

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВИНЦА В ПРОМЫШЛЕННЫХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

© Магеррамова Латафат Муса гызы

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, старший преподаватель кафедры «Химия и технология неорганических веществ», кандидат химических наук, maharramova_59@mail.ru, Баку

Аннотация. Для определения свинца и его производных в промышленных и биологических образцах наиболее часто используют метод спектрофотометрического анализа. Эти исследования берут свое начало еще с середины прошлого столетия и продолжают по сегодняшний день. В этой работе нами рассмотрены основные аналитические реагенты, используемые для качественного и количественного определения свинца в различных образцах. Показаны основные факторы, оказывающие влияние на определение свинца в различных условиях и средах.

Ключевые слова: метод спектрофотометрии, свинец и его соединения, аналитические реагенты, качественный и количественный анализ.

SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF LEAD IN INDUSTRIAL AND BIOLOGICAL OBJECTS

© Maharramova Latafat Musa

Azerbaijan State University of Oil and Industry, senior lecturer at the Department of «Chemistry and technology of inorganic compounds», candidate of chemical sciences, maharramova_59@mail.ru, Baku

Annotation. To determine lead and its derivatives in industrial and biological samples, the method of spectrophotometric analysis is most often used. These studies date back to the middle of the last century and continue to this day. In this work, we reviewed the most basic analytical reagents used for the qualitative and quantitative determination of lead in various samples. The main factors influencing the determination of lead in various conditions and environments are shown.

Key words: spectrophotometric method, lead and its compounds, analytical reagents, qualitative and quantitative analysis.

Свинец является весьма важным элементом и его соединения находят широкое применение в различных сферах промышленности. В связи с этим, качественное и количественное определение свинца и его соединений в различных промышленных и биологических образцах является одной из ключевых задач современной аналитической химии.

Среди известных аналитических методов наиболее широкое применение получил метод спектрофотометрического анализа. В этой работе нами рассмотрены основные варианты спектрофотометрического определения свинца, наиболее часто используемые для этой цели аналитические реагенты, влияние различных факторов на определение свинца и другие проблемы, связанные с этим.

Так, в работе [1] разработан очень простой, сверхчувствительный и достаточно селективный неэкстракционный спектрофотометрический метод определения следовых количеств свинца с помощью 2,5-димеркапто-1,3,4-тиадиазола (ДМТД). ДМТД реагирует в слабокислых (0,0015-0,01 М HCl) водных средах со свинцом(II) с образованием хелатного вещества зеленовато-желтого цвета, имеющего максимум поглощения при 375 нм. Реакция происходит мгновенно, и поглощение остается стабильным в течение 24 часов. Средний молярный коэффициент поглощения и чувствительность Сэнделла составили $4,93 \times 10^4$ л/моль см и 15 нг/см² Рb соответственно. Линейные калибровочные графики были получены для 0,1-40 мг/мл Рb; стехиометрический состав хелата – 1:2 (Рb-ДМТД). Вмешательство более 50 катионов, анионов и комплексообразователей было изучено при концентрации 1 мг/мл Рb. Разработанный метод успешно применялся при определении свинца в ряде стандартных эталонных материалов (сплавы и стали), водах окружающей среды (питьевых и загрязненных), биологических пробах (кровь человека и моча), пробах почвы, растворах, содержащих как свинец(II), так и свинец(IV) и сложные синтетические смеси. Метод обладает высокой точностью и достоверностью ($S = \pm 0,01$ для 0,5 мг/мл).

В работе [2] представлены результаты определения свинца в почвах шести приусадебных участков, расположенных на различных участках. Свинец определяли спектрофотометрически в виде розового дитизоната свинца(II).

Для быстрого исследования был разработан новый очень простой, сверхчувствительный и достаточно селективный спектрофотометрический метод определения свинца(II) на ультра-следовых уровнях с использованием 1,5-дифенилтиокарбазона (дитизона) в присутствии водных мицеллярных растворов. Предложенный метод позволил определять свинец до мкг/л в крови и моче человека в водных средах без ресурса какого-либо шага «очистки». Наиболее примечательным моментом этого метода является то, что наличие мицеллярной системы позволяет избежать предыдущих этапов экстракции растворителем и снижает стоимость и токсичность, одновременно повышая чувствительность, селективность и эффективность молярную поглощающую способность. Комплексообразование свинца в крови с дитизоном завершилось за минуту при комнатной температуре и поглощение остается стабильным в течение 24 часов. Было обнаружено, что средний молярный коэффициент поглощения и чувствительность Сэнделла составляют $3,99 \times 10^5$ л/моль см и 30 нг/см² Рb соответственно. Линейные калибровочные графики получены для 0,06–60 мг/л. РbII; стехиометрический состав хелата составляет 1:2 (Рb:дитизон). Вмешательство более 60 катионов, анионов и комплексообразователей изучены при 1 мг/л РbII. Метод был успешно использован при определении свинца в ряде биологических проб (кровь и моча человека, печень быка), растворах, содержащих как свинец(II), так и свинец(IV), а также комплексные синтетические смеси. Результаты биологических анализов спектрофотометрическим методом находились в прекрасном согла-

сии с данными метода ААС. Результаты концентрации свинца в биологических образцах варьировались в зависимости от возраста, пола и места.

