

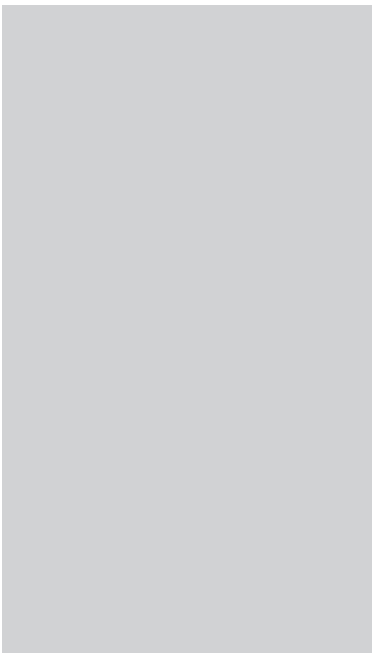
ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС
74940 – индивидуальная подписка
749402 – ведомственная подписка

выпуск 30



ВЕСТНИК

ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА



2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ВЕСТНИК

ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 1 (30)

ВИТЕБСК 2016

Редакционная коллегия:

Главный редактор – профессор Башметов В.С.

Зам. главного редактора – профессор Ванкевич Е.В.

Ответственный секретарь – профессор Рыклин Д.Б.

Члены редакционной коллегии

Технология и оборудование легкой промышленности и машиностроения

- Редактор – проф., член-кор. НАН РБ
Рубаник В.В. (ВГТУ, Республика Беларусь)
- вед. научн. сотрудник Беляев С.П.
(СПбГУ, Российская Федерация)
 - проф. Буркин А.Н. (ВГТУ, Республика Беларусь)
 - проф. Вертешев С.М. (ПсковГУ, Российская Федерация)
 - проф. Горбачик В.Е. (ВГТУ, Республика Беларусь)
 - доц. Казарновская Г.В. (ВГТУ, Республика Беларусь)
 - проф. Киосев Й. (Высшая школа Нидеррейна, Германия)
 - проф. Коган А.Г. (ВГТУ, Республика Беларусь)
 - проф. Корниенко А.А. (ВГТУ, Республика Беларусь)
 - проф. Кузнецов А.А. (ВГТУ, Республика Беларусь)
 - проф. Мерсон Д.Л. (НИИТП ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет», Российская Федерация)
 - проф. Милашиус Р.
(Каунасский технологический университет, Литва)
 - проф. Николаев С.Д. (МГУДТ, Российская Федерация)
 - проф. Ольшанский В.И. (ВГТУ, Республика Беларусь)
 - проф. Пятов В.В. (ВГТУ, Республика Беларусь)
 - проф. Садовский В.В. (БГЭУ, Республика Беларусь)
 - проф. Сакевич В.Н. (ВГТУ, Республика Беларусь)
 - научн. сотрудник Салак А.Н.
(Университет Авейро, Португалия)
 - проф. Сторожев В.В. (МГУДТ, Российская Федерация)
 - проф. Сункуев Б.С. (ВГТУ, Республика Беларусь)

Химическая технология и экология

- Редактор – проф. Ковчур С.Г.
(ВГТУ, Республика Беларусь)
- член-кор. Академии инженерных наук Украины
Власенко В.И. (Киевский национальный университет технологий и дизайна, Украина)
 - научн. сотрудник Дутчик В. (Институт по исследованию полимеров, г. Дрезден, Германия)
 - академик НАН РБ Лиштван И.И. (Республика Беларусь)
 - проф., член-кор. НАН РБ Пантелеенко Ф.И.
(БНТУ, Республика Беларусь)
 - доц. Платонов А.П. (ВГТУ, Республика Беларусь)
 - доц. Стёпин С.Г. (ВГМУ, Республика Беларусь)
 - доц. Ясинская Н.Н. (ВГТУ, Республика Беларусь)

Экономика

- Редактор – проф. Яшева Г.А.
(ВГТУ, Республика Беларусь)
- проф. Богдан Н.И. (БГЭУ, Республика Беларусь)
 - проф. Быков А.А. (БГЭУ, Республика Беларусь)
 - проф. Варшавская Е.Я.
(НИУ «Высшая школа экономики», Российская Федерация)
 - доц. Касаева Т.В. (ВГТУ, Республика Беларусь)
 - проф. Коседовский В.
(Университет им. Н. Коперника, Республика Польша)
 - проф. Махотаева М.Ю. (ПсковГУ, Российская Федерация)
 - проф. Меньшиков В.В.
(Даугавпилсский университет, Латвия)
 - проф. Нехорошева Л.Н. (БГЭУ, Республика Беларусь)
 - доц. Прокофьева Н.Л. (ВГТУ, Республика Беларусь)

Журнал включен в перечень научных изданий Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, в информационно-аналитическую систему «Российский индекс научного цитирования» и базу Index Copernicus International.

Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр-т, 72,
тел.: 8-0212-47-90-40

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных
изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Web-сайт университета: <http://vstu.by/>
Тексты набраны с авторских оригиналов

© УО «Витебский государственный
технологический университет», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Технология и оборудование легкой промышленности и машиностроения

Башметов В.С. Определение натяжения основных нитей на ткацких станках	7
Дягилев А.С., Бизюк А.Н., Коган А.Г Сравнительный анализ физико-механических свойств длинного трёпаного льноволокна	12
Матвеев А.К., Петюль И.А., Медведская Е.В. Разработка конструкции прибора и методики неразрушающего контроля устойчивости окраски кож и готовых изделий к трению	21
Милюшкова Ю.В., Горбачик В.Е Анализ поперечных сечений стопы и колодки	27
Наumenко А.А., Шеремет Е.А., Козловская Л.Г. Моделирование изменения остаточной циклической деформации ниток в режиме периодического растяжения	34
Панкевич Д.К. Методика оценки качества водонепроницаемых композиционных слоистых материалов для одежды	40
Попок Н.Н., Махаринский Ю.Е., Латушкин Д.Г. Определение параметров граничного алгоритма управления рабочим циклом плоского врезного шлифования	49
Севостьянов П.А., Самойлова Т.А., Монахов В.В., Ордов К.В. Имитационная статистическая модель рыхления и очистки волокнистого материала	54

Химическая технология и экология

Витязь П.А., Сенють В.Т., Жорник В.И., Парницкий А.М., Гамзелева Т.В. Структурные особенности алмазных порошков после поверхностного модифицирования активаторами спекания	62
Матвейко Н.П., Брайкова А.М., Садовский В.В. Вольтамперометрическое определение тяжелых металлов в жидком туалетном мыле	74
Матвейко Н.П., Брайкова А.М., Бушило К.А., Садовский В.В. Инверсионно-вольтамперометрический контроль содержания тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье и препаратах на его основе	82

Рыклин Д.Б., Ясинская Н.Н., Евтушенко А.В., Джумагулыев Д.Д. Исследование раствора полиамида-6 для получения нановолокнистых покрытий методом электроформования.....	90
Сакевич В.Н., Посканная Е.С. Влияние замасливания волокон безжировым эмульсолом на показатели качества искусственного меха	99
Чепрасова В.И., Залыгина О.С., Марцуй В.Н. Исследование возможности получения пигментов из отработанных электролитов цинкования	105

Экономика

Вайлунова Ю.Г. Институциональные методы стимулирования сетевого взаимодействия субъектов холдинга.....	117
Вардомацкая Е.Ю., Шарстнев В.Л., Алексеева Я.А. Оптимизация маршрута с использованием теории графов в пакетах прикладных программ.....	130
Квасникова В.В., Ермоленко В.А. Оценка эффективности экспортной деятельности организаций по производству кабельно-проводниковой продукции: методика и апробация.....	140
Мартусевич А. А., Бугаев А. В. Методика оценки эффективности денежных потоков в товариществах собственников	152
Минюкович Е.А., Железко Б.А., Синявская О.А. Экономическая информатика: история становления и перспективы развития	165
Прудникова Л.В., Жиганова Т. В. Комплексная методика анализа и оценки инновационно-технологического уровня развития коммерческой организации	173
Яшева Г.А., Костюченко Е.А. Методологические аспекты кластерного подхода к инновационному развитию и повышению конкурентоспособности национальной экономики.....	188

Сведения об авторах.....	209
---------------------------------	-----

Памятка авторам научно-технического журнала «Вестник Витебского государственного технологического университета».....	214
---	-----

CONTENT

Technology and machinery of light industry and machine building

Bashmetau Valery

Determination of the warp threads tension on the weaving loom 7

Dyagilev Andrey, Biziuk Andrei, Kogan Alexander

Comparative analysis of physical and mechanical properties of long scutched flax fiber 12

Matveev Anton, Petjul' Irina, Medvedskaja Ekaterina

Development of the device design and technique of color fastness testing of leather and finished goods to friction 21

Miliushkova Yuliya, Gorbachik Vladimir

Analysis of foot and shoes cross section 27

Naumenko Alexander, Sheremet Elena, Kozlovskaja Lyudmila

Modelling of changes of residual cyclic deformation of threads during periodical tension 34

Pankevich Darya

Methodology of assessing the quality of composite materials containing a membrane layer for waterproof clothing 40

Popok Nikolai, Maharinsky Yury, Latushkin Dmitry

Determination of parameters of boundary algorithm for working cycle control of flat plunge grinding 49

Sevostyanov Petr, Samoylova Tatyana, Monakhov Vladislav, Ordov Konstantin

Simulation statistical model of breaking and cleaning of fibrous material 54

Chemical technology and ecology

Vitiaz Petr, Senjut' Vladimir, Zhornik Viktor, Parnickij Aleksandr, Gamzeleva Tat'jana

Structural features of diamond powder after surface modification by sintering activators 62

Matveiko Nikolay, Braikova Alla, Sadovski Viktor

Voltammetric determination of heavy metals in the liquid toilet soap 74

Matveiko Nikolay, Braikova Alla, Busilo Ksenia, Sadovski Viktor

Stripping voltammetric monitoring of the content of heavy small metals in medical plant raw material and preparations on its basis 82

Ryklin Dzmitry, Yasinskaya Natallia, Yeutushenka Aliaksandr, Dzhumagulyev Dovran

Investigation of polyamide-6 solution for nanofibrous web by electrospinning technique 90

