



УДК 546.23

Варианты фотометрического определения селена

ВАПИРОВ
Владимир Васильевич

*Петрозаводский государственный университет,
vapirov@petrsu.ru*

ВЕНСКОВИЧ
Ани Арцруновна

*Петрозаводский государственный университет,
ajdanna@yandex.ru*

БОРОДУЛИНА
Галина Сергеевна

*Институт водных проблем Севера Карельского
научного центра Российской академии наук,
bor6805@yandex.ru*

Ключевые слова:

селен
экология
фотометрическое определение

Аннотация:

В обзоре обобщен материал по различным вариантам фотометрического определения селена в природных объектах и биологических материалах.

© 2014 Петрозаводский государственный университет

Рецензент: В. О. Козьминых

Получена: 06 декабря 2014 года

Опубликована: 17 декабря 2014 года

Введение

Селен является эссенциальным элементом, биологическая роль которого представлена в (Аникина, Никитина, 2002; Вапиров и др., 2002; Барабой, Шестакова, 2004; Галочкин, Галочкина, 2011). В последнее время интерес к исследованию содержания данного элемента в окружающей среде и биологических объектах возрастает не только в связи с изучением влияния его избытка или недостатка на организмы растений, животных и человека, но и в связи с возможной профилактикой и коррекцией патологического состояния с участием этого элемента (Вапиров и др., 2012). В связи с этим вопросы количественного определения селена становятся особенно актуальными.

Главной целью данного обзора было рассмотрение простых, чувствительных и быстрых вариантов фотометрического определения селена, как давно известных, так и абсолютно новых.

Аналитический обзор

Фотометрический метод определения селена является одним из наиболее удобных и до настоящего времени широко используется в анализах данного элемента. Это связано в первую очередь с доступностью аналитического оборудования, а также удобством и простотой метода.

Особый интерес для определения селена фотометрическим методом представляют реакции соединений селена (IV) с ароматическими о-диаминами. Все о-диамины могут быть использованы для спектрофотометрического метода определения селена. Следует отметить высокую чувствительность и избирательность этих реагентов при определении селена экстракционно-спектрофотометрическим методом.

Одним из первых в ряду о-диаминов для количественного определения селена был использован 3,3'-диаминобензидин (Назаренко, Ермаков, 1971). Реакция селена (IV) с 3,3'-диаминобензидином является одной из наиболее чувствительных и селективных реакций из всех известных в анализе неорганических соединений. Экстракция пиасоселенола органическим растворителем делает метод определения селена как более чувствительным, так и более селективным. Определению селена этим методом мешают как сильные окислители, так и восстановители. Окислители превращают

диаминобензидин в окрашенный семихинон, а восстановители осаждают элементный селен. Большие концентрации сульфатов также мешают определению селена. Метод позволяет определить 1,0 мкг селена в 10 мл толуола. Ошибка метода в интервале определения концентраций 6,0–60,0 мкг составляет $\pm 4,2$ %. Отметим, что чувствительность фотометрического метода не может быть увеличена из-за сильного поглощения растворов реагентов.

Одной из последних работ, в которых в качестве реагента для определения селена применен 3,3'-диаминобензидин, является (Katamoto et al., 2012). Авторы этим методом определяют селен в пищевых добавках. Комплекс селена с 3,3'-диаминобензидином экстрагировали толуолом и определяли абсорбцию раствора при длине волны 420 нм.

Удачное использование 3,3'-диаминобензидина привело к появлению множества публикаций, в которых изучены различные о-диамины для количественного анализа селена. Максимумы поглощения пиазоселеноловых комплексов, образованных о-диаминами, определяются электронными эффектами заместителей в бензольном кольце. Так, комплекс селена с о-фенилендиаминном в хлороформе характеризуется максимумом поглощения при длине волны 335 нм. 4-метил-, 4-хлор-, 4-нитро-, 4-диметиламино- и 4-метилтио-фенилендиамины имеют максимум поглощения при длинах волн соответственно: 337, 341, 350, 500 и 572 нм.

Для аналитических целей наиболее часто используют незамещенный о-фенилендиамин. Экстракционно-фотометрический метод с использованием этого реагента в хлороформе при соотношении фаз 1:1 обеспечивает извлечение 96 % селена, позволяет определять 0,5 мкг элемента в 5 мл экстракта (Назаренко, Ермаков, 1971).