Основания Шиффа являются одним из превосходных хелатирующих агентов, используемых для спектрофотометрическое определение ионов металлов [4]. Было замечено, что 1,3-бензолдиамин, N,N'-бис(2-фуранилметил) (БДФМ) образовал окрашенный комплекс коричневого цвета со свинцом (II) при 620 нм. Свинец (II) хелатировали с основанием Шиффа (БДФМ) в кислой среде при pH = 3,5 с использованием ацетатного буфера при наличии лауретсульфата натрия (SLS) в качестве поверхностно-активного вещества. Изучено влияние времени, температура и посторонних ионов. Стехиометрический состав и соотношение реагентов образовавшегося комплекса составляло 1:2 (металл:лиганд) по методу Джоба. Закон Бера соблюдался в диапазоне 10-110 мкг/мл с молярной поглощательной способностью $10,16 \times 10^3$ л/моль см. Предложенный метод применяется для определения свинца в бензине, припоях, желобах и сточных водах.

Очень простой, высокоселективный и неэкстрактивный спектрофотометрический метод определения следовых количеств свинца (II) был разработан в работе [5]. Салициловый альдегид изоникотиноилгидразон (SAINH) был предложен в качестве нового аналитического реагента для прямого неэкстракционного спектрофотометрического определения свинца (II). Реагент реагирует со свинцом в основной среде (pH 8,25, гидроксид аммония и хлорид аммония буфер) с образованием комплекса желтого цвета 1:1 (M:L). Реакция мгновенная и максимальное поглощение было получено при 390 нм и оставалось стабильным в течение 3 часов. Молярная поглощающая способность и чувствительность Санделла оставила $1,197 \times 10^4$ л/моль. Линейные калибровочные графики получены для 1,0-9,0 мкг/мл свинца (II). Метод высокоселективен по свинцу и успешно применяется для определения свинца в различных пробах воды.

Разработан простой, быстрый и чувствительный спектрофотометрический метод определения Pb(II) с использованием 5-метилтиофен-2-карбоксальдегида этилендиамина (МТСЭД) в качестве аналитического реагента [6]. Реагент был синтезирован и охарактеризован с использованием данных ИК, протонного ЯМР и масс-спектра. Ион металла в водной среде образует комплекс светло-желтого цвета с МТСЭД при pH 3,0 (буферный раствор ацетата натрия и соляной кислоты), показывающий максимальное поглощение при 380 нм. Следовательно, аналитические исследования были дополнительно проведены при длине волны 380 нм. Реагент реагирует со свинцом в кислой среде с образованием комплекса светло-желтого цвета в соотношении 1:1. Цветные реакции мгновенные и поглощающие значения остаются постоянными в течение 24 часов. Состав комплекса Pb(II) с МТСЭД изучали методом непрерывной вариации Джоба и методом молярных соотношений. Закон Бера соблюдался в диапазоне 0,27-2,4 мкг/мл Pb (II). Молярная поглощающая способность и чувствительность Санделла метода составляли $5,86 \times 10^4$ л/моль см и $0,0017$ мкг/см² соответственно. Поскольку метод МТСЭД более чувствителен, его применили для определения свинца в медицинских целях, а также в листьях и образцах окружающей среды.

В работе [7] описан простой и высокоселективный метод разделения, концентрирования и спектрофотометрического определения крайне низких концентраций свинца. Он основан на флотации комплекса ионов Pb²⁺ и ализаринового желтого между поверхностью раздела воды и *n*-гексана при pH = 6. Предложенная методика применяется также для

определения свинца как в водопроводной воде, так и в подготовленных пробах морской воды. Закон Бера соблюдался в диапазоне концентраций от $3,86 \times 10^{-8}$ до $8,20 \times 10^{-7}$ моль⁻¹ (8–170 нг/мл) с кажущимся молярным поглощением $1,33 \times 10^6$ л/моль см для раствора объемом 100 мл аликвоту пробы воды. Предел обнаружения ($n = 10$) составлял $8,7 \times 10^{-9}$ л/моль (1,0 нг/мл), а относительное стандартное отклонение (R.S.D) ($n = 10$) для $7,2 \times 10^{-7}$ л/моль (150 нг/мл) Pb(II) составляло 4,36%. Заметным преимуществом метода является то, что определение Pb(II) свободно от влияния практически всех катионов и ионов, обнаруженных в окружающей среде и пробах сточных вод. Определение Pb(II) в пробах водопроводной и синтетической морской воды также проводили данным методом. Результаты были удовлетворительно сопоставимы, так что применимость предложенного метода была подтверждена на реальных образцах.

Чувствительный и селективный спектрофотометрический метод определения свинца (II) в водном растворе с использованием реагента цинкона [8]. Розовато-красный цвет комплекса образовывался при pH 9,5, который показывает максимальное поглощение при 543 нм. Закон Бера подчиняется диапазону 0,04–1,2 ppm с молярной поглощательной способностью $9,84 \times 10^4$ л/моль см. Установленная стехиометрия: лиганд I: металл. 1:1. Этот метод представляется избирательным, поскольку исследование катионных и анионных взаимодействий, простое, быстрое, точное, воспроизводимое и комплекс стабилен в течение 24 часов. Оптимальные условия и применение метода были изучены для анализа свинца в различных пробах воды.

Определение свинца в концентрациях 31,5 пг/л в водных пробах достигалось методом селективной реакции с 5,10,15,20-тетра(4-N-сульфоэтилпиридиний)порфирином при pH 9,4 и 30°C в режиме проточной закачки в коллектор с последующим обнаружением при 480 нм по истечении 45 с. Помехи алюминия (125-кратный избыток), кадмия (25-кратный избыток), меди (25-кратный избыток), марганца (200-кратный избыток) и цинка (200-кратный избыток) устраняли применением 1,0 моль/л $\text{NH}_3\text{-NH}_4\text{Cl}$ в качестве полированного маскирующего агента; вмешательство железа (10-кратный избыток) устраняли добавлением к смеси реагентов 1 % об ацетилацетона и использованием метода стандартных добавок для анализа проб. Извлечения из проб водопроводной воды, в которых содержатся различные количества свинца варьировались от 98 до 109% с пределом обнаружения 10 мг/л при добавлении железа. Результаты анализов проб водопроводной воды с использованием этого метода хорошо согласовывались с результатами, полученными методом электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии [9].