Sakevich Valerij, Poskannaja Ekaterina

Application of oil by fat-free emulsol and its influence on quality score of artificial fur99

Cheprasova Victoria, Zalygina Olga, Martsul Vladimir

Research of the possibility for pigments obtaining from spent zinc electrolytes 105

Economics**Vailunova Yulia**

Institutional incentives for promotion of networking cooperation of entities.....117

Vardomatskaja Alena, Sharstniou Uladzimir, Alekseeva Yanina

Route optimization using graph theory in the application package..... 130

Kvasnikova Vera, Yarmolenka Vasili

Evaluation of the efficiency of export business in organizations manufacturing cabling and wiring products: methods and approval..... 140

Martusevich Nastasia, Buhayeu Aliaksandr

Methods of assessment of cash flows efficiency in the condominiums..... 152

Miniukovich Katsiaryna, Zhalezka Boris, Siniauskaya Volha

Economic informatics: history of formation and perspectives of development..... 165

Prudnikava Liudmila, Zhyhanava Tatsiana

Complex methodology for analysis and evaluation of innovative technological level of the commercial organization 173

Yashava Halina, Kostuchenko Elena

Cluster approach as a factor of innovative development of the national economy and increase of competitiveness..... 188

Information about authors..... 209

Reference guide for authors of scientific-technical journal «Vestnik of Vitebsk State Technological University» 214

ИНВЕРСИОННО-ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЛЕКАРСТВЕННОМ РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ И ПРЕПАРАТАХ НА ЕГО ОСНОВЕ

Н.П. Матвейко, А.М. Брайкова, К.А. Бушило,
В.В. Садовский

УДК 543.253

РЕФЕРАТ

ИНВЕРСИОННАЯ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЯ, КОНТРОЛЬ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, ЛЕКАРСТВЕННОЕ РАСТИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ, ЛЕКАРСТВЕННЫЕ НАСТОЙКИ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Методом инверсионной вольтамперометрии определено содержание Zn, Pb, Cd, Cu и Hg в образцах лекарственного растительного сырья и спиртовых лекарственных настоек.

Установлено, что во всех изученных образцах лекарственных трав и спиртовых настоек на их основе больше всего содержится Zn.

Кадмий в незначительных количествах содержится в образцах корня валерьяны, травы зверобоя, травы пустырника и плодов боярышника.

Во всех образцах изученных лекарственных трав и спиртовых настоек на их основе в небольших количествах содержатся Pb, Cu и Hg.

Содержание Cd, Pb и Hg во всех исследованных образцах как лекарственных растительных трав, так и их спиртовых настоек ниже значений, регламентированных ТР ТС 021/2011 для чая и ОФС РФ для лекарственного сырья.

ABSTRACT

STRIPPING VOLTAMMETRY, CONTROL, HEAVY METALS, MEDICINAL HERBS, MEDICINAL INFUSIONS FROM PLANTS

By stripping voltammetry determine the content of Zn, Pb, Cd, Cu and Hg in samples of medicinal plant raw drug and alcohol tinctures.

Found that in all investigated samples of medicinal herbs and alcoholic liquors based on it most of all contains Zn.

Cadmium in small quantities contained in samples of Valerian root, herb St. John's wort, grass motherwort and hawthorn fruit.

In all samples studied medicinal herbs and alcoholic liquors in small quantities contains Pb, Cu and Hg.

The content of Cd, Pb and Hg in all studied samples as a medicinal plant and their alcoholic liquors below the values specified by technical regulations of the customs Union 021/2011 for tea and by General Pharmacopeia article of the Russian Federation for medicinal raw materials.

ВВЕДЕНИЕ

Во многих растениях содержатся химические вещества, которые оказывают физиологическое действие на организм человека. В современной научной медицине их значение трудно переоценить. Несмотря на успехи фармацевтической химии и синтез новых лекарств заболевания, связанные с функциональными расстройствами, лечат в первую очередь препаратами, полученными из растительного сырья. В некоторых случаях они могут оказаться значительно более эффективными, чем их синтетические аналоги, хотя фармакологическая активность лекарственных средств из растительного сырья относительно

слабее синтезированных [1].

Среди причин риска медицинского применения лекарственных растительных препаратов Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) названа возможность их загрязнения токсичными веществами. Лекарственное растительное сырье так же, как и пищевые продукты, могут являться одним из источников поступления ряда вредных веществ, и прежде всего тяжелых металлов, в организм человека [2]. Содержание тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье зависит от ряда факторов: кислотности почвы, содержание гумуса, механического состава и условий увлажнения почвы [2–4].

Следует отметить, что такие тяжелые металлы, как кадмий, свинец и ртуть являются токсичными, и их присутствие в организме человека совсем не необходимо. Другие тяжелые металлы, в том числе цинк и медь, являясь в малых количествах необходимыми человеку микроэлементами, в повышенных концентрациях становятся токсичными. И те и другие металлы вызывают развитие экологически обусловленных заболеваний [2–5]. В связи с этим проблема экологической чистоты лекарственных растений становится особенно актуальной.

