

Экологические проблемы биохимии и технологии

УДК 543.068.8

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРИМЕРЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВИНЦА, КАДМИЯ И МЕДИ

В.И. Боган, М.Б. Ребезов

В статье представлены результаты исследования возможности определения ионов кадмия (II), свинца(II) и меди(II) потенциометрическими методами стандартных добавок, прямой потенциометрии и потенциометрическим титрованием в пределах концентрации находящихся за пределами нижней границы чувствительности электродов заявленной производителем, с использованием стандартных растворов определяемых ионов, а так же стандартных растворов определяемых ионов на фоне друг друга, а так же на фоне мешающих ионов, с последующим их удалением, отвечающим таким параметрам как простота исполнения. Расширение используемых методов анализа, появление новых методов в аналитической химии приводит к изменению структуры применяемых физико-химических методов и увеличению объемов проводимых лабораториями исследований. С целью внедрения новых экспресс методов определения токсичных веществ, гарантирующих точность измерений содержания определяемых веществ в исследуемом объекте и оценки показателей безопасности продовольственного сырья и пищевой продукции в частности. В ходе предварительных исследований была выявлена необходимость повышения чувствительности ионселективных электродов и снижения минимального предела обнаружения, введения маскирующих агентов или процессов способствующих удалению мешающих веществ, а так же концентрирование определяемых веществ без использования сложных методов разделения и концентрирования. Авторами выявлено, что величина достоверности аппроксимации градуировочной зависимости близка к единице, что говорит о возможности применения метода прямой потенциометрии и метода добавок при малых концентрациях определяемого иона. Так же предложены варианты повышения точности определения с помощью замены хлор серебряного электрода сравнения на нитрат-селективный электрод, что позволяет исключить изменение потенциала из-за изменения концентраций фоновых веществ. Авторами предложены варианты удаления мешающих ионов таких как ион железа(III), влияние которого устраняется кипячением раствора с последующим фильтрованием, на содержание определяемых ионов кипячения влияния не оказало, а так же влияние ионов меди(II), которое устраняется добавлением к исследуемому раствору стандартного раствора тиосульфата натрия, на содержание определяемого иона присутствие тиосульфата влияние не оказывает. Работы проводятся по контракту «Разработка технологий, технических решений и программного обеспечения в сфере информационно-телекоммуникационных систем, электроники, медицины, машиностроения, получения новых материалов и производства новых видов пищевых продуктов», заключенного в рамках программы «Участник молодежного научно-инновационного конкурса», организованной Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

Ключевые слова: физико-химические методы, лабораторные методы исследования, аналитическая химия, биотехнология.

В последнее время уделяется большое внимание контролю качества продовольственного сырья и пищевой продукции, и одним из основных показателей качества является содержание тяжелых металлов [1–7]. Расширение используемых методов анализа, появление новых методов в аналитической химии

приводит к изменению структуры применяемых физико-химических методов и увеличению объемов проводимых лабораториями исследований.

С целью внедрения новых экспресс-методов определения токсичных веществ, гарантирующих точность измерений содержа-

Экологические проблемы биохимии и технологии

ния определяемых веществ в исследуемом объекте и оценки показателей безопасности продовольственного сырья и пищевой продукции в частности, нами поставлена задача разработки метода исследования, в основе которого заложены следующие параметры:

- простота исполнения и повышение качества анализа (на результаты определения не влияет состав исследуемого образца («фон»);

- снижение инструментальной ошибки определения;

- сокращение ассортимента используемых реактивов, а также использование оборудования многоцелевого использования (в методике используются приборы (рН-метр и бюретки), которые используются в любых лабораториях по контролю качества) позволяет сократить экономические издержки; возможность использования в «полевых» условиях.

В ходе предварительных исследований была выявлена необходимость повышения чувствительности ионселективных электродов и снижения минимального предела обнаружения, введения маскирующих агентов или процессов способствующих удалению мешающих веществ, а также концентрирование определяемых веществ без использования сложных методов разделения и концентрирования [8–12].