Для определения свинца исследован новый высокочувствительный и селективный хромогенный реагент дибром-*n*-метилсульфоазо (ДБМ-МСА) [10]. В среде фосфорной кислоты 0,24 моль/л, что значительно повышает селективность, свинец реагирует с ДБМ-МСА с образованием синего комплекса в соотношении 1:2, который имеет чувствительный пик поглощения при 642 нм. В оптимальных условиях закон Бера соблюдался в диапазоне 0–0,6 мг/мл Pb(II). Молярная поглощающая способность и чувствительность Сэнделла составляют $1,02 \times 10^5$ л/моль см и 0,00203 кружка мг/см² соответственно. Предел количественного определения, предел обнаружения и относительные стандартные отклонения составили 7,30 и 2,21 нг/мл и 1,1% соответственно. Установлено, что все исследованные инородные ионы, за исключением Ca(II) и Ba(II), не мешают определению. Помехи, вызванные Ca(II) и Ba(II), можно легко устранить предварительной экстракцией йодидом

калия-метилизобутилкетон. Метод был применен для определения свинца в некоторых биологических образцах с удовлетворительными результатами.

Разработан высокочувствительный и селективный спектрофотометрический метод определения следов свинца в воде после предварительного концентрирования с помощью меркаптосефадекса (MS-50), основанный на цветной реакции свинца(II) с дибромгидроксифенилпорфирином [11]. В оптимальных условиях свинец(II) реагирует с реагентом с образованием желтого комплекса 1:2 в присутствии TritonX-100, который имеет максимальный пик поглощения при 479 нм. Цветная реакция может завершиться быстро и оставаться стабильной в течение 24 часов при комнатной температуре. Молярный коэффициент поглощения комплекса свинца, предел количественного определения, предел обнаружения и относительные стандартные отклонения составили $2,35 \times 10^5$ л/моль см, 4,3, 1,4 нг/мл и 1,0% соответственно. Оптическая плотность комплекса свинца при 479 нм линейна до 0,48 мкг/мл свинца(II). Серьезно исследовалось влияние различных сосуществующих ионов в воде. Никаких помех не наблюдалось. Кроме того, с использованием MS-50 был также изучен простой метод предварительного концентрирования следов свинца в воде. Установлено, что следы свинца в воде могут адсорбироваться в 1,0 моль/л HCl и количественно диссоциировать из MS-50 4,0 моль/л HCl, что повышает селективность и чувствительность метода (предел его обнаружения (3 с) превратилось в 0,2 нг/мл свинца), очевидно. Предложенный метод был применен для определения следов свинца в пробах воды с удовлетворительными результатами.

Описан спектрофотометрический метод определения свинца(II) в смешанной микроэмульсии [12]. Для повышения чувствительности определения используют смешанную микроэмульсионную среду, состоящую из бромид цетилтриметиламмония (ЦТМАБ) и *n*-изооктилфеноксиполиэтоксиэтанола (ОП). В буфере $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{-NaOH}$ (pH 9,50) реагент 2,6,7-тригидрокси-9-(3,5-дибром-4-гидроксифенил)флуорон (ДБГ-ПФ) реагирует со свинцом(II) с образованием фиолетового комплекса при мольном соотношении 3:1. В оптимальных условиях закон Бера соблюдается до минимума 1 мкг/мл Pb^{2+} с молярной поглощательной способностью при 580 нм, составляющей $1,22 \times 10^5$ л/моль см. Мешающие ионы Al^{3+} , Cu^{2+} , Cr^{3+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} и Cd^{2+} можно легко удалить с помощью геля сульфгидрильной декстрозы (SDG) при pH 3,5. Исследуются важные аналитические параметры и их влияние на рекомендуемую систему. Предложенный метод был применен к пробам воды из окружающей среды, и полученные результаты являются удовлетворительными.

Методика синтеза и очистки дибром-*n*-метилхлорсульфоназо (DBMCSA) хромогенного агента была описана в работе [13]. Этот агент использовали для спектрофотометрического определения свинца. В 0,16 моль раствора азотной кислоты свинец реагирует с DBMCSA с образованием комплекса синего цвета при мольном соотношении 1:2 с максимальным поглощением при 633 нм. В оптимальных условиях закон Бера соблюдался в диапазоне концентраций Pb(II) 01,2 мкг/мл, а кажущаяся молярная поглощательная способность составила $9,48 \times 10^4$ л/моль см. Предел обнаружения и коэффициент вариации составил 2,4 нг/мл и 1,2% соответственно. Никаких помех от выбранных посторонних ионов, за исключением Sr(II), Ca(II) и Ba(II), не наблюдалось. Однако эти помехи легко устранялись путем сорбции и разделения с использованием микроколонки с сигаретным

фильтром. Разработанный метод применен для определения свинца в экологических и биологических пробах.