Цель работы – методом инверсионной вольтамперометрии определить содержание тяжелых металлов: ртуть, кадмий, свинец, медь и цинк в образцах лекарственного сырья и настоек, приготовленных из этого сырья.

В качестве объектов исследования выбраны образцы наиболее распространенных и популярных среди населения растительных лекарственных трав: корни валерианы, плоды боярышника, трава пустырника, цветки календулы и трава зверобоя, а также образцы спиртовых настоек этих препаратов. Лекарственные травы и их спиртовые настойки приобретены в аптеках г. Минска.

Выбор для исследований названных препаратов и настоек обусловлен не только их широким применением, но и особенностями их лечебных свойств. Так, валериана оказывает успокаивающее, болеутоляющее, седативное действие, а также применяется как антидепрессант и средство от бессонницы. Плоды и цветы боярышника назначают для профилактики и лечения заболеваний сердца, сосудов, нормализации давления и пищеварения, преодоления переутомления, бессонницы, устранения последствий нервного перенапряжения. Пустырник регулирует функциональное состояние центральной нервной системы, оказывает успокаивающее действие, снижает повышенную нервную возбудимость, потенцирует снотворный эффект, эффективен при неврастении и неврозах, сопровождающихся бессонницей, чувством напряженности и повышенной реактивностью, регулирует сердечный ритм при вегето-сосудистой дистонии, понижает артериальное давление. В цветках календулы содержатся вещества, которые способствуют заживлению язв, оказывают противовос-

палительное действие, улучшают проведение и передачу нервных импульсов, снижают уровень холестерина. Микроэлементы, содержащиеся в цветках календулы, способствуют укреплению иммунитета и препятствуют образованию атипичных клеток. Календула способна помочь онкологическим больным, так как имеет свойство уменьшать интоксикацию, улучшает сон и аппетит. Зверобой положительно влияет на нервную систему и обладает антидепрессивными свойствами. В состав зверобоя входят: токоферолы (витамин Е), каротин, необходимый для правильной работы глаз, обновления клеток кожи, защиты организма от вирусов и бактерий.

В ряде документов Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) отмечена важность разработки национальных требований к содержанию чужеродных токсичных и потенциально опасных веществ в лекарственных растениях и препаратах на их основе с целью повышения безопасности их применения [6]. Проблема нормирования содержания токсичных веществ в лекарственных растениях и препаратах на территории Таможенного союза до настоящего времени полностью не решена, хотя в этом направлении проводится определенная работа [2, 5, 7]. Анализ нормативной правовой базы Республики Беларусь показал, что в отечественной фармакопее разработана общая статья по определению тяжелых металлов в растительном сырье методом атомно-абсорбционной спектроскопии, однако значения предельно допустимых концентраций (ПДК) токсичных металлов в ней не приведены.

Согласно общей фармакопейной статье «Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах», предлагаемой к утверждению Минздравом Российской Федерации, предельно допустимое содержание свинца, кадмия и ртути в растительном сырье не должно превышать мг/кг: 6,0; 1,0 и 0,1 соответственно (таблица 1).

В работе [2] отмечается, что в подходах решения проблемы нормирования токсичных веществ в лекарственных растениях и препаратах с одной стороны, и в продовольственном сырье, пищевых продуктах и БАД с другой стороны, может быть много общего.

Поскольку отсутствуют сведения о ПДК тяжелых металлов в лекарственных растительных препаратах, в своей работе мы руководствовались нормами для травяного чая, установленными Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 52, а также Техническим регламентом Таможенного Союза № 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (таблица 1).

растительного сырья и их спиртовых настоек проводили методом мокрой минерализации с использованием программируемой печи ПДП - 18М по ГОСТ 26929 [9]. Для этого отбирали пробы образцов лекарственного растительного сырья массой 0,5 г. Затем проводили высушивание проб при температуре 150–300 °С в течение 4–5 часов. Из образцов спиртовых настоек отбирали пробы объемом по 1 мл и выпарива-

Таблица 1 – Допустимое содержание тяжелых металлов в травяных чаях (на растительной основе) и лекарственном сырье

Показатели	Допустимые уровни, мг/кг, не более		
	Постановление Минздрава Республики Беларусь № 52 (чай)	ТР ТС 021/2011 (чай)	ОФС РФ (лекарственное сырье)
Свинец	0,02	10,0	6,0
Кадмий	0,02	1,0	1,0
Ртуть	0,005	0,1	0,1

Из таблицы 1 видно, что в Постановлении Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 52 для чая на растительной основе установлены значительно более низкие допустимые уровни свинца, кадмия и ртути, чем в других нормативных правовых актах.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для определения содержания тяжелых металлов в образцах лекарственного сырья и настоек, приготовленных из этого сырья, применяли метод инверсионной вольтамперометрии. Этот метод подробно рассмотрен в работе [8]. Суть метода заключается в предварительном концентрировании определяемых элементов в течение заданного времени на индикаторном электроде и последующей регистрации процесса растворения накопленных на электроде элементов. Возникающий в процессе растворения элементов ток имеет форму пика. Потенциалы пиков идентифицируют элемент (качественная характеристика), а максимальный ток пропорционален концентрации элемента (количественная характеристика) [8].

