

УДК 628.5

UDC 628.5

05.00.00 Технические науки

Technical Sciences

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МЕТАЛЛОВ
В РИСЕ-СЫРЦЕ СОРТА РЕГУЛ**

**DETERMINATION OF METALS CONSISTS IN
REGUL, THE RAW RICE SORT**

Короткова Татьяна Германовна
д.т.н., профессор, SPIN-код: 3212-7120
korotkova1964@mail.ru

Korotkova Tatyana Germanovna
Dr.Sci.Tech., professor, SPIN-code: 3212-7120
korotkova1964@mail.ru

Бушумов Святослав Андреевич
аспирант
bushumov@list.ru

Bushumov Svyatoslav Andreevich
graduate student
bushumov@list.ru

Доненко Александр Павлович
аспирант, aleksandrdonenko@mail.ru
Кубанский государственный технологический
университет, г.Краснодар, Россия

Donenko Aleksandr Pavlovich
graduate student, aleksandrdonenko@mail.ru
Kuban State Technological University, Krasnodar,
Russia

Сиюхова Белла Батмизовна
старший преподаватель, SPIN-код: 8926-5622
Майкопский государственный технологический
университет, г.Майкоп, Россия

Siyukhova Bella Batmizovna
Senior Lecturer, SPIN-code: 8926-5622
Maikop State Technological University, Maikop,
Russia

Бурлака Светлана Дмитриевна
к.т.н., доцент, SPIN-код: 9028-1687
Кубанский государственный технологический
университет, г.Краснодар, Россия

Burlaka Svetlana Dmitrievna
Cand.Tech.Sci., docent, SPIN-code: 9028-1687
Kuban State Technological University, Krasnodar,
Russia

Определено содержание металлов в рисе-сырце сорта Регул. Инверсионная вольтамперометрия (ИВА) проведена в аккредитованной лаборатории на приборе «Ta-Lab» фирмы ООО «Томь-Аналит» по утвержденной методике ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3.46-06. Определены диоксид кремния по ПНД Ф 16.1:2:2.2:3.65-10 и влажность по ГОСТ 5180-2015. Подготовка к ИВА проиллюстрирована. Приведены вольтамперограммы разности потенциалов хлорид-серебряного электрода сравнения от силы тока индикаторного ртутно-пленочного электрода электрохимических ячеек. Установлено, что основными металлами риса-сырца сорта Регул, выращенного в Краснодарском крае, являются медь $1,6 \pm 0,4$ мг/кг, свинец $1,4 \pm 0,4$ мг/кг, цинк $1,9 \pm 0,5$ мг/кг, железо 95 мг/кг, марганец $5,2 \pm 1,3$ мг/кг и диоксид кремния 6,5 мг/кг. Наличие железа связано с износом самотеков. Содержание цинка, марганца и диоксида кремния соответствует данному виду зерна. Наличие меди и свинца связано с поглощением тяжелых металлов из почвы

The content of metals in raw rice is determined. Inversion voltammetry (IVA) was carried out in an accredited laboratory on the "Ta-Lab" device of the company "Tom-Analit" LLC according to the approved method of ERD F 16.1: 2: 2.2: 2.3.46-06. Silicon dioxide is determined according to ERD F 16.1: 2: 2.2: 3.65-10 and humidity according to GOST 5180-2015. Preparation for the IVA is illustrated. Voltammograms of the potential difference of the chloride-silver reference electrode are compared with the current strength of the indicator mercury-film electrode of electrochemical cells. It has been established that the main metals of the raw rice called Regul grown in the Krasnodar region are: copper 1.6 ± 0.4 mg/kg, plumbum 1.4 ± 0.4 mg/kg, zinc 1.9 ± 0.5 mg/kg, iron 95 mg/kg, manganese 5.2 ± 1.3 mg/kg and silicon dioxide 6.5 mg/kg. The presence of iron is associated with the wear of gravity. The content of zinc, manganese and silicon dioxide corresponds to this type of grain. The presence of copper and lead is associated with the absorption of heavy metals from the soil

Ключевые слова: РИС-СЫРЕЦ, РЕГУЛ, МЕТАЛЛЫ, ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД

Keywords: RAW RICE, REGUL, METALS, VOLTAMMETRY

Doi: 10.21515/1990-4665-132-016

Проведенный анализ литературных данных и результатов собственных исследований авторов [1] показал, что содержание тяжелых металлов в окружающей среде постоянно повышается, что объясняется увеличением количества автотранспорта, ежегодным внесением в почву удобрений и работой промышленных предприятий. Независимо от источника загрязнения их уровень в почве повышается, что приводит к увеличению концентрации токсичных ионов в растениях. Так как тяжелые металлы поступают в организм человека и животных в основном с растительной пищей, то это наносит серьезный вред здоровью. Тяжелые металлы имеют длительный период полураспада с сохранением своих токсических свойств и обладают кумулятивным действием, накапливаясь в живых организмах.