В работе (Дедков и др., 2006) изучена возможность применения для фотометрического определения селена в водах производного фенилендиамина - 2-аминодифениленамина (2-АДФА). Методом изомолярных серий, а также с учетом данных элементного анализа установлено молярное отношение компонентов в образующемся комплексе (1:1). На кривых изомолярных серий отсутствуют четкие максимумы оптической плотности, что подтверждает нестабильность образующегося комплекса. Экспериментально установлено, что для полного связывания селена в комплекс необходим не менее чем 10-кратный избыток 2-АДФА. С увеличением температуры скорость комплексообразования увеличивается. Так, если при комнатной температуре реакция протекает за 3,5 часа, то при 80 °С этот процесс завершается за 5–10 минут. Оптимальное значение pH среды для образования комплекса соответствует 1–2. Повышение избирательности и чувствительности метода достигается авторами разработанного метода за счет использования экстракционно-спектрофотометрического варианта. Образующийся пиазоселенол экстрагируют в хлороформ, при этом в органический растворитель извлекается 95 % селена. Нижняя граница определяемых содержаний селена (IV) в разработанной методике составляет $5 \cdot 10^{-2}$ мкг/см³. Разработанная методика хорошо воспроизводима, что подтверждено методом «введено-найдено» при анализе реальных объектов. В пределах чувствительности метода авторами определено содержание селена в некоторых природных водах г. Москвы, которое составляет 1,52–2,05 мкг/л.

В статье (Ahmed et al., 2011) предложен метод определения селена с использованием производного о-фенилендиамина-2-ацетил-5-хлоротиофенфенилендиаминном (2-А-5ХТФДА). 2-А-5ХТФДА способен к образованию комплекса с селеном в соотношении 1:1. Комплекс очень прочный и характеризуется константой устойчивости, равной $4,4 \cdot 10^{10}$. Разработанный авторами способ с использованием указанного реагента рекомендован для определения селена в пробах воды и почвы.

Для определения селена в работе (Фадеева и др., 2011) применен 3,4,5,6-тетрафтор-1,2-диаминобензол. Указанный о-диамин является новым соединением и впервые синтезирован в Новосибирском институте органической химии им. Н. Н. Ворожцова СО РАН. Метод основан, как и с применением других о-диаминов, на образовании пиазоселенола с селеном (IV). Определению селена данным методом не мешают N, Cl, Br, F, S, P. По разработанной методике авторами проведено определение селена в ряде ароматических азот-, кислород-, сера- и фторсодержащих соединений с содержанием селена до 50 %. Относительная погрешность определения селена составляет $\pm 0,4$.

Пиазоселеноловые комплексы образуются и в реакции селена с ортоаминопроизводными нафталина: 1,2-диаминонафталином, 1,8-диаминонафталином и 2,3-диаминонафталином. Из всех известных в настоящее время органических реагентов, применяемых для количественного определения селена, 2,3-диаминонафталин является наиболее селективным и чувствительным. Высокая селективность при использовании 2,3-диаминонафталина определяется возможностью экстрагирования комплекса с селеном в кислой среде. К тому же коэффициент молярного поглощения образующего

комплекса намного выше, чем в случае использования 3,3'-диаминобензидина. Следует отметить, что наиболее часто 2,3-диаминонафталин используют не для фотометрического, а для флуориметрического метода определения селена. Именно флуориметрический метод позволяет добиться определения 0,002 мкг Se/мл.

Избирательный, чувствительный, простой и быстрый метод определения Se (IV) предложен в (Waghmode et al., 2013). Авторы в анализе использовали фурфуральдегидтиокарбогидразон. Образующееся в кислой среде комплексное соединение экстрагируется дихлорметаном. Диапазон определяемых концентраций данным методом равен 10–25 мкг/мл. Данный метод позволяет определить содержание селена в сплавах, фармацевтических препаратах и шампунях.

Некоторые серосодержащие органические реагенты, такие как диэтилдитиокарбамат, толуол-3,4-дителиол, диацетилдителиол и другие, являются малоселективными, так как вступают в реакцию и с соединениями теллура и других элементов. Отметим высокую чувствительность дитизона в реакции с селенистой кислотой, которая позволяет применять этот реагент в анализе селена. В статье (Mohammad et al., 2011) используется простой, быстрый и чувствительный метод определения Se (IV) в косметических и фармацевтических препаратах. В основе определения селена в данной работе лежит реакция Se (IV) с дитизоном. Константа устойчивости комплекса $1,13 \cdot 10^{22}$. Определяемый предел концентрации селена в данном случае равен 0,0044 мкг/мл при стандартном отклонении 2,18 %.

