UDK 502.55; 543.42 DOI: 10.56292/SJFSU/vol29_iss3/a200

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДЕ И ТОКСИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗМА

METHODS OF THE DETERMINATION OF HEAVY METALS IN WATER AND THE TOXIC EFFECT OF HEAVY METALS ON THE LIFE

SUVDAGI OG‘IR METALLARNI ANIQLASH USULLARI VA OG‘IR METALLARNING ORGANIZM HAYOTIY FAOLIYATIGA ZAHARLI TA’SIRI

Жумаева Элеонора Шухратовна[1], Рузметов Учкун Уринбоевич[2], Сманова Зулайхо Асаналиевна[3]

[1]Жумаева Элеонора Шухратовна – Докторант кафедры аналитической химии, Национального университета Узбекистана им. М.Улугбека

[2]Рузметов Учкун Уринбоевич – PhD, доц., Национальный университет им. Мирза Улугбека,

[3]Сманова Зулайхо Асаналиевна – д.х.н, проф., Национальный университет им.Мирза Улугбека.

Аннотация

Охрана окружающей среды, очистка питьевых и подземных вод, сточных вод промышленных предприятий и сельскохозяйственной промышленности, переработка отходов, разработка современных методов определения тяжелых и токсических металлов являются актуальными задачами, требующих решений. В данной статье приведен обзор предоставленных литературы по содержанию тяжелых металлов в сточных водах и отходах. Просмотрены токсикологические свойства тяжелых металлов – меди, цинка, железа, приведены данные об их влиянии на живые организмы. Также приведен обзор научных исследований, содержащих в себе современные методы анализа определения тяжелых и токсических металлов, таких как медь (II), цинк (II), железо (III), ртуть (II), свинец (II, IV), никель (II), кадмий (II), кобальт (II), марганца (II) в воде. Обосновано применение несколько методов анализа определения тяжелых металлов в воде, даёт возможность проведение экспрессного, высокочувствительного, селективного анализа.

Annotatsiya

Atrof-muhitni muhofaza qilish, ichimlik, yer osti suvlari, sanoat korxonalari va qishloq xo‘jaligi sanoatining chiqindi suvlarini tozalash, chiqindilarni qayta ishlash, og‘ir va zaharli metall ionlarini aniqlashning zamonaviy usullarini ishlab chiqish yechimlarni talab qiladigan dolzarb vazifalardan bo‘lib qolmoqda. Ushbu maqolada chiqindi suv va chiqindilar tarkibidagi og‘ir metallar va ularning xossalarini yorituvchi adabiyotlar haqida umumiy ma’lumot berilgan. Og‘ir metallar – mis, rux, temirning toksikologik xususiyatlari ko‘rib chiqilib, ularning tirik organizmlarga ta’siri haqida ma’lumotlar keltirilgan. Shuningdek, suvda mis (II), rux (II), temir (II), simob (II), qo‘rg‘oshin (II), nikel (II), kadmiy (II), kobalt (II), marganets (II) kabi og‘ir va zaharli metall ionlarini aniqlashning zamonaviy tahlil usullarini o‘z ichiga olgan ilmiy tadqiqotlar haqida umumiy ma’lumot mavjud. Suvda og‘ir metallarni aniqlash uchun bir necha tahlil usullaridan foydalanish ekspress, yuqori sezgir, tanlab ta’sir etuvchi tahlil qilish imkonini berishi asoslab berilgan.

Abstract

Environmental protection, purification of drinking, underground, waste water of industrial enterprises and agricultural industry, waste processing, development of modern methods for the determination of heavy metals are urgent tasks that require solutions. This article provides an overview of the literature provided on the content of heavy metals in wastewater and waste. The toxicological properties of heavy metals – copper, zinc, iron — are reviewed, and data on their effect on living organisms are presented. There is also an overview of scientific studies containing modern methods of analysis for the determination of heavy metals, such as copper (II), zinc (II), iron (II), mercury (II), lead (II), nickel (II), cadmium (II), cobalt (II), manganese (II) in water. It is proved that the use of several methods of analysis for the determination of heavy metals in water makes it possible to conduct express, highly sensitive, selective analysis.