Все растворы для исследований готовили на дважды дистиллированной воде (бидистиллят) из реактивов марки «чда» и «хч».

Подготовку каждой пробы лекарственного

ли их досуха при температуре 120 °С, исключая разбрызгивание. Затем пробы лекарственного растительного сырья и спиртовых настоек обрабатывали концентрированной азотной кислотой, 30%-ным раствором пероксида водорода и выпаривали при температуре 150 °С до получения сухого остатка. Пробы озоляли при температуре 450 °С в течение 30 минут. Операции растворения в концентрированной азотной кислоте и 30%-ном растворе пероксида водорода, выпаривания при температуре 150 °С и озонирования при температуре 450 °С в течение 30 минут повторяли 3–4 раза до получения однородной золы белого цвета. После этого золу растворяли в 10 мл электролита (1 мл концентрированной муравьиной кислоты и 9 мл бидистиллята).

Определение **Zn**, **Cd**, **Pb** и **Cu** проводили на анализаторе вольтамперометрическом марки ТА-4 с помощью амальгмированного серебряного индикаторного электрода, хлор-серебряного электрода сравнения в 1 М растворе хлорида калия, который выполнял также роль вспомогательного электрода. Электрохимическую очистку индикаторного электрода осуществляли в течение 20 секунд попеременной анодной и катодной поляризацией при потенциалах +100 мВ и –1150 мВ соответственно. Накопление металлов на поверхности индикаторного электрода

проводили при потенциале -1350 мВ в течение 20–40 секунд. Успокоение раствора – при потенциале -1100 мВ в течение 10 секунд. Развертку потенциала выполняли со скоростью 80 мВ/с на фоне 0,40 М водного раствора муравьиной кислоты от потенциала -1100 до потенциала $+100$ мВ.

Анализ образцов лекарственного растительного сырья и спиртовых настоек на содержание ртути выполняли на анализаторе марки АВА-3 с применением вращающегося углеситаллового индикаторного электрода, хлорсеребряного электрода сравнения и платинового вспомогательного электрода. Фоном служил водный раствор электролита, содержащего 0,4 моль/дм³ H_2SO_4 ; 0,1 моль/дм³ KNO_3 и 0,001 моль/дм³ динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты (трилон Б). Условия анализа: очистка индикаторного электрода при потенциале $+1000$ мВ в течение 10 с; концентрирование ртути на поверхности индикаторного электрода при потенциале -1100 мВ в течение 60 с; успокоение раствора при потенциале -1000 мВ в течение 3 с; регистрация анодной вольтамперной кривой при скорости развертки потенциала 5 В/с.

Для определения тяжелых металлов применяли метод добавок стандартного водного раствора, содержащего по 2 мг/л цинка, кадмия, свинца и меди, приготовленного на основе Государственного стандартного образца (ГСО) и стандартного водного раствора ртути концентрацией 2 мг/л, приготовленного из оксида ртути (II).

Каждую пробу анализировали не менее четырех раз. Результаты обрабатывали методом математической статистики по методике, приведенной в работе [10]. Для чего рассчитывали средние значения, дисперсии, стандартные отклонения, а затем, используя их, относительные стандартные отклонения S_r и интервальные значения содержания металлов $X_{cp} \pm \Delta x$ при доверительной вероятности 95 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 1 в качестве примера представлены вольтамперные кривые, зарегистрированные при определении **Zn**, **Cd**, **Pb**, **Cu** и **Hg** в пробе образца корня валерьяны.

Видно, что на вольтамперной кривой фо-

нового электролита (кривая 1) максимумы токов окисления отсутствуют. Это указывает на отсутствие в электролите **Zn**, **Cd**, **Pb**, **Cu**. На анодной вольтамперной кривой, зарегистрированной в растворе пробы корня валерьяны (кривая 2), имеются четыре максимума тока при потенциалах (В) $-0,86$; $-0,50$; $-0,34$; $-0,03$, которые свидетельствуют о присутствии в растворе этой пробы **Zn**, **Cd**, **Pb** и **Cu** соответственно. При введении в раствор анализируемой пробы добавки стандартного раствора, содержащего определяемые металлы, максимумы токов окисления пропорционально увеличиваются (кривая 3). Это обусловлено увеличением концентрации **Zn**, **Cd**, **Pb**, **Cu** в растворе пробы.

Аналогичные анодные вольтамперные кривые зарегистрированы для растворов проб всех исследованных наименований лекарственного растительного сырья и их спиртовых настоек.