В (Deera and Lingappa, 2014) в качестве реагента для определения Se (IV) использовали ваниллин-2-аминоникотиновую кислоту (ВАНК). Этот метод рекомендован для определения селена в объектах окружающей среды. Образующийся комплекс имеет светло-желтое соединение с максимумом абсорбции при длине волны 360 нм. Комплекс является устойчивым в течение 24 часов. Относительная чувствительность метода 0,0013 мкг/мл. Анализировать данным методом возможно образцы объектов окружающей среды.

Целая серия фотометрических вариантов определения селена основана на окислении органических соединений селеном (IV). При этом довольно широко используются соединения, окисляющиеся селеном (IV) до солей диазония, которые в дальнейшей реакции азосочетания образуют окрашенные азосоединения. Некоторые из таких соединений приведены в (Назаренко, Ермаков, 1971).

В работе (Cherian, Narayana, 2006) собран материал из многих источников и приведен целый ряд веществ, используемых для определения селена фотометрическим методом, с указанием диапазона измерений и мешающих компонентов. Для определения Se (IV) в растительных объектах, воде и почве авторы предлагают фотометрический метод, основанный на окислении селеном (IV) в кислой среде фенолгидразин-п-сульфоновой кислоты до соли диазония, которая с ацетилацетоном или этилацетоацетоном в щелочной среде образует окрашенные азосоединения.

В работе (Ranjana et al., 2010) также рассмотрено определение Se (IV) с использованием фенолгидразин-п-сульфоновой кислоты, но при этом объектом определения является человеческая кровь, плазма и сыворотка крови.

Простой экспресс-анализ определения селена, разработанный в (Matamoros and Benning, 2008), также основан на образовании соли диазония с последующей реакцией азосочетания. Максимальная абсорбция раствора наблюдается на длине волны, равной 545 нм.

Возможны и другие варианты окисленных селеном (IV) органических соединений. В работе (Krishnaiah, 2003) в качестве реагента для определения селена использовали 2,4-динитрофенилгидразин-гидрохлорид. Данное производное гидразина окисляется в кислой среде селеном (IV), а затем с N-(1-нафтил) этилендиамин дигидрохлоридом образуется азосоединение розового цвета. В качестве другого восстановителя авторами использован 4-аминорезорцин гидрохлорид, который после окисления в конденсации с 2,4-динитрофенилгидразином образует гидразон оранжевого цвета. Раствор розового цвета фотометрируется при длине волны, равной 520 нм, а оранжевый раствор – при 495 нм. В первом случае уровень определения селена находится в диапазоне 0,03–3,5 мкг/мл, во втором случае – 0,07–2,5 мкг/мл. Данным методом может быть проанализирована сточная вода, природная вода, растительный материал, образцы почвы и синтетические соединения.

В основе метода определения селена, разработанном (Suvardhan et al., 2007), лежит окисление N-(1-нафтален-1-ил) этан-1,2-диамин дигидрохлоридом селеном в кислой среде и последующей реакцией с 4-аминопиридином. Данный способ определения селена высокочувствителен и применяется для различных растительных образцов.

На спектрофотометрическом контроле основан и метод количественного определения селена с реагентом азуром Б (Mathew and Narayana, 2006). В основе данного определения лежит окисление

йодида калия селеном (IV) в кислой среде, в результате чего происходит высвобождение сводного йода, который обесцвечивает окрашенный в фиолетовый цвет раствор азура Б. Контроль осуществляется спектрофотометрически на длине волны поглощения азура 644 нм. Концентрацию йода рассчитывают по разности концентраций заготовки азура и его остатка после реакции.