Разработан быстрый, простой, чувствительный и селективный метод прямой спектрофотометрии для определения свинца (II) в различных реальных образцах [14]. 5-Бром-2-гидрокси-3-метоксибензальдегид-пгидроксибензойный гидразон реагирует с Pb(II), образуя растворимый комплекс зеленого цвета в основном буферном растворе. Максимальное поглощение наблюдалось в диапазоне pH 7,0-9,0. Раствор комплекса Pb(II)-5-ВНМВНВН показывает λ_{\max} при 415 нм. Метод подчиняется закону Бера в диапазоне 1,036-16,50 мкг/мл. Молярная поглощающая способность составляет $1,125 \times 10^4$ л/моль см и чувствительность Сэнделла 0,0184 мг/см². Стандартное отклонение метода для десяти определений 4,144 мкг/мл Pb(II) составляет 0,00420. Коэффициент корреляции (γ) калибровочного уравнения экспериментальных данных равен 0.9999. Изучено влияние различных разнообразных ионов. Формула комплекса 1:1, константа устойчивости $5,93 \times 10^6$. Разработанный метод применен для определения свинца (II) в образцах сплавов, биологических пробах, таких как человеческие волосы, чайные листья и загрязненные образцы грунтовых вод.

Количественно свинец удерживается на тетрафенилборате 2-(5-бром-2-пиридилазо)-5-диэтиламинофеноламмония с микрокристаллическим нафталином или колоночным методом при pH, варьирующемся в пределах 4,0–6,0 из большого объема водных растворов различных проб [15]. После фильтрации, твердую массу, состоящую из комплекса свинца и нафталина, растворяли в 5 мл диметилформамида и металл определяли спектрофотометрией третьей производной. В альтернативном варианте комплекс можно количественно адсорбировать на адсорбенте тетрафенилборате нафталина аммония, упакованном в колонку, и определить аналогичным образом. Около 0,2 мкг свинца может концентрироваться в колонке из 300 мл водной пробы, где его концентрация составляет всего 0,7 нг/мл. Было изучено взаимодействие большого количества анионов и катионов. Разработанные оптимизированные условия были использованы для определения следов свинца в различных образцах.

Свинец (+2) селективно адсорбировали на геле твердофазной экстракции (ТФЭ) (технология молекулярного распознавания, МРТ), количественно экстрагировали и спектрофотометрически определяли как комплекс Pb(II)-PAR (4-(2-пиридилазо)-резорцин) [16]. Линейный диапазон составлял от 0,01 до 0,75 мг/л, а предел обнаружения – 6,4 мкг/л. МРТ-ТФЭ позволяет селективно извлекать Pb(II) из комплексов, богатых ионами матрицы, что затруднительно при использовании других методов. Помехи от обычных ионов матрицы, таких как Fe²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺ или Co²⁺ сведены к минимуму.

Экспресс-метод определения свинца в напитках и фруктовых соках путем прямой аспирации их в атомно-абсорбционный спектрофотометр описан в работе [17]. Концентрации свинца до 0,1 ppm можно легко определить. Стандартное отклонение в диапазоне 0-5-2-0 ppm свинца составляет около 0,04 м.д. Точность метода хорошая; хотя его чувствительность немного ниже, чем у методов, в которых процедуры конденсации являются более простыми и быстрыми. Помехи, вызванные различными матрицами выборок, в большинстве случаев пренебрежимо малы. Метод применен к образцам напитков и фруктовых соков, которые выдерживали в глазурированных керамических чашках в течение 0,5 ч, пытаясь сравнить количество свинца, извлеченного этими продуктами, с количеством

свинца, извлеченного 4 % раствором уксусной кислоты, т.е. реагента, используемого для проверки керамической посуды для экстрагируемого свинца.

Описан метод определения свинца с использованием наночастиц золота, функционализированных тиолом [18]. Метод обнаружения основан на предотвращении тиол-индуцированной агрегации наночастиц золота свинцом. Среди шести тиолов, например, 4-меркапто-1-бутанола, мезо-2,3-димеркаптоянтарной кислоты, меркаптоянтарной кислоты, 6-меркапто-1-гексанола, 4-(метилтио)-1-бутанола, 1-пропантиола, четыре (4-меркапто-1-бутанол, 6-меркапто-1-гексанол, 4-(метилтио)-1-бутанол и 1-пропантиол) вызывали агрегацию наночастиц золота, которую измеряли по изменению оптической плотности при 520 и 650 нм. Предварительная инкубация наночастиц золота со свинцом дозозависимым образом уменьшала 4-(метилтио)-1-бутанол-индуцированную агрегацию наночастиц золота. Была отмечена линейная обратная зависимость между логарифмической концентрацией свинца и коэффициентом поглощения при 650 к 520. Метод имеет динамический диапазон от 10 нМ до 100 мкМ. Однако такие металлы, как ртуть и хром, оказались более эффективными по сравнению со свинцом в предотвращении агрегации наночастиц золота, вызванной 4-метилтио-1-бутанолом. Метод может быть использован для оценки содержания тяжелых металлов в пробах воды.

Разработан метод простого, селективного и чувствительного спектрофотометрического определения свинца в овощах с синтезированным хромогенным реагентом 3-[(2,6-дибром-4-метилфенил)дiazенил]-4,5-дигидрокси-6-[(2,4,6-трибромфенил)дiazенил]нафталин-2,7-дисульфоновой кислоты (ДБМТБА; 1) [19]. В среде 0,25 М фосфорной кислоты, что значительно повышает селективность, свинец реагирует с ДБМТБА с образованием синего комплекса 1 : 2, который показывает максимальное поглощение при 646 нм. В оптимальных условиях закон Бера соблюдается в диапазоне от 0,09 до 0,8 мкг/мл Pb^{2+} , а кажущееся молярное поглощение составляет $1,024 \times 10^5$ л/моль·см. Предел обнаружения и коэффициент вариации оказались равными 2,09 мкг/мл и 1,0% соответственно. Предложенный метод успешно применен для определения свинца в овощах (плоды *Solanum melongena*, плоды томатов, листья *Ablemoschus esculentus* и листья *Daucus carota*) с удовлетворительными результатами.