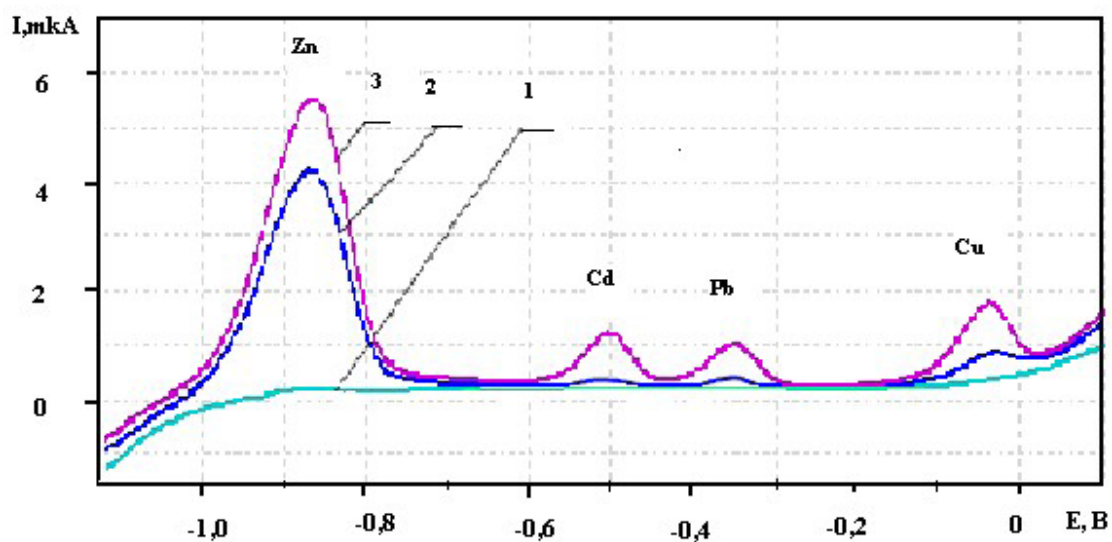
По разности вольтамперных кривых пробы и фона, пробы с добавкой стандартного раствора и фона с помощью специализированной компьютерной программы "VALabTx" рассчитано содержание каждого металла во всех исследованных образцах.

Интервальные значения содержания **Zn**, **Cd**, **Pb**, **Cu** и относительные стандартные отклонения, полученные при анализе образцов проб лекарственного растительного сырья и их спиртовых настоек, представлены в таблицах 2, 3.

На рисунке 2 приведены кривые, представляющие собой разность анодных вольтамперных кривых пробы плодов боярышника и фонового электролита (кривая 1) и разность анодных вольтамперных кривых пробы плодов боярышника с добавкой стандартного раствора и фонового электролита (кривая 2), зарегистрированные с помощью анализатора марки АВА-3.

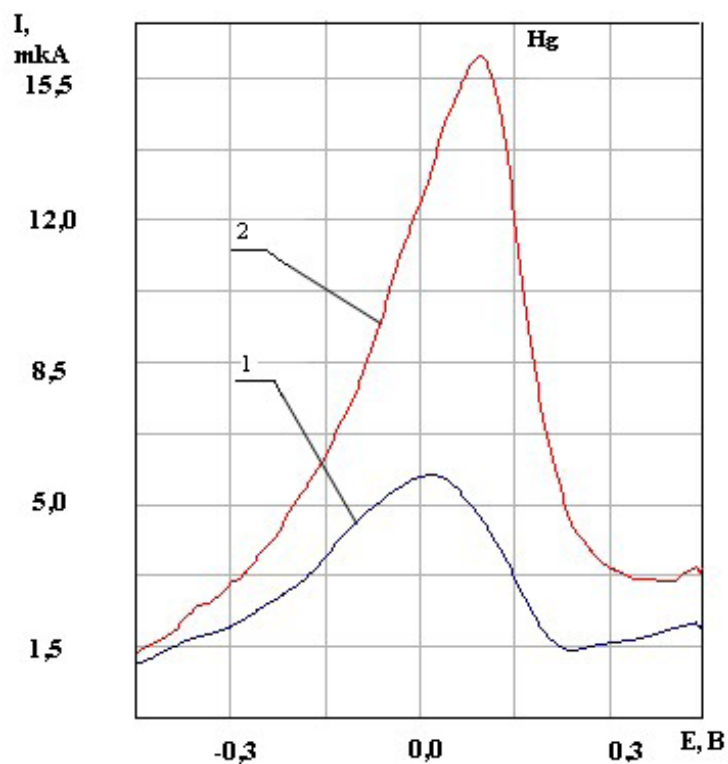
Из рисунка 2 видно, что на кривой разности анодных вольтамперных кривых пробы и фонового электролита (кривая 1) имеется хорошо выраженный максимум тока окисления ртути. Введение в анализируемую пробу добавки стандартного раствора ртути приводит к увеличению тока окисления ртути (кривая 2), что связано с увеличением концентрации этого металла в растворе.

Аналогичные кривые, представляющие собой разность анодных вольтамперных кривых пробы



- 1 – фонового электролита, содержащего 0,45 моль/л муравьиной кислоты;
 2 – пробы корня валерьяны;
 3 – пробы корня валерьяны с добавкой стандартного раствора

Рисунок 1 – Вольтамперные кривые пробы корня валерьяны



- 1 – анодных вольтамперных кривых пробы плодов боярышника и фонового электролита;
 2 – анодных вольтамперных кривых пробы плодов боярышника с добавкой стандартного раствора ртути и фонового электролита

Рисунок 2 – Кривые разности

и фонового электролита, а также разность анодных вольтамперных кривых пробы с добавкой стандартного раствора ртути и фонового электролита зарегистрированы для всех изученных образцов лекарственных растений и спиртовых настоек на их основе.