В работе (Булатов, 2007) предложен метод селективного фотометрического определения селена в водных средах с использованием 2-(*n*-нитрофенил)-3,5-дифенилтетразолия хлорида (НТФТЗ). Селен (IV) в данном методе восстанавливают до селеноводорода борогидридом натрия, и далее в реакции селеноводорода с НТФТЗ образуется нерастворимый в воде окрашенный формазан. Для экстракции формазана могут быть использованы толуол, изоамиловый спирт и хлороформ. Максимумы поглощения формазана в органических растворителях лежат в области 480–490 нм. Определению селена по предложенной методике мешают элементы As(III), Sb(III), Bi(III), которые образуют летучие гидриды, являющиеся сильными восстановителями. Для устранения мешающего влияния примесей авторами выбрана двухстадийная схема выделения аналита. На первой стадии сероводород поглощают раствором нитрата свинца с образованием селенида свинца, при этом гидриды мышьяка, сурьмы и висмута не поглощаются. На второй стадии после подкисления раствора выделяется селеноводород, который в потоке азота переносится в раствор НТФТЗ. Методика апробирована на определении селена в водопроводной воде и в овощном соке. Градуировочный график линеен в диапазоне концентраций селена 10–100 мкг/л. Предел обнаружения селена – 0,5 мкг/л.

Известны методы спектрофотометрического определения селена, основанные на каталитическом участии соединений в некоторых реакциях (Назаренко, Ермаков, 1971). Описан метод определения селена с использованием каталитической реакции восстановления 1,4,6,11-тетразонафтацена фосфиновой кислотой в кислой среде с образованием 1,6-дигидропроизводного нафтацена синего цвет, а также предложен метод определения следовых количеств селена, основанный на участии этого элемента в реакции восстановления метиленового синего сульфидом натрия в щелочной среде в присутствии Fe (III) и комплексона III.

Спектрофотометрическое определение селена, описанное в работе (Афхами, Иосаед, 1999), основано на каталитической реакции метилового фиолетового с сульфид-ионом. Катализатором данного процесса выступает Se(IV). Контроль за реакцией осуществляется спектрофотометрически на длине волны 590 нм с использованием фиксированного времени. При этом на указанной длине волны в течение 0,5–3 минут после начала реакции регистрировали уменьшение оптической плотности раствора. Градуировочный график при использовании данного метода линеен в диапазоне 80–1800 нг/мл, коэффициент корреляции 0,999. При разработке метода авторы учли влияние на скорость реакции множества факторов: pH среды, концентрации сульфид-ионов и метилового фиолетового, ионную силу раствора и температуру, что позволило очень тщательно подбирать оптимальные условия процесса. Авторами работы также изучено влияние различных катионов и анионов на определение селена. Для устранения мешающего влияния катионов, образующих нерастворимые соединения с сульфид-ионом, использована катионообменная смола в Na-форме (Lewatite S-1080, Merk) при использовании воды в качестве элюента. Отметим, что определение Se (IV) в этом методе возможно в присутствии Se (VI), даже если концентрация Se (VI) в 400 раз выше, чем Se (IV). Разработанный авторами метод был применен для анализа селена в водах и в гигиенических товарах (шампунь для устранения перхоти, который содержит сульфид селена).

Библиография

Аникина Л. В., Никитина Л. П. Селен. Экология, патология, коррекция [Selenium. Ecology, pathology, correction]: Монография. Чита, 2002. 400 с.

Афхами А., Иосаед Ф. Спектрофотометрическое определение селена по каталитической реакции метилового фиолетового с сульфидом [Spectrophotometric determination of selenium by catalytic reaction of methyl violet with sulfide] // ЖАХ. 1999. № 12. Т. 54. С. 1268–1271.

Барабой В. А., Шестакова Е. Н. Селен: биологическая роль и антиоксидантная активность [Selenium: biological role and antioxidant activity] // Укр. біохім. журн. 2004. № 1. Т. 76. С. 23–32.

Булатов А. В. Селективное фотометрическое определение селена в водных средах [Selective photometric determination of selenium in aquatic media] // ЖАХ. 2007. № 5. Т. 62. С. 473–476.

Вапиров В. В., Шубина М. Э., Вапирова Н. В., Беличенко В. И., Шубин И. В. Селен. Некоторые аспекты химии, экологии и участия в развитии патологии [Selenium. Some aspects of chemistry, ecology, and participation in the development of pathology]. Рукопись депонирована в ВИНТИ (ГЦМНБ). № Д-26993.04.03.2002. 74 с.

Вапиров В. В., Шубина М. Э., Шубин И. В., Венскович А. А. Селен: актуальные медицинские, эпидемиологические и экологические проблемы Республики Карелия [Selenium: actual medical, epidemiological and ecological problems in the Republic of Karelia] // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер.: "Естественные и технические науки". 2012. № 6. С. 40-43.