Ключевые слова: *ионы тяжелых и токсических металлов, цинк, железо, медь, загрязнители, сточные воды, отходы, токсическое свойство, атомно-абсорбционная спектроскопия, метод сорбционно-атомно-абсорбционного определения.*

Key words: *the ions of heavy and toxic metals, zinc, iron, copper, pollutants, wastewater, waste, toxic property, atomic absorption spectroscopy, sorption-atomic absorption determination.*

Kalit so‘zlar: *og‘ir va zaharli metall ionlari, rux, temir, mis, ifloslantiruvchi moddalar, oqava suvlar, chiqindilar, zaharli xususiyat, atom absorbsion spektroskopiyasi, sorbsion-atom absorbsion aniqlash usuli.*

Водные ресурсы проявляют себя как основным фактором поддержания стабильного природного равновесия естественных экосистем и социально-экономического развития. Одной из острых экологических проблем является чистка сточных вод от различных загрязнителей, в том числе от тяжелых и токсичных металлов. Очистка сточных вод и отходов, разработка новых методов анализа определения тяжелых и токсичных металлов из сточных вод являются одной из косвенных решений уменьшения токсического влияния тяжелых металлов на живые организмы и охраны окружающей среды.

В данной статье приведены данные литературы содержащие данные о токсическом влиянии тяжелых и токсичных металлов, таких как медь (II), цинк (II), железо (II) на живые организмы, а также изучены современные методы анализа для определения тяжелых и токсичных металлов в сточных водах.

Металлы, преимущественно с переменной валентностью, подвергаются в организме восстановлению и окислению. Распределение металлов по органам и тканям в известной мере определяется физико – химическими свойствами, образующихся в крови соединений. Крупные коллоидные частицы захватываются ретикулоэндотелиальной системой печени, селезёнки, почек, костного мозга, где они временно задерживаются. Несравненно более прочным депо является скелетная система, где, как правило, откладываются металлы, поступающие преимущественно в виде хорошо растворимых соединений [1].

Соединения тяжёлых металлов, избирательно токсичны в основном для специфического эпителия почек, печени, кишечника, эритроцитов и нервных клеток, где наблюдается повышенная концентрация этих веществ. Соединения этих металлов могут поступать в организм пероральным, ингаляционным путём, через кожу и слизистые оболочки, при парентеральном введении [2].

Так, накопление тяжёлых металлов в почве, воде, растениях у человека вызывает специфические токсикозы, мутагенные эффекты. Результатом такого нарушения в обычных (неполовых) клетках может стать разбалансированность регуляции их деления, в итоге – злокачественные заболевания. Их влияние на клетки зародышевого пути и на половые клетки может привести к мутациям и рождению наследственно больных детей (умственно неполноценных). Возможны также вырождение периферических нервов, пневмосклероз, цирроз печени, слепота.

Влияние избытка тяжёлых металлов на растения может быть, как прямым, так и косвенным. Прямое влияние связано с непосредственным накоплением металлов растениями, косвенное – с негативным воздействием тяжёлых металлов на состав и свойства почвы и на её плодородие. Изучение реакции растений на загрязнение среды тяжёлыми металлами является одной из задач экологического мониторинга окружающей среды [3].

Цинк. Суточная потребность цинка – от 12 до 50 мг. Основные причины дефицита цинка: недостаток белков, алкоголизм и наркомания, заболевания почек, дисбактериоз кишечника, псориаз, избыток некоторых тяжелых металлов (например, меди, кадмия, свинца, ртути), некоторые онкологические заболевания, стрессовые состояния. Органы и последствия дефицита в них: кожа (дерматит, экзема, фурункулез, угревая сыпь, трофические язвы); волосы (выпадение, медленный рост); слизистые (язвы, стоматит); центральная нервная система (задержка развития у детей, снижение аппетита, депрессия); поджелудочная железа (недостаток инсулина); гипофиз (нарушение полового созревания у мальчиков); простата (снижение потенции, бесплодие); сердечно-сосудистая система (повышенное количество холестерина). Индикаторы: волосы, цельная кровь, сыворотка [4].