Таким образом, продукты питания из растительного сырья являются не только источником большого количества полезных веществ, но и компонентов антропогенного происхождения (пестицидов, нитратов, нитритов, микотоксинов, микроорганизмов, вирусов, гельминтов, тяжелых металлов и др.) [2].

Основным производителем риса в России является Краснодарский край. В станице Холмской Краснодарского края расположено одно из рисоперерабатывающих предприятий – ООО «Южная рисовая компания» (ЮРК), осуществляющая полный цикл работ по хранению и переработке наиболее ценных сортов риса-сырца и производства крупы в розничной упаковке. В работах [3, 4] рассмотрены технологические стадии переработки риса-сырца от приема зерна до фасовочного отделения на складе готовой продукции.

В данной статье определено содержание металлов в рисе-сырце сорта Регул, внешний вид которого приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Рис-сырец сорта Регул



Рисунок 2 – Гомогенизирование пробы в ступке

Анализ содержания металлов вольтамперометрическим методом проводили в следующей последовательности. Отобранный образец подвергали гомогенизации (рисунок 2), помещали в ступку и тщательно перемешивали. Затем образец в ступке растирали (рисунок 3) и взвешивали на аналитических весах (рисунок 4).



Рисунок 3 – Растиртый рис-сырец



Рисунок 4 – Взвешивание образца на аналитических весах

При кислотной минерализации использовали концентрированные соляную, азотную кислоты и перекись водорода (рисунок 5). Проводили смачивание образца смесью концентрированных азотной и соляной кислот в объемном соотношении 1:3 с последующей дезактивацией концентрированным водным раствором пероксида водорода (рисунок 6).

Начало нагревания минерализата и промежуточная стадия минерализации приведены на рисунках 7 и 8.

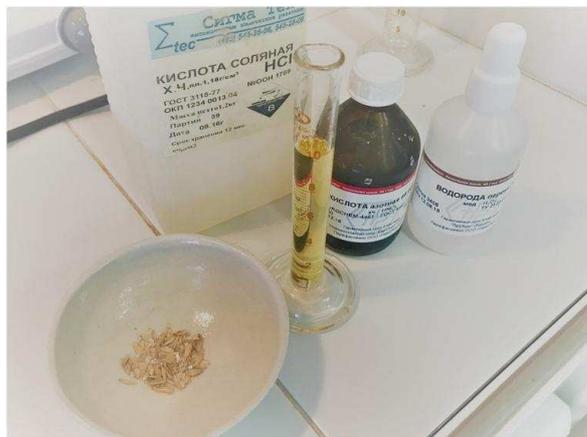


Рисунок 5 – Подготовка смеси для кислотной минерализации



Рисунок 6 – Смачивание образца смесью для кислотной минерализации



Рисунок 7 – Начало нагревания минерализата



Рисунок 8 – Промежуточная стадия минерализации

Окончание процесса минерализации определяли по полному растворению легкой органической составляющей пробы (рисунок 9). Минерализат образца (рисунок 10) представляет собой прозрачный, слегка окрашенный раствор. Отделение нерастворившегося остатка от фильтрата проводили путем фильтрования через складчатый бумажный фильтр марки «синяя лента» (рисунок 11). Нерастворившийся остаток (рисунок 12) представлял собой тяжелые органические включения.



