. Днепропетровск: Континент, 2008. 254 с.
8. Biophysico-chemical processes of heavy metals and metalloids in soil environments / Antonio Violante, Pan Ming Huang, Geoffrey Michael Gadd. A John Wiley & Sons, Inc., publication. 2008. 631 p.
9. Шилова Н.А. Влияние тяжелых металлов на представителей пресноводного фито- и зоопланктона в условиях засоления: дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2014. 126 с.
10. Bradl H.V. Heavy Metals in the Environment. 2005 Elsevier Ltd. 263 p.
11. Свергузова С.В., Малахатка Ю.Н., Шамшуров А.В. Извлечение ионов цинка из растворов пылью производства строительных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №3. С. 175 – 177.
12. Свергузова С.В., Мальованый М.С., Сакалова Г.В. Эффективность очистки сточных вод гальванического производства адсорбционным методом // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №4. С. 153 – 156.
13. Свергузова С.В., Степанова С.В., Шайхиев И.Г. Очистка модельных стоков, содержащих ионы тяжелых металлов, шелухой пшеницы // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №6. С. 183 – 186.
14. Брусницына Л.А., Мурзин С.М. Извлечение тяжелых цветных металлов из промышленных стоков и их утилизация из технологических растворов // Техносферная безопасность. 2016. №3. 5 с.
15. Сорбция ионов тяжёлых металлов из воды активированными углеродными сорбентами / А.Р. Гимаева, Э.Р. Валинурова, Д.К. Игдавлетова, Ф.Х. Кудашева // Сорбционные и хроматографические процессы. 2011. Т. 11. №3. С. 350 – 356.

References

1. Teplaya G.A. Tyazhelye metally kak faktor zagryazneniya okruzhayushchej sredy // Astrahanskij vestnik ekologicheskogo obrazovaniya. 2013. №1 (23). S. 182 – 192.
2. CHikeneva I.V. Posledstviya vliyaniya tyazhelyh metallov na okruzhayushchuyu sredu v zone vozdejstviya promyshlennyh predpriyatij // Koncept. 2013. №12.

3. Baryshnikov I.I. Tyazhelye metally v okruzhayushchej srede – problema ekologicheskoy toksikologii // Ekologicheskaya himiya. 1997. №6. S.102 – 105.
4. Belonogova YU.V. Ekologicheskie posledstviya vliyaniya tyazhelyh metallov na gidrobiontov: avtoref. dis. ... kand.biol.nauk. Volgograd. 1999. 22 s.
5. Ilyaletdinov, A.N. Mikrobiologiya prevrashcheniya metallov. A-Ata.: Nauka.1982. 268 s.
6. Il'in V.I., Gubin A.F. Minimizaciya negativnogo vozdejstviya gal'vanicheskogo proizvodstva na okruzhayushchuyu sredu // Astrahanskij vestnik ekologicheskogo obrazovaniya. 2014. №3 (29). S. 55 – 60.
7. Dolina L.F. Sovremennaya tekhnika i tekhnologii dlya ochistki stochnyh vod ot solej tyazhelyh metallov. Dnepropetrovsk: Kontinent, 2008. 254 s.
8. Biophysico-chemical processes of heavy metals and metalloids in soil environments / Antonio Violante, Pan Ming Huang, Geoffrey Michael Gadd. A John Wiley & Sons, Inc., publication. 2008. 631 r.
9. SHilova N.A. Vliyanie tyazhelyh metallov na predstavitelej presnovodnogo fito- i zooplanktona v usloviyah zasoleniya: dis. ... kand. biol. nauk. Saratov, 2014. 126 s.
10. Bradl H.B. Heavy Metals in the Environment. 2005 Elsevier Ltd. 263 r.
11. Sverguzova S.V., Malahatka YU.N., SHamshurov A.V. Izvlechenie ionov cinka iz rastvorov pyl'yu proizvodstva stroitel'nyh materialov // Vestnik BGTU im. V.G. SHuhova. 2012. №3. S. 175 – 177.
12. Sverguzova S.V., Mal'ovanyj M.S., Sakalova G.V. Effektivnost' ochistki stochnyh vod gal'vanicheskogo proizvodstva adsorbcionnym metodom // Vestnik BGTU im. V.G. SHuhova. 2014. №4. S. 153 – 156.
13. Sverguzova S.V., Stepanova S.V., SHajhiev I.G. Ochistka model'nyh stokov, sodержashchih iony tyazhelyh metallov, sheluhov pshenicy // Vestnik BGTU im. V.G. SHuhova. 2014. №6. S. 183 – 186.
14. Brusnicyna L.A., Murzin S.M. Izvlechenie tyazhelyh cvetnyh metallov iz promyshlennyh stokov i ih utilizaciya iz tekhnologicheskikh rastvorov // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2016. №3. 5 s.
15. Sorbcija ionov tyazhyolyh metallov iz vody aktivirovannymi uglerodnymi sorbentami / A.R. Gimaeva, E.R. Valinurova, D.K. Igdavletova, F.H. Kudasheva // Sorbcionnye i hromatograficheskie processy. 2011. T. 11. №3. S. 350 – 356.