Цинк в виде двухвалентного элемента входит в состав свыше 20 ферментов, включая участвующие в обмене нуклеиновых кислот. В крови он присутствует в эритроцитах как кофактор в карбоангидразе. Избыток цинка может разбалансировать метаболические равновесия других металлов. Разбалансировка отношения цинк/медь является главным причинным фактором в развитии ишемической болезни сердца. Избыточное потребление солей цинка может приводить к острым кишечным отравлениям с тошнотой. В общем, цинк не очень опасен, а возможность отравления, вероятнее всего зависит от совместного присутствия токсичного кадмия [5].

Симптомы дефицита наблюдается в случае, если цинка слишком мало для того, чтобы поддерживать нормальные ферментативные функции. У растений концентрации цинка в тканях менее 10-20 мг/кг считаются недостаточными. Токсические эффекты цинка в основном могут быть описаны как замещение других металлов в ферментах ионами цинка или в связи с высоким сродством ионов цинка по отношению к – SH (тиол) и – NH (имин) связям в молекулах. Такая замена или связывание могут вызвать недостаточность ферментативных функций.

Многие организмы могут до некоторой степени адаптироваться к повышенным концентрациям цинка в почве, и у них могут вырабатываться детоксикационные механизмы [6].

Под действием цинка наблюдается снижение количества кальция в костях и крови, нарушается обмен фосфора; воздействие хлорида цинка на организм проявляется в повреждении нуклеолярного аппарата клеток костного мозга по типу снижения транскрипционной активности в прямой зависимости от 30 времени воздействия ксенобиотика. Токсическая доза цинка для человека (при хроническом поступлении) – 150-600 мг, летальная доза – 6 г на всю массу тела [7].

По исследованиям [8] Остро и др. было продемонстрировано последовательная связь между нитратами, калием, железом, кремнием и цинком и риском смертности среди учителей-женщин в Калифорнии в 2002–2007 годах, Занобетти и др. обнаружили, что только никель, мышьяк, хром, бромид и органический углерод были связаны с увеличением числа госпитализаций в 26 городских районах США в 2000–2003 гг. среди 10 металлов, включая цинк, и 8 других химических соединений.

Медь является необходимым кофактором для нескольких важнейших ферментов. В норме существует система, препятствующая непрерывному накоплению меди в тканях путем ограничения ее абсорбции или стимуляции ее выведения. Хронический избыток меди в тканях при соответствующих заболеваниях вызывают токсикоз: ведет к остановке роста, гемолизу, снижению содержания гемоглобина, к деградации тканей печени, почек, мозга. [9].

Хотя медь является незаменимой для большинства живущих видов, она может быть высокотоксичной. Для многих видов существует «окно незаменимости» — оптимальный диапазон концентраций, при которых организм может выживать. Концентрации меньше оптимальной могут вызывать симптомы недостаточности, а превышающие концентрации – токсические эффекты.

При избытке меди происходит ее аккумуляция в печени с последующим внезапным разрушением эритроцитов и резким повышением концентрации билирубина; превышение свободной меди угнетает активность окислительных ферментов, что приводит к гибели клеток; может приводить к функциональным расстройствам ЦНС (ухудшение памяти, депрессия, бессонница) [5-6].

При высоких уровнях содержания медь обладает широким спектром токсического действия с многообразными клиническими проявлениями. Решающую роль в механизме токсического действия меди играет способность ее ионов блокировать -SH –группы белков, в особенности ферментов. Острая интоксикация ионами меди сопровождается выраженным гемолизом эритроцитов. Интоксикация соединений меди могут сопутствовать аутоиммунные реакции и нарушение метаболизма [10].

Избыток меди (II) вызывает нарушения работы мозга, печени, вестибулярного аппарата, приводит к недостатку цинка в организме, а при очень больших содержаниях — к летальному исходу [11].

Железо. Избыток железа в воде вносит свой вклад в развитие многих заболеваний. Этот элемент способен накапливаться до токсической концентрации в органах и тканях, включая суставы, печень, эндокринные железы и сердце. Железо может создавать питательную среду для роста вредных микроорганизмов и клеток злокачественных опухолей, а также дополнительно стимулировать канцерогенное действие свободных радикалов. Если общее содержание железа в организме превышает 15 г, то поражаются внутренние органы. Такое состояние называется гемохроматозом. Железо стимулирует

окисление «плохого» холестерина, что обусловливает прогрессирование атеросклероза, и вторично – ишемической болезни сердца.