Рисунок 9 – Окончание процесса минерализации образца

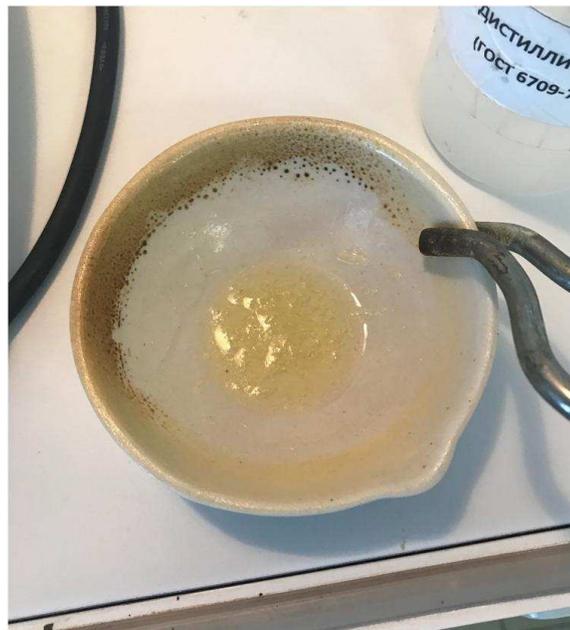


Рисунок 10 – Минерализат образца



Рисунок 11 – Фильтрация минерализата образца

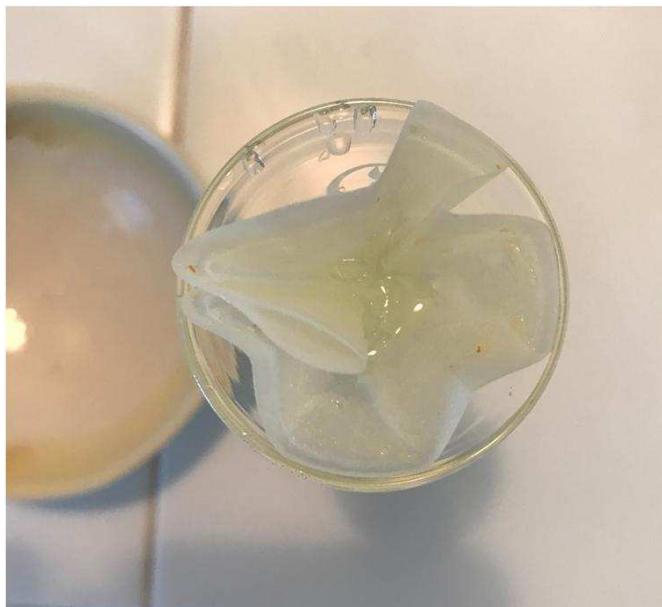


Рисунок 12 – Нерастворившийся остаток на фильтре

Полученный фильтрат был прозрачным и имел желтый оттенок. Наличие окраски раствора объясняется неполным разложением азотной кислоты, что не мешает дальнейшему химическому анализу.

Инверсионную вольтамперометрию (ИВА) проводили в аккредитованной лаборатории на приборе «Та-Lab» фирмы ООО «Томь-

Аналит» (рисунок 13) согласно ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3.46-06 «Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм тяжелых металлов и токсичных элементов (Cd, Pb, Cu, Zn, Bi, Tl, Ag, Fe, Se, Co, Ni, As, Sb, Hg, Mn) в почвах, грунтах, донных отложениях, осадках сточных вод методом инверсионной вольтамперометрии».

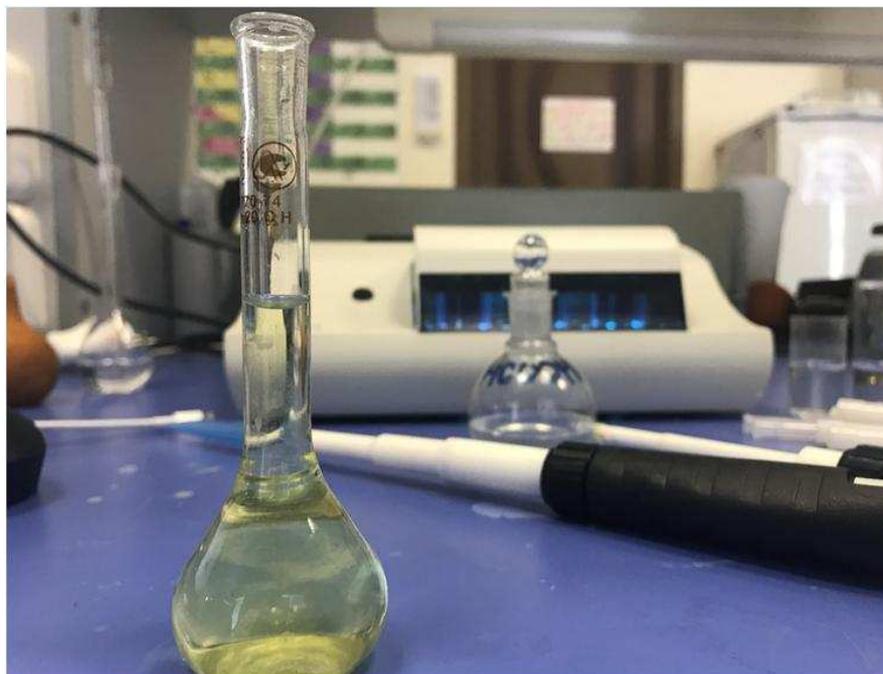


Рисунок 13 – Анализирование фильтрата методом инверсионной вольтамперометрии

На рисунках 14-16 представлены зависимости (вольтамперограммы) разности потенциалов хлорид-серебряного электрода сравнения от силы тока индикаторного (рабочего) ртутно-пленочного электрода электрохимических ячеек. В ходе анализа проведено предварительное накопление определяемых форм металлов (Zn, Cd, Pb, Cu) на амальгаму ртути рабочего электрода с последующей разверткой разности потенциалов, являющейся качественной характеристикой метода, уникальной для каждого из определяемых компонентов. При переходе металлов из высшей в более низкую степень окисления на поверхности индикаторного электрода возникает ток, который является количественной характеристикой ИВА.