С целью решения поставленных задач мы провели ряд комплексных оценок по выбранным критериям.

На первом этапе был заменен стандартный хлорсеребряный электрод сравнения на ионселективный электрод.

Необходимость такой замены обусловлена рядом факторов. Во-первых, электрод сравнения заполняется раствором электролита, который в процессе использования переходит в исследуемый раствор и влияет на величину потенциала ионселективного электрода, во-вторых, необходимо следить за уровнем заполнения электролита, в-третьих, хлорсеребряный электрод сравнения чувствителен

ко всем ионам в растворе.

Вследствие всех этих факторов возможно искажение (флуктуация) показаний иономера, связанное не с изменением содержания определяемого вещества, а с изменением содержания фоновых веществ, особенно это важно когда проводятся измерения за нижней границей чувствительности электрода, когда даже незначительные отклонения значений показаний иономера при обработке результатов измерений влекут большую погрешность определения содержания определяемого вещества в исследуемом образце.

В качестве электрода сравнения был выбран нитратселективный электрод ЭЛИС-121NO₃, который показал величину крутизны электродной функции в диапазоне от –28,00 до –29,00 мВ/рХ для электродов ЭЛИС-131Pb ЭЛИС-131Cd, ЭЛИС-131Cu, на фоне ацетатного буферного раствора с рН = 6 и БРОИС 0,1 моль/дм³ KNO₃, которые задавали постоянное значение ионселективного электрода сравнения. Однако использование ионселективного электрода в качестве электрода сравнения требует наличия переходника с разъема BNC-7001 на штепсель ШП 4-2 ГаО.364.008ТУ.

Следующим этапом исследования стала комплексная оценка возможности определения тяжелых металлов за нижним пределом чувствительности ионселективных электродов, это обусловлено очень малым содержанием определяемых веществ в продовольственном сырье и продуктах питания. Нами был проведен ряд исследований по возможности определения кадмия, свинца и меди с использованием как соответствующего элементу ионселективного электрода, так и с использованием электрода на другой элемент (ион) [1].

С этой целью были построены градуировочные графики с использованием стандартных растворов определяемых веществ на фоне ацетатного буферного раствора с рН = 6 в диапазоне концентраций на порядок меньший указанных в паспортах к электродам (табл. 1) в трех параллельных измерениях, для каждого

Таблица 1
Диапазон измеряемых концентраций за нижней границе чувствительности электродов

Электрод	Определяемый ион	Диапазон измеряемых концентраций, мг/дм ³	Диапазон измеряемых концентраций, моль/дм ³
ЭЛИС-131Cu	Cu ²⁺	0,006–0,06	1·10 ⁻⁷ – 1·10 ⁻⁶
ЭЛИС-131Cd	Cd ²⁺	0,0112–0,112	
ЭЛИС-131Pb	Pb ²⁺	0,021–0,21	

из ионселективных электродов и для каждого определяемого иона.

В качестве критерия оценки правильности измерений выбрана величина достоверности аппроксимации R^2 , а для оценки чувствительности угол наклона градуировочного графика. Результаты исследования приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2
Величина достоверности аппроксимации градуировочной зависимости в диапазоне концентраций $1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-6}$ моль/дм³

Электрод	Элемент		
	Cu ²⁺	Cd ²⁺	Pb ²⁺
ЭЛИС-131Cu	0,988	0,965	0,959
ЭЛИС-131Cd	–	0,979	0,987
ЭЛИС-131Pb	–	0,961	0,976

Таблица 3
Величина угла наклона градуировочной зависимости в диапазоне концентраций $1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-6}$ моль/дм³

Электрод	Элемент		
	Cu ²⁺	Cd ²⁺	Pb ²⁺
ЭЛИС-131Cu	$2 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^7$
ЭЛИС-131Cd	–	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^7$
ЭЛИС-131Pb	–	$1 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^7$

Из полученных результатов следует, что в указанных диапазонных концентрациях, находящихся за нижней границе чувствительности электрода, возможно определение указанных ионов в стандартном растворе методом градуировочного графика. Также можно сделать вывод о том, что электроды ЭЛИС-131Cd и ЭЛИС-131Pb не чувствительны к присутствию ионов меди (II).