Относительно большие дозы железа подавляют всасывание других микроэлементов в тонкой кишке (Cu, Mn и др.) и могут оказывать неблагоприятный эффект на здоровье. Главной причиной повышенного выделения этих микроэлементов из организма при высоком уровне железа в пище является наличие конкуренции между данными металлами за трансферрин – белок, транспортирующий металлы от слизистой оболочки кишечника в органы и ткани организма, причем предпочтение отдается иону железа, который обладает более высоким сродством к трансферрину [11-12].

Новые данные показывают, что перегрузка миокарда железом в результате вдыхания переносимых по воздуху наночастиц, богатых металлами, является вероятным и поддающимся изменению фактором риска окружающей среды для сердечного окислительного стресса и сердечно-сосудистых заболеваний в международном масштабе [13].

Суточная потребность железа – 10–20 мг для мужчин, 20–30 мг для женщин. Избыток железа оказывает токсическое действие на работу печени, селезенки, головного мозга, усиливает различные воспалительные процессы, приводит к дефициту меди и цинка. Основные причины дефицита: неправильное питание; дефицит витамина С; кровотечения (геморрой, язва, месячные); нарушение функции щитовидной железы; Опухоли, инфекции, ревматизм; беременность; донорство; физические нагрузки. Органы и последствия в них: система кровообращения (анемия), иммунная система (увеличение частоты простудных заболеваний), центральная нервная система (головокружение, снижение памяти, нарушение концентрации внимания), сердце (нарушение обменных процессов), мышцы (слабость снижение выносливости). Индикаторы: кровь, волосы [4].

В таблице 1 представлены ответные реакции организма животных и человека на недостаток и избыток химических элементов.

Изучение токсических свойств тяжелых металлов на живые организмы способствует требование решению задач, которой является определение источников загрязнения окружающей среды, экологический мониторинг объектов, очистка, переработка и утилизация источников, таких как промышленные отходы, сточные воды и т.д. Нами изучены различные литературы содержащие данные о новых современных методов определения тяжелых металлов в сточных водах. Применение несколько методов анализа определения тяжелых металлов совместно имеет несколько преимуществ, к примеру можно привести экспрессность проведения анализа, повышение чувствительности, селективность и т.д.

Методы анализа определения тяжелых и токсичных металлов:

В работе [14] определены условия концентрирования меди, цинка, кадмия и свинца из водных растворов с использованием глинистого минерала, модифицированного родамином В. Установлено, что колориметрические характеристики окрашенных комплексов Cu^{2+}, Zn^{2+}, Cd^{2+} и Pb^{2+} с родамином В, иммобилизованных на монтмориллонит содержащей глине, зависят от pH и концентрации тяжелых металлов в водной фазе. На основе полученных зависимостей была разработана высокочувствительная методика определения содержания меди, цинка, кадмия и свинца в питьевой воде методом спектроскопии диффузного отражения. Оценочные метрологические характеристики предлагаемых методов: относительное стандартное отклонение (Sr) анализа проб воды составило 0,01-0,08; предел обнаружения и диапазон линейности определения тяжелых металлов в питьевой воде составили (мкг/л): Cu^{2+} – 0,6; 1,8-100; Zn^{2+} – 1,6; 4,8-100; Cd^{2+} – 0,5; 1,5-100; Pb^{2+} – 5,0; 15-600 соответственно.

Для сорбционного разделения и определения Fe(III) и Fe(II) предложен кремнезем, последовательно модифицированный полигексаметилен-гуанидином (ПГМГ) и пирокатехин-3,5-дисульфокислотой (тайрон) (сорбент SiO_2–ПГМГ–тайрон). Предложены методики разделения Fe(III) и Fe(II) и их последующего атомно-эмиссионного с индуктивно связанной плазмой (*AES-ISP*) определения в десорбирующих растворах с использованием одноколоночного и двухколоночного варианта. Разработанная методика апробирована при определении Fe(II) и Fe(III) в природных скваженных водах [15].