По относительному изменению значений токов окисления ртути при анализе пробы (кривая 1 рисунок 2) и анализе пробы с добавкой стандартного раствора (кривая 2 рисунок 2) с помощью специализированной компьютерной программы, поставляемой совместно с анализа-

тором марки АВА-3, для всех изученных образцов лекарственных растений и спиртовых настоек на их основе рассчитано содержание ртути.

Результаты статистической обработки этих данных: интервальные значения содержания ртути и относительные стандартные отклонения представлены в таблицах 2 и 3.

Из таблицы 2 видно, что во всех образцах лекарственных растений содержатся **Zn**, **Pb**, **Cu** и **Hg**. Кадмий обнаружен в небольших количествах также во всех образцах лекарственных растений, кроме цветков календулы. Больше

Таблица 2 – Содержание Zn, Cd, Pb, Cu и Hg в мг на 1 кг лекарственного растительного сырья

Наименование пробы	Содержание металла, мг/кг									
	Zn	$S_r, \%$	Cd	$S_r, \%$	Pb	$S_r, \%$	Cu	$S_r, \%$	Hg	$S_r, \%$
Корни валерьяны	29,21±0,41	1,0	0,021±0,001	4,9	0,252±0,015	4,2	1,142±0,062	3,9	0,0091±0,0006	5,0
Трава зверобоя	33,62±0,37	0,8	0,192±0,012	4,5	0,321±0,019	4,2	3,251±0,136	3,0	0,0222±0,0015	4,9
Цветки календулы	19,42±0,30	1,1	не обнаружен	–	0,112±0,007	4,7	2,202±0,099	3,3	0,0582±0,0039	4,8
Трава пустырника	33,63±0,37	0,8	0,101±0,007	4,7	0,201±0,012	4,3	1,941±0,095	3,5	0,0171±0,0012	5,0
Плоды боярышника	31,51±0,39	0,9	0,122±0,008	4,6	0,473±0,026	4,0	2,992±0,129	3,1	0,0782±0,0052	4,8

Таблица 3 – Содержание Zn, Cd, Pb, Cu и Hg в мг на 1 л спиртовых лекарственных настоек

Наименование пробы	Содержание металла, мг/кг									
	Zn	$S_r, \%$	Cd	$S_r, \%$	Pb	$S_r, \%$	Cu	$S_r, \%$	Hg	$S_r, \%$
Корни валерьяны	3,61±0,15	2,9	не обнаружен	–	0,0581±0,0039	4,8	0,0402±0,0027	4,9	0,0022±0,0001	5,0
Трава зверобоя	10,02±0,31	2,2	не обнаружен	–	0,0442±0,0030	4,8	0,1301±0,0082	4,6	0,0013±0,0001	5,0
Цветки календулы	11,02±0,32	2,1	не обнаружен	–	0,0421±0,0028	4,8	0,0642±0,0042	4,7	0,0081±0,0006	4,9
Трава пустырника	7,01±0,23	2,4	не обнаружен	–	0,0902±0,0059	4,7	0,1003±0,0031	4,6	0,003±0,0002	5,0
Плоды боярышника	6,13±0,22	2,7	не обнаружен	–	0,0713±0,0047	4,7	0,0271±0,0018	4,8	0,004±0,0003	5,0

всего в лекарственных растениях содержится цинка (от 19,42 до 33,63 мг/кг), меньше всего – ртути (от 0,0091 до 0,0782 мг/кг). Содержание свинца в лекарственных растениях в десятки и даже сотни раз меньше, чем содержание цинка, и меняется от 0,112 мг/кг для цветков календулы до 0,473 мг/кг для плодов боярышника. Что касается меди, то содержание этого металла колеблется от 1,142 мг/кг для корня валерьяны до 3,251 для травы зверобоя.

Анализ данных таблицы 3 показывает, что, в отличие от лекарственных трав (таблица 2), ни в одном из изученных образцов их спиртовых настоек не обнаружен кадмий. Вместе с тем во всех образцах спиртовых настоек содержатся **Zn**, **Pb**, **Cu** и **Hg**, хотя и в количествах меньших, чем в лекарственных травах (таблица 2). Как и в случае лекарственных трав в спиртовых настойках на их основе больше всего содержится **Zn**: от 11,02 мг/л для настойки календулы до 3,61 мг/л для настойки валерьяны. По сравнению с **Zn** содержание **Pb**, **Cu** и **Hg** в спиртовых настойках также как это наблюдалось для лекарственных трав в десятки и сотни раз меньше.

Сравнение данных, представленных в таблицах 2 и 3, с допустимыми уровнями, установленными ТР ТС 021/2011 для чая и ОФС РФ для ле-

карственного сырья (таблица 1), показывает, что во всех исследованных образцах лекарственного растительного сырья и спиртовых настоек на их основе содержание **Cd**, **Pb** и **Hg** ниже нормированных значений.

ВЫВОДЫ

1. Во всех изученных образцах лекарственных трав и спиртовых настоек на их основе больше всего содержится **Zn**.