Так же необходимо оценить влияние сопутствующих ионов и возможность совместного определения ионов кадмия (II), свинца (II) и меди (II) или на фоне друг друга. Для этого были приготовлены стандартные растворы ионов кадмия (II), свинца (II) и меди (II) в которые вносились добавки стандартных растворов ионов кальция (II), магния (II), цинка (II) и железа (III).

Измерение показания потенциалов до внесения и после внесения каждой из добавок показало, что мешающим ионом для всех трех

ионселективных электродов является ион железа (III), влияние которого устраняется кипячением раствора с последующим фильтрованием, на содержание определяемых ионов кипячения влияния не оказало.

Нами были проведены исследования по возможности использования данного определения по методу потенциометрического титрования стандартным раствором Трилона-Б на фоне ацетатного буферного раствора с pH = 6. С этой целью были приготовлены стандартные растворы ионов кадмия (II), свинца (II) и меди (II) на фоне 10 кратного избытка ионов кальция (II), магния (II), цинка (II) и железа (III), оценка их влияния осуществлялась путем сравнения результатов потенциометрического титрования и полученных кривых титрования с результатами титрования контрольных проб. На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что на результаты потенциометрического титрования оказывает влияние ион железа(III), сглаживая кривую титрования, что не дает возможности определить точку эквивалентности. После кипячения исследуемого раствора результаты титрования совпадают с результатами контрольной пробы, на содержание определяемых ионов кипячения влияния не оказало.

Возможность совместного определения ионов кадмия (II), свинца (II) и меди (II) или на фоне друг друга, оценивалась методом добавок и методом потенциометрического титрования.

По методу стандартных добавок с использованием ионселективных электродов:

– ЭЛИС-131Cd: мешающее влияние оказывает ионы свинца (II), завышая результаты определения кадмия на количество внесенного количества ионов свинца (II). Ионы меди (II) влияния не оказывают;

– ЭЛИС-131Pb: мешающее влияние оказывает ионы кадмия (II), завышая результаты определения свинца на количество внесенного количества ионов кадмия (II). Ионы меди (II) влияния не оказывают;

– ЭЛИС-131Cu: мешающее влияние оказывает ионы свинца (II) и кадмия (II), завышая результаты определения кадмия на соответствующее количество внесенных ионов свинца (II) и кадмия (II).

По методу потенциометрического титрования с использованием ионселективных электродов:

– ЭЛИС-131Cd: мешающее влияние оказывает ионы свинца (II) и меди (II), завышая

результаты определения кадмия на количество внесенного количества ионов свинца (II) и меди (II). Мешающее влияние меди (II) устраняется добавлением к исследуемому раствору стандартного раствора тиосульфата натрия, на содержание определяемого иона присутствие тиосульфата влияние не оказывает;

– ЭЛИС-131Pb: мешающее влияние оказывает ионы кадмия (II) и меди (II), завышая результаты определения свинца на количество внесенного количества ионов кадмия (II) и меди (II). Мешающее влияние меди (II) устраняется добавлением к исследуемому раствору стандартного раствора тиосульфата натрия, на содержание определяемого иона присутствие тиосульфата влияние не оказывает;

– ЭЛИС-131Cu: мешающее влияние оказывает ионы свинца (II) и кадмия (II), завышая результаты определения кадмия на соответствующее количество внесенных ионов свинца (II) и кадмия (II).