Разработана чувствительная методика определения следовых количеств Cu(II) в различных образцах после колоночного концентрирования путем адсорбции на пылевидном амберлите XAD-4, загруженном N-бензоилфенилгидроксиламином (BPHA). Несколько экспериментальных условий, таких как размер XAD-4, скорость потока адсорбции, pH раствора образца и т. д., были оптимизированы. Динамический диапазон, коэффициент корреляции (R2) и предел обнаружения, полученные по предложенной методике, составили 1,0-60 нг/мл, 0,9953 и 0,83 нг/мл соответственно. Эти измеренные данные не отличались от данных ICP-MS при доверительном уровне 95%. По результатам эксперимента установлено, что предложенная методика может быть применена для определения Cu(II) в различных реальных образцах [16].

Новая хелатирующая смола, 1-(2-пиридилазо)-2-нафтол (ПАН), нанесенная на амберлит XAD-1180 (AXAD-1180), была приготовлена и использована для концентрирования Cd(II), Mn(II), Ni (II), Pb(II) и Zn(II) до их определения методом пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии (ПААС). Оптимальным pH для одновременного удерживания элементов и лучшим элюентом для их одновременного элюирования были pH 9,5 и 3 M HNO_3 соответственно. Сорбционная емкость смолы составила 5,3 мг/г по Cd и 3,7 мг/г по Ni. Пределы обнаружения Cd(II), Mn(II), Ni(II), Pb(II) и Zn(II) составили 0,7, 10, 3,1, 29 и 0,8 мкг/л соответственно. Исследовано влияние мешающих ионов на количественную сорбцию ионов металлов. Коэффициенты концентрирования метода находились в пределах 10-30. Полученные извлечения были количественными (>95%). Стандартный эталонный материал (образец чая GBW07605) был проанализирован на точность описанного метода. Предложенный метод был успешно применен для анализа различных проб воды, карбамидных удобрений и чая [17].

Исследованы физико-химические и аналитические свойства ряда новых полимерных хелатных сорбентов, синтезированных на основе полистирола и органических реагентов, и их комплексов с медью, железом и цинком. Установлены оптимальные условия индивидуального и группового избирательного концентрирования ионов исследуемых элементов из модельных смесей, реальных природных и питьевых вод с последующим атомно-абсорбционным определением. Практическая ценность работы связана с тем, что проведенные исследования позволили разработать новые надежные и эффективные способы группового концентрирования и выделения микроколичеств меди, железа и цинка новыми сорбентами из природных и питьевых вод [18].

Приведены данные о сорбционных свойствах сорбента на основе высокоосновного анионита, модифицированного диазопроизводным хромотроповой кислоты по отношению к ионам меди (II), цинка (II) и кадмия (II). Разработанная методика сорбционно-атомно-абсорбционного определения элементов использована при анализе водопроводной и природных вод [19].

Предложен высокочувствительный метод определения содержания ионов меди(II) посредством формирования устойчивого комплекса в ходе реакции их взаимодействия с 4-(2′-бензотиазолилазо-) салициловой кислотой (BTAS) при комнатной температуре и pH ≈ 5.0. Максимум поглощения комплекса приходится на λ = 485 нм при молярном коэффициенте поглощения 2.35 104 л/(моль·см). Линейный диапазон определения содержания меди 0.63-5.04 мг/л. Метод позволяет находить содержание ионов меди в различных биологических объектах, например в лекарственных препаратах и пробах воды [20].

Предложена методика определения элементов Hg, Cd, Pb, Zn, Cu в пресной воде, основанная на предварительном концентрировании этих металлов в виде комплексов с использованием поли-3-пиридил-5-тиоксо-4-аллил-4,5-дигидро-1H-1,2,3-триазол-1-карбодитионовой кислоты с последующим измерением атомной адсорбции. Пределы обнаружения металлов составляют 5, 8, 20, 5 и 20 нг/дм^3 соответственно. [21].

Сообщалось о чувствительном и простом методе одновременного предварительного концентрирования питательно важных минералов в реальных образцах. Способ основан на образовании металлокомплексов 4,6-дигидрокси-2-меркаптопиримидином (DHMP), нанесенным на активированный уголь. Содержание металлов в комплексах затем элюируют с использованием 5 мл 2M HNO_3 в ацетоне, которые детектируются AAS на резонансной

линии. В рамках этой процедуры такие минералы, как Cu, Ni, Pb и Co, могут быть проанализированы за один проход путем одновременного их разделения и количественного определения. Низкие пределы обнаружения этих элементов в этом методе делают его превосходной альтернативой UV–vis и в ряде применений также является альтернативой методам ICP-MS [22].