Новая система проточной инъекции (FI) для определения следовых количеств $Pb(II)$ со стадией предварительного концентрирования и спектрофотометрического обнаружения, предлагается в работе [20]. Он основан на концентрировании ионов свинца на хитозане и образовании комплекса дитизон-свинец в водной среде (pH 9). Химические вещества и переменные FIA, влияющие на производительность системы, были оптимизированы и применены для определения свинца в природных колодцах и пробах питьевой воды. Это простой, высокочувствительный и недорогой альтернативный метод обеспечивал линейную зависимость от 25 до 250 г/л, предел обнаружения 5,0 нг/мл и пропускную способность образца 15 ч^{-1} . Полученные результаты для образцов с добавками представлены в хорошем согласии между предлагаемым методом и ICP-AES.

Исследования в области применения метода спектрофотометрии для определения свинца также рассматривались в работах [21-35].

Таким образом, представленный анализ результатов исследований в области спектрофотометрического определения свинца показывает, что эти исследования не теряют своей актуальности и по сегодняшний день, продолжая интенсивно развиваться. Поэтому

разработка новых эффективных аналитических реагентов и их применение в спектрофотометрическом анализе для определения свинца и его производных представляет собой ключевую задачу современной аналитической химии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jamaluddin Ahmed, M. Spectrophotometric determination of lead in industrial, environmental, biological and soil samples using 2,5-dimercapto-1,3,4-thiadiazole / M. Jamaluddin Ahmed, M.A. Mamun // *Talanta*. - 2001. - Vol. 55. - N 1. - Pp. 43-54.
2. Jankewicz, B. Spectrophotometric determination of lead in the soil of allotment gardens in Lodz / B. Jankewicz, B. Plaszyński, M. Wiczorek // *Pol. J. Environ. Stud.* - 2001. - Vol. 10. - N 2. - Pp. 123-126
3. Khan, H. A simple spectrophotometric method for the determination of trace level lead in biological samples in the presence of aqueous micellar solutions/ H. Khan, A. Jamaluddin, I. Bhangar // *Journal of Spectroscopy*. - 2006. - Vol. 20. - Pp. 285-297
4. Zaky, M. Direct Spectrophotometric Determination of Lead (II) in Industrial Samples using 1, 3-Benzenediamine, N, N'-bis(2-furanylmethylene) in Presence of Surfactant / M. Zaky, A.S. Amin, Kh. Efendy, A. Goma // *Bulletin of Faculty of Sciences Zagazig University*. - 2017. - Vol. 39. - N 12. - Pp. 134-148
5. Soni, M. Spectrophotometric determination of lead in water samples using salicylaldehyde isonicotinoylhydrazone / M. Soni // *Pharma Innovatio Journal*. - 2008. - Vol. 7. - N 3. - Pp. 656-658
6. Deepa, K., Spectrophotometric determination of lead in medicinal leaf and environmental samples using 5-methylthiophene-2-carboxaldehyde ethylenediamine (MTCED) / K. Deepa, Y. Paulraj, Y. Lingapp // *Der Pharmacia Lettre*. - 2014. - Vol. 6. - N 6. - Pp. 380-388
7. Shiri, S. Determination of Trace Amounts of Lead Using the Flotation-spectrophotometric method / S. Shiri, A. Delpisheh, A. Haeri, A. Poomajaf // *Anal. Chem. Insights*. - 2011. - N 6. - Pp. 15-20
8. Yacoob, Dh. Sensitive and Selective Spectrophotometric Assay of Lead in Aqueous Solution / Dh. Yacoob // *Raf. J. Sci.* - 2014. - Vol. 25. - N 1. - Pp. 69-81
9. Schneider, J.A. Spectrophotometric Determination of Lead in Tap Water With 5,10,15,20-Tetra(4-N-sulfoethylpyridinium)porphyrin Using Merging Zones Flow Injection / J.A. Schneider, J.F. Hornig // *Analyst*. - 1993. - Vol. 118. - Pp. 933-936
10. Li, Z. Spectrophotometric determination of lead in biological samples with dibromo-p-methyl-methylsulfonazo / Z. Li, Z. Zhu, Y. Chen, G. Hsu // *Talanta*. - 1999. - Vol. 48. - N 3. - Pp. 511-516
11. Zaijun, L. Spectrophotometric determination of trace lead in water after preconcentration using mercaptosephadex / L. Zaijun, Y. Yuling, T. Jian, J. Pan // *Talanta*. - 2003. - Vol. 60. - N 1. - Pp. 123-130
12. Bin, D. Spectrophotometric determination of trace amounts of lead in environmental water samples in the presence of mixed microemulsion / D. Bin, J. Yang, Q. Wen, G. Chang // *Analytical Letters*. - 2002. - Vol. 35. - N 5. - Pp. 895-908
13. Fang, G-Z. Spectrophotometric Determination of Lead in Environmental and Biological Samples by Flow Injection Microcolumn Preconcentration and Separation using DBMCSA

Chromogenic Agent / G-Z Fang, J-M. Pan // Chem. Anal. (Warsaw). - 2005. - Vol. 50. - Pp. 925-934

14.Saritha, B. Direct spectrophotometric determination of Pb (II) in alloy, biological and water samples using 5-bromo-2-hydroxyl -3- methoxybenzaldehyde-4-hydroxy benzoichydrazone / B. Saritha, A. Giri, R. Sreenivashu // Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. - 2014. - Vol. 6. - N 7. - Pp. 1571-1576

15.Ali Taher, M. Derivative spectrophotometric determination of trace lead in alloys and biological samples after separation and preconcentration with the ion pair of 2-(5-bromo-2-pyridazo)-5-diethylaminophenol and ammonium tetraphenylborate on microcrystalline naphthalene or by column method / M. Ali Taher // Bull. Chem. Soc. Ethiop. - 2003. - Vol. 17. - N 2. - Pp. 129-138