Из полученных данных можно сделать вывод, что при совместном присутствии ионов кадмия (II), свинца (II) и меди (II), ионы кадмия (II) и свинца (II) определяются только совместно как методом стандартных добавок так и методом потенциометрического титрования. Содержание меди (II) можно определить путем косвенного титрования, с использованием электрода ЭЛИС-131Cu, определив сначала суммарную концентрацию ионов кадмия, свинца и меди, а после суммарную концентрацию ионов кадмия и свинца, замаскировав ионы меди раствором тиосульфата натрия.

Наши работы [13–17] проводятся по контракту «Разработка технологий, технических решений и программного обеспечения в сфере информационно-телекоммуникационных систем, электроники, медицины, машиностроения, получения новых материалов и производства новых видов пищевых продуктов», заключенного в рамках программы «Участник молодежного научно-инновационного конкурса», организованной Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

Литература

1. Гаязова, А.О. Оценка качества и безопасности разработанного мясорастительного рубленого полуфабриката. / А.О. Гаязова, М.Б. Ребезов, М.А. Попова, С.В. Лукиных // Молодой ученый. – 2014. – № 10. – С. 133–136.

2. Мазаев, А.Н. Результаты исследований безопасности разработанного творожного изделия. / А.Н. Мазаев., Г.К. Альхамова, М.Б. Ребезов, В.И. Боган // Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны: материалы международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – СПб: Издательство ФГБОУ ВПО «СПбГАВМ», – 2013. – С. 74–76.

3. Лукиных, С.В. Оценка качества и безопасности разработанного рулета из мяса птицы. / С.В. Лукиных, М.Б. Ребезов, М.А. Попова, А.О. Гаязова // Молодой ученый. – 2014. – № 10. – С. 168–171.

4. Попова, М.А. Оценка качества и безопасности разработанного йогурта / М.А. Попова, М.Б. Ребезов, А.О. Гаязова, С.В. Лукиных. // Молодой ученый. – 2014. – № 10. – С. 199–202.

5. Ребезов, М.Б. Контроль качества результатов анализа пищевых продуктов (при реализации методик фотозлектрической колориметрии и инверсионной вольтамперометрии) / М.Б. Ребезов, А.М. Белокаменская, Н.Н. Максимюк и др. // Тамақ, жеңіл өнеркәсіптері мен қонақжайлылық индустриясының, Алматы технологиялық университетінің 55 жылдығына арналған: мат. халықаралық ғылыми-тәжірибелік конф. – Алматы: АТУ, 2012. – Б. 284–287.

6. Ребезов, М.Б. Контроль качества результатов определения кадмия в пищевых продуктах методом инверсионной вольтамперометрии и атомно-абсорбционной спектрометрии / М.Б. Ребезов, А.М. Белокаменская, А.Н. Мазаев и др. // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса: ОНАХТ, 2012. – Вип. 42. – Т. 2. – С. 378–384.

7. Ребезов, М.Б. Мониторинг результатов анализа проб пищевых продуктов и продовольственного сырья на содержание свинца, кадмия и мышьяка / М.Б. Ребезов, А.М. Белокаменская, А.А. Соловьева и др. // Ғылым. Білім. Жастар, Алматы технологиялық университетінің 55-жылдығына арналған республикалық жас ғалымдар конференциясы. – Алматы: АТУ, 2012. – С. 158–160.

8. Белокаменская, А.М. Оценка методов инверсионной вольтамперометрии, атомно-абсорбционного и фотометрического анализа токсичных элементов в продовольственном сырье и пищевых продуктах (монография) / А.М. Белокаменская, М.Б. Ребезов, О.В. Зини-

на и др. – Челябинск: Издательский центр ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ), 2012. – 128 с.

9. Белокаменская, А.М. Подбор современного оборудования для определения токсичных элементов с целью обеспечения качества испытаний / А.М. Белокаменская, М.Б. Ребезов // Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства: материалы XI международной научно-практической конференции – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – С. 292–296.