Исследована возможность иммобилизации фенилфлуорона на различных сорбентах. Изучены аналитические свойства фенилфлуорона, иммобилизованного на ППМ-1. Система фенилфлуорон – ППМ-1 предложена в качестве чувствительного слоя оптического датчика для количественного определения ванадия (V) в проточном режиме в пищевых продуктах. Разработанная методика характеризуется точностью и воспроизводимостью. Sr не превышает 0.09. предел обнаружения ванадия составляет 0,015 мкг/мл [22].

Синтезированы новые нитрозопроизводные β-нафтола и изучили их структуры методами ЯМР и ИК-спектроскопия. Производные нитрозонафтола могут быть иммобилизованы на волокнистых подложках и использованы в качестве аналитических реагентов для определения ионов металлов, в частности, ионов кобальта(II). Предложена процедура определения кобальта(II) в сточных водах [23].

В таблице 2 приведены данные проведения анализа и их характеристики определения тяжелых металлов в воде.

Табл.1. Содержание некоторых тяжелых и токсических металлов в организме человека и симптомы действия недостатка и избытка элементов на организм теплокровных

Элемент	**Нормальное содержание тяжелых металлов (на 70 кг массы человека), мг**	**Недостаток**	**Избыток**
Железо	4200	Анемия	Атеросклероз, аллергические реакции, болезни крови и печени
Медь	72	Нарушение процессов образования костей, атеросклероз	Гипертонический криз, агрессивность, острый панкреатит, бронхиальная астма, язва 12-перстной кишки
Цинк	2300	Эндемический зоб, агрессивность, замедление роста, выпадение волос, анемия, повреждение кожи, дефект репродуктивных органов	Ишемическая болезнь, поражение сердечно-сосудистой системы, канцерогенное действие
Хром	-	Сахарный диабет	Сухость и боль ротовой полости, затруднение дыхания, слабость
Марганец	12	Сахарный диабет, задержка роста, замедление окостенения скелета, затруднение репродукции	Атеросклероз, «марганцевая пневмония», поражение ЦНС, цирроз печени, рак пищевода и желудка, гонадотоксическое действие
Ртуть	-	-	Поражение нервной системы, эмбриотоксическое и тератогенное действие, ухудшение зрения, нарушения речи, паралич мышц ног, ослабление памяти, слабость, Сильное слюновыделение.

Табл 2. Методы анализа определения тяжелых металлов и их характеристики

№	Название метода анализа	Оптимальные условия	Сорбенты и реагенты применяемый в анализе	Минимальная концентрация (Cmin)	Определяемые металлы	Стандартное отклонение (Sr)	Литература
1	Метод спектроскопии диффузного отражения	pH=1-2	Родамин В, иммобилизованный на монтмориллонитсодержащей глине	мкг/л: Cu (II) – 0,6, 1,8-100; Zn (II) – 1,6, 4,8-100; Cd (II) – 0,5, 1,5-100; Pb (II)– 5,0, 15-600	Cu (II) Zn (II) Cd (II) Pb (II)	0,01-0,08	14
2	Сорбционно-фотометрическое и тест-определение	pH = 2.5-7.0	Сорбенты на основе оксида циркония, последовательно модифицированного полигексаметиленгуанидином, феррозином и ференом С.	-	Fe (II) Fe (III).	-	15
3	Пламенная атомно-абсорбционная спектрофотомерия после предварительного концентрирования	pH=8,0~10	Пылевидный амберлит XAD-4, загруженном N-бензоилфенилгидроксиламином (BPHA)	2,1 нг/мл	Cu (II)	6 %	16
4	Атомно-абсорбционное спектрометрическое определение после предварительного концентрирования	pH 9,5	Хелатирующая смола Amberlite XAD-1180, загруженной L- (2-Пиридилазо) -2-нафтолом	0,7 мкг/л 10 мкг/л 3,1 мкг/л 29 мкг/л 0,8 мкг/л	Cd (II), Mn (II), Ni (II), Pb (II) Zn (II)	-	17
5	Сорбционно-атомно-абсорбционное определение	pH 5,0	полистирол-азо-хромотроповая кислота	$n.10^{-3}$ – $n.10^{-1}$ мг/л	Cu (II) Fe (III) Zn	0,02-0,04	18
6	Сорбционно-атомно-абсорбционное определение	pH 10,0	иммобилизациия 3-[(4-антипирин)азо]-6-[(3-сульфофенил)азо]-хромотроповая кислота (Ant3SO_3H) на высокоосновном анионите	$n.10^{-3}$ – $n.10^{-1}$ мг/л	Cu (II) Zn Cd (II)	0,01 – 0,06	19