Галочкин В. А., Галочкина В. П. Органические и минеральные формы селена, их метаболизм, биологическая доступность и роль в организме [Organic and mineral selenium, its metabolism, bioavailability and role in the organism] // Сельскохозяйственная биология. 2011. № 4. С. 3-15.

Дедков Ю. М. и др. Спектрофотометрическое определение селена (IV) в водах [Spectrophotometric determination of selenium (IV) in the waters] // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2006. № 10. Т. 72. С. 13-18.

Назаренко И. И., Ермаков А. Н. Аналитическая химия селена и теллура [Analytical chemistry of selenium and tellurium]. М.: Наука, 1971. 251 с.

Фадеева В. П. и др. Экстракционно-спектрофотометрическое определение селена в органических веществах с применением нового реагента 3,4,5,6-тетрафтор-1,2-диаминобензола [Extractive-spectrophotometric determination of selenium in organic compounds using a new reagent 3,4,5,6-tetrafluoro-1,2-diaminobenzene] // IX Научная конференция «Аналитика Сибири и Дальнего Востока»: сборник материалов. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2011. С. 148.

Ahmed et al. Spectrophotometric determination of selenium in water, soil samples using 2-acetyl-5-chlorothiophene, phenylenediamine // Int J Chem Res. 2011. Vol. 2. P. 46-48.

Cherian T., Narayana B. A new system for spectrophotometric determination of trace amounts of selenium // Indian Journal at Chemical Technology. 2006. Vol. 13. P. 222-225.

Deepa K. and Lingappa Y. Spectrophotometric determination of selenium in industrial and environmental samples using vanillin-2-aminonicotinic acid (VANA) // Der Pharma Chemica. 2014. Vol. 6. P. 52-60.

Katamto Lina et al. A Spectrophotometric determination of selenium in food supplements using 3,3DABH as a chromogenic - with applied microwave digestion method // World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 2012. Vol. 1. P. 820-830.

Krishnaiah L. Simple spectrophotometric determination of trace of selenium in environmental samples // Proceedings of the Third International Conference on Environment and Health. 2003. Vol. 12. P. 217-225.

Matamoros A., Benning L. G. Spectrophotometric determination of low-level concentrations of Se in aqueous solutions // Mineralogical Magazine. 2008. Vol. 72. P. 451-454.

Mendalin Mathew, Badiadka Narayana. An easy spectrophotometric determination of selenium using azure B as a chromogenic reagent // Indian Journal at Chemical Technology. 2006. Vol. 13. P. 455-458.

Mohamnad Hosein Sovuraddin at al. A New Spectrophotometric Method for Determination of Selenium in Cosmetic and Pharmaceutical Preparations after Preconcentration with Cloud Point Extraction // International Journal of Analytical Chemistry. 2011. Vol. 8. P. 1-9.

Ranjana S. Khanna at al. Clinical Significance and Analytical Determination of Trace Amounts of Selenium in Human Blood-Spectrophotometric Technique // The Open Medical Devices Journal. 2010. Vol. 2. P. 69-72.

Suvaradhan K. et al. Selenium determination in various vegetable samples by spectrophotometry // Food Chemistry. 2007. Vol. 103. P. 1044-1048.

Waghmode D. P. et al. Extractive spectrophotometric methods for the determination of selenium (IV) with furfuraldehyde thiocarbohydrazone (FATCH) in environmental samples // International Journal of Chemical Science and Technology. 2013. Vol. 3. P. 1-8.

Options for the photometric determination of selenium

**VAPIROV
Vladimir**

Petrozavodsk State University, vapirov@petrsu.ru

**VENSKOVICH
Ani**

Petrozavodsk State University, ajdanna@yandex.ru

**BORODULINA
Galina**

*Institute of Water Problems of the North of Karelian
Research Centre RAS, bor6805@yandex.ru*

Keywords:

selenium
ecology
the photometric determination of
selenium

References

Summary:

The review summarizes the material on the various options for the photometric determination of selenium in natural objects and biological materials.

Anikina L. V. Nikitina L. P. Selenium. Ecology, pathology, correction: Monografiya. Chita, 2002. 400 p.

Afhami A. Iosaed F. Spectrophotometric determination of selenium by catalytic reaction of methyl violet with sulfide, *ZhAH*. 1999. No. 12. T. 54. pp. 1268-1271.