10. Белокаменская, А.М. Применение физико-химических методов исследования в лабораториях Челябинской области / А.М. Белокаменская, М.Б. Ребезов, Я.М. Ребезов, О.В. Зинина // Молодой ученый. – 2013. – № 4. – С. 48–53.

11. Белокаменская, А.М. Сравнительная оценка методов исследований содержания токсичных элементов в продовольственном сырье и пищевых продуктах / А.М. Белокаменская, О.В. Зинина, Л.С. Прохасько, Я.М. Ребезов // Экономика и бизнес. Взгляд молодых: сборник материалов Международной заочной научно-практической конференции молодых ученых, 3 декабря 2012 г. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – С. 236–238.

12. Ребезов, М.Б. Контроль качества результатов исследований продовольственного сырья и пищевых продуктов на содержание свинца / М.Б. Ребезов, А.М. Белокаменская,

О.В. Зинина и др. // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2012. – № 1. – Т. 2. – С. 157–162.

13. Боган, В.И. Совершенствование методов контроля качества продовольственного сырья и пищевой продукции / В.И. Боган, М.Б. Ребезов, А.Р. Гайсина и др. // Молодой ученый. – 2013. – № 10. – С. 101–105.

14. Боган, В.И. Способ потенциометрического контроля качества продовольственного сырья и пищевой продукции / В.И. Боган, А.Р. Гайсина // Естественные и математические науки в современном мире. – 2013. – № 10–11. С. 169–174.

15. Боган, В.И. Способ потенциометрического определения токсичных веществ в пищевой продукции / В.И. Боган, А.Р. Гайсина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2013. – № 10–2 (17). – С. 13–14.

16. Голованов, В.И. Обработка результатов потенциометрических измерений при использовании метода двойных стандартных добавок / В.И. Голованов, В.И. Боган // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2012. – Т. 78. – № 12. – С. 26–28.

17. Патент №2413211 Российская Федерация, МПК G01N27/42. Способ потенциометрического определения вещества / Голованов В.И., Боган В.И.; заявитель и патентообладатель «Южно-Уральский государственный университет». – № 2009147066/28; заявл. 17.12.2009; опубл. 27.02.2011.

Боган Владимир Иванович. Аспирант кафедры «Прикладная биотехнология» Института экономики, торговли и технологий, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), rbio@ua.ru.

Ребезов Максим Борисович. Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная биотехнология» Института экономики, торговли и технологий, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), rebezov@ua.ru.

Поступила в редакцию 20 июля 2014 г.

**IMPROVEMENT OF THE POTENTIOMETRIC METHOD
FOR TOXIC ELEMENTS SPECIFICATION ON THE BASIS
OF LEAD, CADMIUM AND COPPER**

V.I. Bogan, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

M.B. Rebezov, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The results of analysis of possibility to define ions of cadmium (II), lead (II) and copper (II) with potentiometric standard addition methods, ionometry and potentiometric titration within concentration limits outside the lower bound of electrodes sensitivity declared by the producer, with the use of reference solutions of defined ions, and reference solutions of defined ions against each other, and against stirring ions, with their following removal corresponding to such parameters as simplicity of execution are given in the article. The extension of the methods of analysis as well as new methods of analytical chemistry lead to structural changes of applied physical and chemical methods and the increase of the scope of research performed by the laboratories to implement new rapid methods of toxic elements specification guaranteeing the accuracy of measurements in the concentration of defined elements in the studied object and the assessment of food stock safety indexes in particular. Within preliminary analysis the necessity of sensitivity increase for ion-selective electrodes and decrease in a minimum limit of detection, introduction of masking agents or processes contributing to the removal of stirring substances as well as concentration of specified substances without use of complex separation and concentration methods is revealed. The authors prove that the accuracy index of calibration dependence approximation is close to the unity which proves the possibility to apply direct potentiometry method as well as standard addition method at small concentration of a defined ion. The options to increase the accuracy of specification by means of silver chloride electrode replacement with nitrate selective electrode which excludes potential change because of changes in concentration of background elements are given. The authors provide options for removal of such stirring ions as iron (III) ion the influence of which is reduced with solution boiling with the following filtering, there is no effect on concentration of defined ions because of boiling, and the effect of copper (II) ions which is reduced with standard solution of sodium thiosulphate addition to the studied solution, there is no effect of thiosulphate on the concentration of a specified ion. The research is performed under Agreement "Development of Technologies, Technical Solutions and Software in the Sphere of Informational and Telecommunication Systems, Electronics Medicine, Mechanical Engineering, New Materials and New Types of Food Stock Production", concluded within the "Participant of Youth Scientific and Innovative Competition" program organized by the Fund of assistance to development of small enterprises in scientific and technical spheres.