2. Кадмий в незначительных количествах содержится в образцах корня валерьяны, травы зверобоя, травы пустырника и плодов боярышника. В образцах травы календулы и спиртовых настоек всех изученных лекарственных трав кадмий не обнаружен.

3. Во всех образцах изученных лекарственных трав и спиртовых настоек на их основе в небольших количествах содержатся **Pb**, **Cu** и **Hg**.

4. Сравнение полученных данных с допустимыми уровнями, установленными ТР ТС 021/2011 для чая и ОФС РФ для лекарственного сырья, показывает, что во всех исследованных образцах как лекарственных растительных трав, так и их спиртовых настоек содержание **Cd**, **Pb** и **Hg** ниже регламентированных значений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Губанов, И.А., Крылова, И.Л., Тихонова, В.Л. (1976), *Дикорастущие полезные растения СССР*, Москва, Мысль, 360 с.
2. Терёшкина, О.И., Самылина, И.А., Рудакова, И.П., Гравель, И.В. (2011), Гармонизация подходов по оценке безопасности состава лекарственных растительных препаратов, *Биомедицина*, 2011, №3, С. 80–85.
3. Ильин, В.Б. (1991), *Тяжелые металлы в системе почва–растение*, Новосибирск, Наука, 150 с.
4. Тиво, П.В., Бытько, И.Г. (1996), *Тяжелые металлы и экология*, Минск, Юнипол, 191 с.

REFERENCES

1. Gubanov, I.A., Krylova, I.L., Tihonova, V.L. (1976), *Dikorastushhie poleznye rastenija SSSR* [Wild-growing useful plants of the USSR], Moscow, Thought Publ., 360 p.
2. Tereshkina, O.I., Samylina, I.A., Rudakova, I.P., Gravel', I.V. (2011), *Garmonizatsiya podkhodov po otsenke bezopasnosti sostava lekarstvennykh rastitel'nykh preparatov* [Harmonization of approaches according to safety of structure of medicinal vegetable preparations], *Biomeditsina – Biomedicine*, 2011, № 3, pp. 80–85.
3. Il'in, V.B. (1991), *Tyazhelye metally v sisteme pochva–rastenie* [Heavy metals in system the

5. Терёшкина, О.И., Рудакова, И.П., Гравель, И.В., Самылина, И.А. (2010), Проблема нормирования тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье, *Фармация*, № 2, С. 7-11.
6. WHO guidelines for assessing quality of herbal medicines with reference to contaminants and residues. World Health Organization. 2007.
7. Терёшкина, О.И., Рудакова, И.П., Гуськова, Т.А., Самылина, И.А. (2011), Методологический подход к нормированию остаточных пестицидов в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах, *Фармация*, № 2, С. 3-7.
8. Брайнина, Х.З., Нейман, Е.Я., Слепушкин, В.В. (1988), *Инверсионные электроаналитические методы*, Москва, Химия, 240 с.
9. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация проб для определения содержания токсичных элементов, (1994), ГОСТ 26929, Введ. 21.10.94., Минск, Изд-во стандартов, 12 с.
10. Дворкин, В.И. (2014), *Метрология и обеспечение качества химического анализа*, Москва, МИТХТ, 416 с.
- soil plant], Novosibirsk, Science Publ., 150 p.
4. Tivo, P.V., Byt'ko, I.G. (1996), *Tyazhelye metally i ekologiya* [Heavy metals and ecology], Minsk, Yunipol Publ., 191 c.
5. Tereshkina, O.I., Rudakova, I.P., Gravel', I.V., Samylina, I.A. (2010), Problema normirovaniya tyazhelykh metallov v lekarstvennom rastitel'nom syr'e [Problem of rationing of heavy metals in medicinal vegetable raw materials], *Farmatsiya – Pharmacy*, № 2, pp. 7-11.
6. WHO guidelines for assessing quality of herbal medicines with reference to contaminants and residues. World Health Organization. 2007.
7. Tereshkina, O.I., Rudakova, I.P., Gravel', I.V., Samylina, I.A. (2011), Metodologicheskii podkhod k normirovaniyu ostatochnykh pestitsidov v lekarstvennom rastitel'nom syr'e i lekarstvennykh rastitel'nykh preparatakh [Methodological approach to rationing of residual pesticides in medicinal vegetable raw materials and medicinal vegetable preparations], *Farmatsiya – Pharmacy*, № 2, pp. 3-7.
8. Brainina, Kh.Z., Neiman, E.Ya., Slepushkin, V.V. (1988), *Inversionnye elektroanaliticheskie metody* [Inversion electroanalytical methods], Moscow, Chemistry Publ., 240 p.
9. Syr'e i produkty pishchevye. Podgotovka prob. Mineralizatsiya prob dlya opredeleniya soderzhaniya toksichnykh elementov [Raw materials and foodstuff. Preparation of tests. A mineralization of tests for determination of content of toxiferous elements], (1994), GOST 26929, Ent. 21.10.94., Minsk, Publ. house of standards, 12 p.
10. Dvorkin, V.I. (2014), *Metrologiya i obespechenie kachestva khimicheskogo analiza* [Metrology and ensuring quality of a chemical analysis], Moscow, MITHT, 416 p.

Статья поступила в редакцию 27.05.2015 г.