16.Rahman, M.M. Determination of lead in solution by solid phase extraction, elution, and spectrophotometric detection using 4-(2-pyridylazo)-resorcinol / M.M. Rahman, S. Versita, S. Nishishinjuku // Cent. Eur. Chem. J. - 2013. - Vol. 11. - N 5. - Pp. 672-678

17.Gegiou, D. Atomic-absorption Spectrophotometric Determination of Lead in Beverages and Fruit Juices and of Lead Extracted by Their Action on Glazed Ceramic Surfaces / D. Geriou, M. Botsivali // Analyst. - 1975. - Vol. 100. - Pp. 234-237

18.Gahlaut, J. Spectrophotometric Label-Free Determination of Lead Using Thiol-Functionalized Gold Nanoparticles / J. Gahlaut, Y.S. Raiput, S. Meena, Dh. Nanda // Analytical Letters. - 2018. - Vol. 51. - N 8. - Pp. 1208-1218

19.Kallasa, S.K. Spectrophotometric Determination with a Chromogenic Reagent of Lead in Vegetables / S.K. Kallada, I. Krishnaiah, S.H. Babu, K. Suvadnan // Chemistry and Biodiversity. - 2005. - Vol. 2. - N 3. - Pp. 386-391

20.Nezio, M.D. A sensitive spectrophotometric method for lead determination by flow injection analysis with on-line preconcentration / M.D. Nezio, M. Palomeque, B. Fernandez // Talanta. - 2004. - Vol. 63. - Pp. 405-409

21.Jones, R.A. Determination of Microgram Quantities of Lead by Spectrophotometric Titration with Dithizone / R.A. Jones, A. Szutka // Anal. Chem. - 1966. - Vol. 38. - N 6. - Pp. 779-781

22.Thompson, C.E. Spectrophotometric Determination of Traces of Lead in Igneous Rocks / C.E. Thompson, H.M. Nakagawa // Geological Survey Bulletin. - 1960. - Vol. 1064. - Pp. 1-24

23.Aznarez, J. Extraction-atomic-absorption spectrophotometric determination of lead by hydride generation in non-aqueous media / J. Aznarez, F. Palacios, J.C. Vidal, J. Galban // Analyst. - 1984. - Vol. 109. - N 6. - Pp. 713-715

24.Shayesteh, T.H. Development and validation of a novel, simple and accurate spectrophotometric method for the determination of lead in human serum / T.H. Shayesteh, F. Khajavi, A. Khosroshahi, R. Mahjub // Environmental Monitoring and Assessment. - 2015. - Vol. 188. - N 7. - Pp. 542-549

25.Shaopu, L. Spectrophotometric determination of trace amounts of cadmium and lead with iodide and Rhodamine B. / L. Shaopu, Y. Liu, L. Zhonfan // Microchimica Acta. - 1983. - Vol. 81. - Pp. 355-366

26.Zhu-Yun, L. Spectrophotometric Determination of Trace Lead with CPA-III / L. Zhu-Yun // Food Science. - 2002. - Vol. 23. - N 9. - Pp. 93-96

27. Echioda, S. UV-Vis Spectrophotometric Determination of Selected Heavy Metals (Pb, Cr, Cd and As) in Environmental, Water and Biological Samples with Synthesized Glutaraldehyde Phenyl Hydrazone as the Chromogenic Reagen / S. Echioda, A. Oguniye, S. Salisu, A. Abfulrasheed // *European Journal of Advanced Chemistry Research*. - 2021. - Vol. 2. - N 3. - Pp. 1-5
28. Zhai, Q-Z. Spectrophotometric Determination of Lead in Tea Leaf Sample with Dibromo-p-chloro-arsenazo / Q-Z Zhai, J-M. Li, J-P. Zhang // *Asian Journal of Chemistry*. - 2013. - Vol. 25. - N 1. - Pp. 62-68
29. Mohsen, Sh. Spectrophotometric Determination of Cobalt(II) and Lead(II) Using (1,5-Dimethyl-2-Phenyl-4-((2,3,4-Trihydroxy Phenyl) Diazenyl)-1H-Pyrazol-3(2H)-One) as Organic Reagent: Using It as Antimicrobial and Antioxidants / Sh. Mohsen, W. Hoidy // *Nanomedicine and Engineering*. - 2020. - Vol. 12. - N 2. - Pp. 160-166
30. Henderson, S.R. Rapid Spectrophotometric Determination of Triethyllead, Diethyllead, and Inorganic Lead Ions and Application to the Determination of Tetraorganolead Compounds / S.R. Henderson, L.J. Snyder // *Anal. Chem.* - 1961. - Vol. 33. - N 9. - Pp. 1172-1175
31. Wilson, K. Spectrophotometric Determination of Traces of Lead (II) in Spinach Samples Marketed in Chuka, Kenya / K. Wilson // *Muranga University of Technology Research Archive*. - 2015. - N 2. - Pp. 111-119
32. Parveen, N. Spectrophotometric determination of some environmental samples / N. Parveen, Y. Rohan // *Journal of Environmental Research and Development*. - 2011. - N 3. - Pp. 42-48
33. Suksomphot, V. Development of Tannin Modified Membrane for Spectrophotometric Determination of Lead / V. Suksomphot, Th. Mantim, Ch. Karuwan, N. Ratanawimamwong // *Sci. Ess. J.* - 2023. - Vol. 39. - N 1. - Pp. 42-64
34. Mesquita, R. A flow system for the spectrophotometric determination of lead in different types of waters using ion-exchange for pre-concentration and elimination of interferences / R. Mesquita, S.M. Fernandes, A.O. Rangel // *Talanta*. - 2004. - Vol. 62. - N 2. - Pp. 395-401
35. Bahareh, M. Extraction of Lead from Water Using Homogeneous Liquid-Liquid Microextraction via Flotation Assistance Method and UV-Vis Spectrophotometric Determination / M. Bahareh, M. Hosseimi, A. Mosud, P. Reza // *Journal of Water Chemistry and Technology*. - 2018. - Vol. 40. - N 5. - Pp. 291-296