Keywords: physical and chemical methods, laboratory research techniques, analytical chemistry, biotechnology.

References

1. Gayazova A.O., Rebezov M.B., Popova M.A., Lukinykh S.V. [Quality and Safety Assessment of Developed Meat Chopped Prepared Food]. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist]. 2014, no. 10, pp. 133–136. (in Russ.)

2. Mazaev A.N., Al'khamova G.K., Rebezov M.B., Bogan V.I. [The Results of Research of Caseous Product Safety]. *Znaniya molodykh dlya razvitiya veterinarnoy meditsiny i APK strany: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh* [Experience of the Youth to Develop Veterinary Medicine and Agricultural Sector of the Country: Proceedings of International Science Students, Postgraduates and Young Scientist Conference]. St. Petersburg, 2013, pp. 74–76. (in Russ.)

3. Lukinykh S.V., Rebezov M.B., Popova M.A., Gayazova A.O. [Quality and Safety Assessment of Poultry Rolled Cake]. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist]. 2014, no. 10, pp. 168–171. (in Russ.)

4. Popova M.A., Rebezov M.B., Gayazova A.O., Lukinykh S.V. [Quality and Safety Assessment of Yoghourt]. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist]. 2014, no. 10, pp. 199–202. (in Russ.)

5. Rebezov M.B., Belokamenskaya A.M., Maksimyuk N.N., Mazaev A.N., Rebezov Ya.M. [Quality Control of the Results of Food Products Analysis (at Implementation of Photoelectric Colorimetry and Stripping Voltammetry)]. *Tamaq, zheñil önerkäsipteri men qonaqzhaylylyk industriyasynun, Almaty tekhnologiyalyq universitetiniñ 55 zhyldyzyna arnalzan : mat. khalyqaralyq zylymi-tazhiribelik konf.* Almaty, 2012, pp. 284–287. (in Kaz.)

6. Rebezov M.B., Belokamenskaya A.M., Mazaev A.N., Rebezov Ya.M., Maksimyuk N.N. [Quality Control of the Results of Cadmium Determination in Food Products by Stripping Voltammetry and Atom and Absorption Spectrometry]. *Naukovi pratsi Odes'koï natsional'noi akademii kharchovikh tekhnologiy.* Odesa, 2012, iss. 42, vol. 2, pp. 378–384. (in Ukr.)

7. Rebezov M.B., Belokamenskaya A.M., Solov'eva A.A., Doronina A.S., Rebezov M.B. [Monitoring of the Results of Analysis of Food Products and Food Staples Samples in Terms of Copper, Cadmium and Arsenic Concentration]. *Fylym. Bilim. Zhastar, Almaty tekhnologiyalyq universitetiniñ 55-zhyldyzyna arnalzan respublikalyq zhas zalymdar konferentsiyasy.* Almaty, 2012, pp. 158–160. (in Kaz.)