			AmberliteIRA-400 (амберлит).				
7	Атомно — абсорбционное определение после мицеллярно — экстракционного концентрирования	pH 4,5	хлоридом 6,7- дигидрокси-4-метил-2-фенилбензопирилия в мицеллярной фазе неионогенного ПАВ тритона X-100	1,5 мкг / л	Cu (II)	0,04	20
8	Сорбционно-атомно-абсорбционное определение	Hg(II) — pH 1,5-2; Cd(II) — pH 3,5-4; Pb(II) — pH 3,5-4; Zn(II) — pH 6-8; Cu(II) — pH 6-8.	поли-3-пиридил-5-тиоксо-4-аллил-4,5-дигидро-1H-1,2,3-триазол-1-карбодитионовая кислота (ППТА)	5 нг/дм^3 8 нг/дм^3 20 нг/дм^3 5 нг/дм^3 20 нг/дм^3	Hg (II) Cd (II) Pb (II) Zn (II) Cu (II)	0,04-0,09 (n = 6)	21
9	Одновременное предварительное концентрирование и определение содержания ионов методом пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии		4,6-дигидрокси-2-меркаптопиримидин (DHMP), нанесенный на активированный уголь	Ni^{2+} - 3,5 нг/мл Co^{2+} — 3,4 нг/мл Cu^{2+} — 2,9 нг/мл Pb^{2+} — 8.4 нг/мл	Cu Ni Pb Co	-	22

К заключению можно привести то, что рассмотренные нами токсические свойства тяжелых металлов на здоровье живых организмы являясь негативной, требует постоянного экологического мониторинга и постоянного контроля состава сточных вод и отходов промышленных предприятий и других объектов промышленности, а также разработки новых современных методов анализа определения тяжелых металлов в отходах и сточных водах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бингам Ф.Т. и др. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. // пер. с англ. Х. Зигеля, А. Зигель. М.: Мир. – 1993. – 368 с.

2. Токсикологическая химия : учебное пособие / Е.В. Сальникова, Е.А. Кудрявцева, С.В. Лебедев, М.Г. Скальная ; Оренбургский гос. ун-т.– Оренбург : ОГУ, 2012.

3. Чикенева И. В. Последствия влияния тяжелых металлов на окружающую среду в зоне воздействия промышленных предприятий // Концепт. – 2013. – №12 (28).

4. Гольдфейн М.Д., Адаев О.Н., Тимуш Л.Г., Заиков Г.Е., Ярошевская Х.М. Роль химических элементов и их соединений в природе и в процессах жизнедеятельности человека. Химические вещества в экологии, микроэлементозы и общие вопросы безопасности питания // Вестн. Казанского техн.унив. – 2015. – №16. – С.296-300.

5. Зинина О.Т. Влияние некоторых тяжелых металлов и микроэлементов на биохимические процессы в организме человека // Избранные вопросы судебно-медицинской экспертизы. – 2001. – №4. – С. 99-105.

6. Бутовский Р.О. Тяжелые металлы как техногенные химические загрязнители и их токсичность для почвенных беспозвоночных животных // Журн. Агрохимия. – 2005. – № 4. С.73-91.

7. Чемаев К.П. Влияние тяжелых металлов на организм человека // Актуальные проблемы техносферной безопасности. II Междун. науч.-практ. конф: Сборн. науч. трудов. – 2020. – С.27-30.

8. Chen B., Luo J., Hendryx M. Zinc compound air releases from Toxics Release Inventory facilities and cardiovascular disease mortality rates // Environmental Research. – 2015. – V.142. – P.96-103.

9. Гулиева С. В., Керимова Р. Д., Юсифова М. Ю. Влияние тяжелых металлов на биохимические процессы в организме человека // Academy. – 2018. – №12 (39).