REFERENCES

1. Jamaluddin Ahmed, M. Spectrophotometric determination of lead in industrial, environmental, biological and soil samples using 2,5-dimercapto-1,3,4-thiadiazole / M. Jamalluddin Ahmed, M.A. Mamun // *Talanta*. - 2001. - Vol. 55. - N 1. - Pp. 43-54
2. Jankewicz, B. Spectrophotometric determination of lead in the soil of allotment gardens in Lodz / B. Jankewicz, B. Plaszyński, M. Wiczorek // *Pol. J. Environ. Stud.* - 2001. - Vol. 10. - N 2. - Pp. 123-126
3. Khan, H. A simple spectrophotometric method for the determination of trace level lead in biological samples in the presence of aqueous micellar solutions / H. Khan, A. Jamaluddin, I. Bhangar // *Journal of Spectroscopy*. - 2006. - Vol. 20. - Pp. 285-297
4. Zaky, M. Direct Spectrophotometric Determination of Lead (II) in Industrial Samples using 1, 3-Benzenediamine, N, N'-bis(2-furanylmethylene) in Presence of Surfactant / M. Zaky,

A.S. Amin, Kh. Efendy, A. Goma // *Bulletin of Faculty of Sciences Zagazig University*. - 2017. - Vol. 39. - N 12. - Pp. 134-148

5.Soni, M. Spectrophotometric determination of lead in water samples using salicylaldehyde isonicotinoylhydrazone / M. Soni // *Pharma Innovatio Journal*. - 2008. - Vol. 7. - N 3. - Pp. 656-658

6.Deepa, K. Spectrophotometric determination of lead in medicinal leaf and environmental samples using 5-methylthiophene-2-carboxaldehyde ethylenediamine (MTCED) / K. Deepa, Y. Paulraj, Y. Lingapp // *Der Pharmacia Lettre*. - 2014. - Vol. 6. - N 6. - Pp. 380-388

7.Shiri, S. Determination of Trace Amounts of Lead Using the Flotation-spectrophotometric method / S. Shiri, A. Delpisheh, A. Haeri, A. Poomajaf // *Anal. Chem. Insights*. - 2011. - N 6. - Pp. 15-20

8.Yacoob, Dh. Sensitive and Selective Spectrophotometric Assay of Lead in Aqueous Solution / Dh. Yacoob // *Raf. J. Sci*. - 2014. - Vol. 25. - N 1. - Pp. 69-81

9.Schneider, J.A. Spectrophotometric Determination of Lead in Tap Water With 5,10,15,20-Tetra(4-N-sulfoethylpyridinium)porphyrin Using Merging Zones Flow Injection / J.A. Schneider, J.F. Hornig // *Analyst*. - 1993. - Vol. 118. - Pp. 933-936

10.Li, Z. Spectrophotometric determination of lead in biological samples with dibromo-p-methyl-methylsulfonazo / Z. Li, Z. Zhu, Y. Chen, G. Hsu // *Talanta*. - 1999. - Vol. 48. - N 3. - Pp. 511-516

11.Zaijun, L. Spectrophotometric determination of trace lead in water after preconcentration using mercaptosephadex / L. Zaijun, Y. Yuling, T. Jian, J. Pan // *Talanta*. - 2003. - Vol. 60. - N 1. - Pp. 123-130

12.Bin, D. Spectrophotometric determination of trace amounts of lead in environmental water samples in the presence of mixed microemulsion / D. Bin, J. Yang, Q. Wen, G. Chang // *Analytical Letters*. - 2002. - Vol. 35. - N 5. - Pp. 895-908

13.Fang, G-Z. Spectrophotometric Determination of Lead in Environmental and Biological Samples by Flow Injection Microcolumn Preconcentration and Separation using DBMCSA Chromogenic Agent / G-Z Fang, J-M. Pan // *Chem. Anal. (Warsaw)*. - 2005. - Vol. 50. - Pp. 925-934

14.Saritha, B. Direct spectrophotometric determination of Pb (II) in alloy, biological and water samples using 5-bromo-2-hydroxyl -3- methoxybenzaldehyde-4-hydroxy benzoichydrazone / B. Saritha, A. Giri, R. Sreenivashu // *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. - 2014. - Vol. 6. - N 7. - Pp. 1571-1576

15.Ali Taher, M. Derivative spectrophotometric determination of trace lead in alloys and biological samples after separation and preconcentration with the ion pair of 2-(5-bromo-2-pyridazo)-5-diethylaminophenol and ammonium tetraphenylborate on microcrystalline naphthalene or by column method / M. Ali Taher // *Bull. Chem. Soc. Ethiop*. - 2003. - Vol. 17. - N 2. - Pp. 129-138

16.Rahman, M.M. Determination of lead in solution by solid phase extraction, elution, and spectrophotometric detection using 4-(2-pyridylazo)-resorcinol / M.M. Rahman, S. Versita, S. Nishishinjuku // *Cent. Eur. Chem. J*. - 2013. - Vol. 11. - N 5. - Pp. 672-678