8. Belokamenskaya A.M., Rebezov M.B., Zinina O.V., Maksimyuk N.N., Naumova N.L. *Otsenka metodov inversionnoy vol'tamperometrii, atomno-absorbtsionnogo i fotometricheskogo analiza toksichnykh elementov v prodovol'stvennom syr'e i pishchevykh produktakh* [Assessment of Stripping Voltammetry, Atom and Absorption and Photometric Analysis Methods of Toxic Elements in Food Staples and Products]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2012. 128 p.

9. Belokamenskaya A.M., Rebezov M.B. [Selection of Modern Equipment to Determine Toxic Elements to Provide High Quality Testing]. *Torgovo-ekonomicheskie problemy regional'nogo biznes-prostranstva: materialy XI mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Trade and Economic Issues of Regional Business Space: Proceedings of XI International Research and Training Conference]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2013, pp. 292–296. (in Russ.)

10. Belokamenskaya A.M., Rebezov M.B., Rebezov Ya.M., Zinina O.V. [Application of Physical and Chemical Methods of Research in the Laboratories of Chelyabinsk Region]. *Molodoy uchenyy* [Young scientist]. 2013, no. 4, pp. 48–53. (in Russ.)

11. Belokamenskaya A.M., Zinina O.V., Prokhas'ko L.S., Rebezov Ya.M. [Comparative Assessment of Methods of Analysis of Toxic Elements Concentration in Food Staples and Food Products]. *Ekonomika i biznes. Vzglyad molodykh: sbornik materialov Mezhdunarodnoy zaochnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh, 3 dekabrya 2012 g.* [Economics and Business. Views of the Youth: Proceedings of International Part-Time Research and Training Conference of Young Scientists, December 3, 2012]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2012, pp. 236–238. (in Russ.)

12. Rebezov M.B., Belokamenskaya A.M., Zinina O.V., Naumova N.L., Maksimyuk N.N., Solov'eva A.A., Solntseva A.A. [Quality Control of the Results of Analysis of Copper Concentration in Food Staples and Products]. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya* [News of Higher Educational Institutions. Applied Chemistry and Biotechnology]. 2012, vol. 2, no. 1, pp. 157–162. (in Russ.)

13. Bogan V.I., Rebezov M.B., Gaysina A.R., Maksimyuk N.N., Asenova B.K. [Improvement of Quality Control Methods for Food Staples and Products]. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist]. 2013, no. 10, pp. 101–105. (in Russ.)

14. Bogan V.I., Gaysina A.R. [Method of Potentiometric Quality Control of Food Staples and Products]. *Estestvennye i matematicheskie nauki v sovremennom mire* [Natural and Mathematical Sciences in Modern World]. 2013, no. 10–11, pp. 169–174. (in Russ.)

15. Bogan V.I., Gaysina A.R. [Method of Potentiometric Specification of Toxic Elements in Food Products]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International Science and Research Periodicals]. 2013, no. 10–2 (17), pp. 13–14. (in Russ.)

16. Golovanov V.I., Bogan V.I. [Processing of the Results of Potentiometric Measurements at the Use of Double Standard Addition]. *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov* [Industrial Laboratory. Diagnosis of Materials]. 2012, vol. 78, no. 12, pp. 26–28. (in Russ.)

17. Golovanov V.I., Bogan V.I. Patent № 2413211 Rossiyskaya Federatsiya, MPK G01N27/42. *Sposob potentsiometricheskogo opredeleniya veshchestva* [Patent of the Russian Federation no. 2413211, International Patent Classification G01N27/42. Method of Potentiometric Specification of Elements], no. 2009147066/28, applied on December 17, 2009, published on February 27, 2011.

Bogan Vladimir Ivanovich. Postgraduate student of Applied Biotechnologies Department of the Institute of Economy, Trade and Technology, South Ural State University, Chelyabinsk, pbio@ya.ru

Rebezov Maxim Borisovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, head of Applied Biotechnology Department of the Institute of Economy, Trade and Technology, South Ural State University, Chelyabinsk, rebezov@ya.ru

Received 20 July 2014