10. Черных Н.А., Баева Ю.И. Тяжелые металлы и здоровье человека // Вестн. РУДН. Сер.Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2004. – № 1 (10). – С.125-134.

11. Галимова А. Р., Тунакова Ю. А. Поступление, содержание и воздействие высоких концентраций металлов в питьевой воде на организм // Вестн. Казанского техн. унив. – 2013. №20. С.165-169.

12. Степанова С.В. Очистка модельных вод от ионов трехвалентного железа сточными водами производства целлюлозы из отходов злаковых культур // Вестн. Казанского техн. унив. – 2017. Т.20. №16. С.137-141 (С.137).

13. Maher B.A., González-Maciel A., Reynoso-Robles R., Torres-Jardón R., Calderón-Garcidueñas L. Iron-rich air pollution nanoparticles: An unrecognised environmental risk factor for myocardial mitochondrial dysfunction and cardiac oxidative stress // Environmental Research. – 2020. – V.188. 109816.

14. Ramazanov A. Sh., Esmail G. Q. Determination of copper, zinc, cadmium and lead in water using diffuse reflectance spectroscopy method // Аналитика и контроль. – 2015.– Т. 19. – № 3.– P. 259-267.

15. Дидух С.Л., Мухина А.Н., Лосев В.Н. Сорбционно-фотометрическое и тест-определение общего содержания железа в природных водах с использованием сорбентов на основе оксида циркония, модифицированного полигексаметиленгуанидином, феррозином и ференом // Аналитика и контроль. – 2014. – Т.18. – № 4. – С. 430-437.

16. Lee Y.N., Choi H.S. Determination of copper (II) in various samples by flame atomic absorption spectrophotometry after column preconcentration onto pulverized amberlite XAD-4 loaded with N-benzoylphenylhydroxylamine // Журн. аналит. химии. – 2007. – Т. 62. – № 9. – С. 936-942.

17. Hazer O., Kartal S., Tokahoglu S. Atomic absorption spectrometric determination of Cd (II), Mn (II), Ni (II), Pb (II) and Zn (II) ions in water, fertilizer and tea samples after preconcentration on Amberlite XAD-1180 resin loaded with L- (2-Pyridylazo) -2-naphthol // Журн. аналит. химии. – 2009. – Т. 64. – № 6. – С. 627-632.

18. Бабуев М. А. Сорбционно-атомно-абсорбционное определение Cu(II), Fe(III) и Zn(II) в природных водах с применением полимерных хелатных сорбентов: Автореф. дис… канд. хим. наук – Москва: МГУ, 2002 . – С.4.

19. Зейналов Р.З., Татаева С.Д. Сорбционно-атомно-абсорбционное определение Cu(II), Zn(II) и Cd(II) в питьевых водах // Вестн. Дагестанского гос. унив. – 2013. – №. 1. – С.188-193.

20. Снигур Д.В., Дубовый В.П., Чеботарёв А.Н. Атомно — абсорбционное определение меди (II) в водах после мицеллярно — экстракционного концентрирования // Вестн. Моск. унив. – 2020. Т. 61 – № 6. – С. 414-419.

21. Sukharev S.N. Determination of Heavy Metals in Natural Water by the Sorption-Atomic-Absorption Method // Journ. of Water Chem. and Techn. – 2012. – V. 34. – №. 4. – P. 190-194.

22. Ghaedi M., Ahmadi F., Shokrollahi A. Simultaneous preconcentration and determination of copper, nickel, cobalt and lead ions content by flame atomic absorption spectrometry // Journ. of Hazardous Materials. – 2007. — № 142. P.272-278.

23. Рахимов С.Б., Эрматова О.А., Жумаева Э.Ш., Сманова З.А., Рузметов У.У. Имобилизованный фенилфлуорон как чувствительный слой оптического сенсора на ионы ванадия // Науч. вестник. СамГУ. – 2020. — № 3. – С. 49-53.

24. Madusmanova K., Khalilova L.M., Zhumaeva E.Sh. Gafurova D.A., Smanova Z.A., Tozhimukhamedov Kh.S. Nitrosonaphthol derivatives as analytical reagents for cobalt ions // Journ.of Analyt. Chem. – 2022, – V. 77. – No. 1. – P. 26-34.