17.Gegiou, D. Atomic-absorption Spectrophotometric Determination of Lead in Beverages and Fruit Juices and of Lead Extracted by Their Action on Glazed Ceramic Surfaces / D. Gegiou, M. Botsivali // *Analyst*. - 1975. - Vol. 100. - Pp. 234-237

18. Gahlaut, J. Spectrophotometric Label-Free Determination of Lead Using Thiol-Functionalized Gold Nanoparticles / J. Gahlaut, Y.S. Raiput, S. Meena, Dh. Nanda // *Analytical Letters*. - 2018. - Vol. 51. - N 8. - Pp. 1208-1218
19. Kallasa, S.K. Spectrophotometric Determination with a Chromogenic Reagent of Lead in Vegetables / S.K. Kallada, I. Krishnaiah, S.H. Babu, K. Suvardhan // *Chemistry and Biodiversity*. - 2005. - Vol. 2. - N 3. - Pp. 386-391
20. Nezio, M.D. A sensitive spectrophotometric method for lead determination by flow injection analysis with on-line preconcentration / M.D. Nezio, M. Palomeque, B. Fernandez // *Talanta*. - 2004. - Vol. 63. - Pp. 405-409
21. Jones, R.A. Determination of Microgram Quantities of Lead by Spectrophotometric Titration with Dithizone / R.A. Jones, A. Szutka // *Anal. Chem.* - 1966. - Vol. 38. - N 6. - Pp. 779-781
22. Thompson, C.E. Spectrophotometric Determination of Traces of Lead in Igneous Rocks / C.E. Thompson, H.M. Nakagawa // *Geological Survey Bulletin*. - 1960. - Vol. 1064. - Pp. 1-24
23. Aznarez, J. Extraction-atomic-absorption spectrophotometric determination of lead by hydride generation in non-aqueous media / J. Aznarez, F. Palacios, J.C. Vidal, J. Galban // *Analyst*. - 1984. - Vol. 109. - N 6. - Pp. 713-715
24. Shayesteh, T.H. Development and validation of a novel, simple and accurate spectrophotometric method for the determination of lead in human serum / T.H. Shayesteh, F. Khajavi, A. Khosroshahi, R. Mahjub // *Environmental Monitoring and Assessment*. - 2015. - Vol. 188. - N 7. - Pp. 542-549
25. Shaopu, L. Spectrophotometric determination of trace amounts of cadmium and lead with iodide and Rhodamine B. / L. Shaopu, Y. Liu, L. Zhonfan // *Microchimica Acta*. - 1983. - Vol. 81. - Pp. 355-366
26. Zhu-Yun, L. Spectrophotometric Determination of Trace Lead with CPA-III / L. Zhu-Yun // *Food Science*. - 2002. - Vol. 23. - N 9. - Pp. 93-96
27. Echioda, S. UV-Vis Spectrophotometric Determination of Selected Heavy Metals (Pb, Cr, Cd and As) in Environmental, Water and Biological Samples with Synthesized Glutaraldehyde Phenyl Hydrazone as the Chromogenic Reagent / S. Echioda, A. Ogunieye, S. Salisu, A. Abfulrasheed // *European Journal of Advanced Chemistry Research*. - 2021. - Vol. 2. - N 3. - Pp. 1-5
28. Zhai, Q-Z. Spectrophotometric Determination of Lead in Tea Leaf Sample with Di-bromo-p-chloro-arsenazo / Q-Z Zhai, J-M. Li, J-P. Zhang // *Asian Journal of Chemistry*. - 2013. - Vol. 25. - N 1. - Pp. 62-68
29. Mohsen, Sh. Spectrophotometric Determination of Cobalt(II) and Lead(II) Using (1,5-Dimethyl-2-Phenyl-4-((2,3,4-Trihydroxy Phenyl) Diazenyl)-1H-Pyrazol-3(2H)-One) as Organic Reagent: Using It as Antimicrobial and Antioxidants / Sh. Mohsen, W. Hoidy // *Nanomedicine and Engineering*. - 2020. - Vol. 12. - N 2. - Pp. 160-166
30. Henderson, S.R. Rapid Spectrophotometric Determination of Triethyllead, Diethyllead, and Inorganic Lead Ions and Application to the Determination of Tetraorganolead Compounds / S.R. Henderson, L.J. Snyder // *Anal. Chem.* - 1961. - Vol. 33. - N 9. - Pp. 1172-1175

31. Wilson, K. Spectrophotometric Determination of Traces of Lead (II) in Spinach Samples Marketed in Chuka, Kenya / K. Wilson // Muranga University of Technology Research Archive. - 2015. - N 2. - Pp. 111-119

32. Parveen, N. Spectrophotometric determination of some environmental samples / N. Parveen, Y. Rohan // Journal of Environmental Research and Development. - 2011. - N 3. - Pp. 42-48

33. Suksomphot, V. Development of Tannin Modified Membrane for Spectrophotometric Determination of Lead / V. Suksomphot, Th. Mantim, Ch. Karuwan, N. Ratanawimamwong // Sci. Ess. J. - 2023. - Vol. 39. - N 1. - Pp. 42-64

34. Mesquita, R. A flow system for the spectrophotometric determination of lead in different types of waters using ion-exchange for pre-concentration and elimination of interferences / R. Mesquita, S.M. Fernandes, A.O. Rangel // Talanta. - 2004. - Vol. 62. - N 2. - Pp. 395-401

35. Bahareh M M. Extraction of Lead from Water Using Homogeneous Liquid-Liquid Microextraction via Flotation Assistance Method and UV-Vis Spectrophotometric Determination / M. Bahareh, M. Hosseimi, A. Mosud, P. Reza // Journal of Water Chemistry and Technology. - 2018. - Vol. 40. - N 5. - Pp. 291-296.