Baraboy V. A. Shestakova E. N. Selenium: biological role and antioxidant activity, *Ukr. biohim. zhurn.* 2004. No. 1. T. 76. P. 23-32.

Bulatov A. V. Selective photometric determination of selenium in aquatic media, *ZhAH*. 2007. No. 5. T. 62. P. 473-476.

Vapirov V. V. Shubina M. E. Vapirova N. V. Belichenko V. I. Shubin I. V. Selenium. Some aspects of chemistry, ecology, and participation in the development of pathology. *Rukopis' deponirovana v VINITI (GCMNB)*. No. D-26993.04.03.2002. 74 p.

Vapirov V. V. Shubina M. E. Shubin I. V. Venskovich A. A. Selenium: actual medical, epidemiological and ecological problems in the Republic of Karelia, *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta*. Ser.: "Estestvennye i tehicheskie nauki". 2012. No. 6. P. 40-43.

Galochkin V. A. Galochkina V. P. Organic and mineral selenium, its metabolism, bioavailability and role in the organism, *Sel'skohozyaystvennaya biologiya*. 2011. No. 4. P. 3-15.

Dedkov Yu. M. Spectrophotometric determination of selenium (IV) in the waters, *Zavodskaya laboratoriya*. Diagnostika materialov. 2006. No. 10. T. 72. P. 13-18.

Nazarenko I. I. Ermakov A. N. Analytical chemistry of selenium and tellurium. M.: Nauka, 1971. 251 p.

Fadeeva V. P. Extractive-spectrophotometric determination of selenium in organic compounds using a new reagent 3,4,5,6-tetrafluoro-1,2-diaminobenzene, *IX Nauchnaya konferenciya «Analitika Sibiri i Dal'nego Vostoka»*: sbornik materialov. Krasnoyarsk: Sibirskiy federal'nyy un-t, 2011. P. 148.

Ahmed et al. Spectrophotometric determination of selenium in water, soil samples using 2-acetyl-5-chlorothiophene, phenylenediamine, *Int J Chem Res*. 2011. Vol. 2. P. 46-48.

Cherian T., Narayana B. A new system for spectrophotometric determination of trace amounts of selenium, *Indian Journal at Chemical Technology*. 2006. Vol. 13. P. 222-225.

Vapirov V., Venskovich A., Borodulina G. Options for the photometric determination of selenium // *Principy èkologii*. 2014. Vol. 3. № 3. P. 4–10.

Deepa K. and Lingappa Y. Spectrophotometric determination of selenium in industrial and environmental samples using vanillin-2-aminonicotinic acid (VANA) , *Der Pharma Chemica*. 2014. Vol. 6. P. 52-60.

Katamto Lina et al. A Spectrophotometric determination of selenium in food supplements using 3,3DABH as a chromogenic - with applied microwave digestion method, *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 2012. Vol. 1. P. 820-830.

Krishnaiah L. Simple spectrophotometric determination of trace of selenium in environmental samples , *Proceedings of the Third International Conference on Environment and Health*. 2003. Vol. 12. P. 217-225.

Matamoros A., Benning L. G. Spectrophotometric determination of low-level concentrations of Se in aqueous solutions, *Mineralogical Magazine*. 2008. Vol. 72. P. 451-454.

Mendalin Mathew, Badiadka Narayana. An easy spectrophotometric determination of selenium using azure B as a chromogenic reagent, *Indian Journal at Chemical Technology*. 2006. Vol. 13. P. 455-458.

Mohammad Hosein Sovuraddin at al. A New Spectrophotometric Method for Determination of Selenium in Cosmetic and Pharmaceutical Preparations after Preconcentration with Cloud Point Extraction, *International Journal of Analytical Chemistry*. 2011. Vol. 8. P. 1-9.

Ranjana S. Khanna at al. Clinical Significance and Analytical Determination of Trace Amounts of Selenium in Human Blood-Spectrophotometric Technique, *The Open Medical Devices Journal*. 2010. Vol. 2. P. 69-72.

Suvaradhan K. et al. Selenium determination in various vegetable samples by spectrophotometry, *Food Chemistry*. 2007. Vol. 103. P. 1044-1048.

Waghmode D. P. et al. Extractive spectrophotometric methods for the determination of selenium (IV) with furfuraldehyde thiocarbohydrazone (FATCH) in environmental samples, *International Journal of Chemical Science and Technology*. 2013. Vol. 3. P. 1-8.