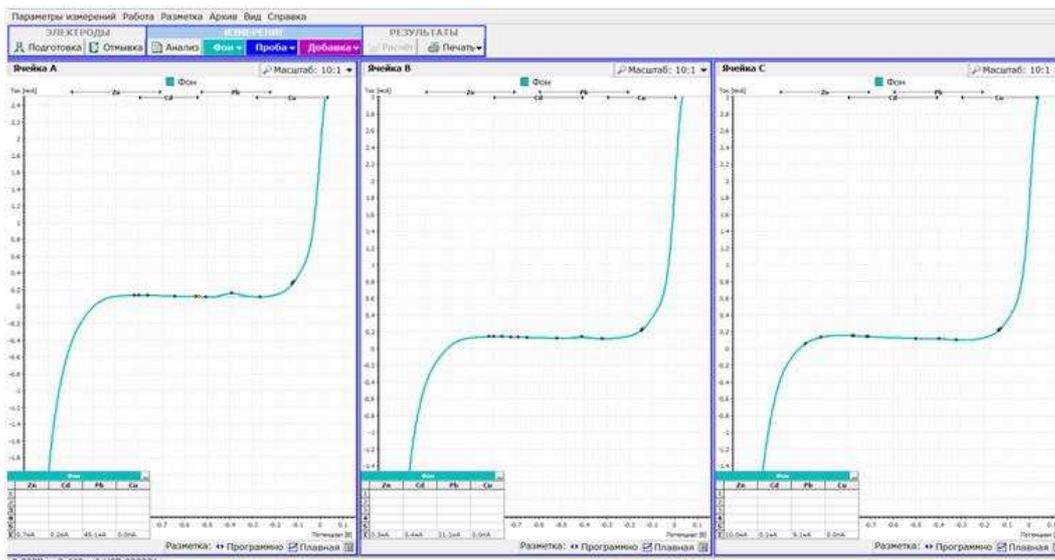


Рисунок 14 – Фон

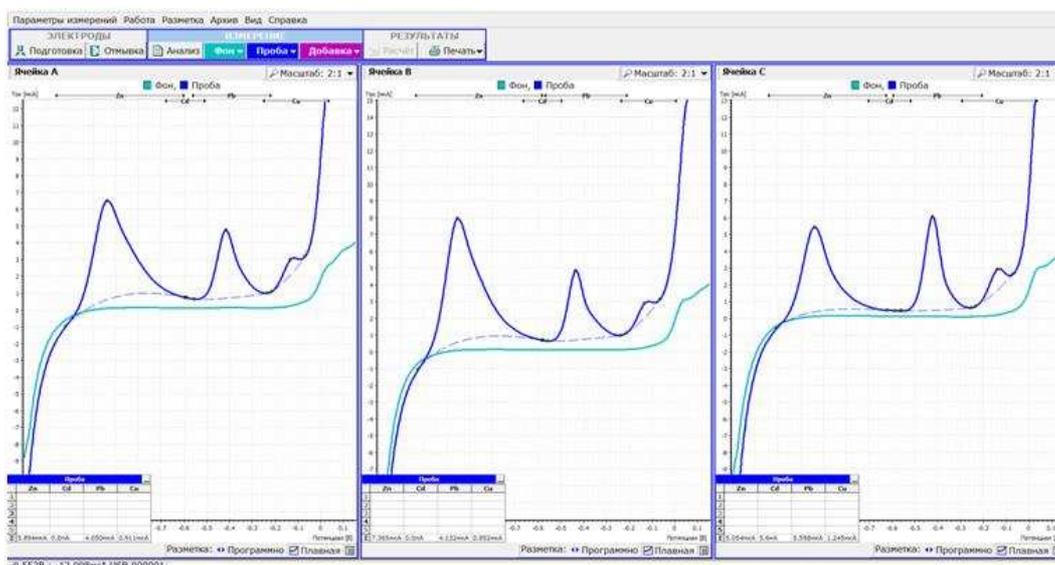


Рисунок 15 – Проба

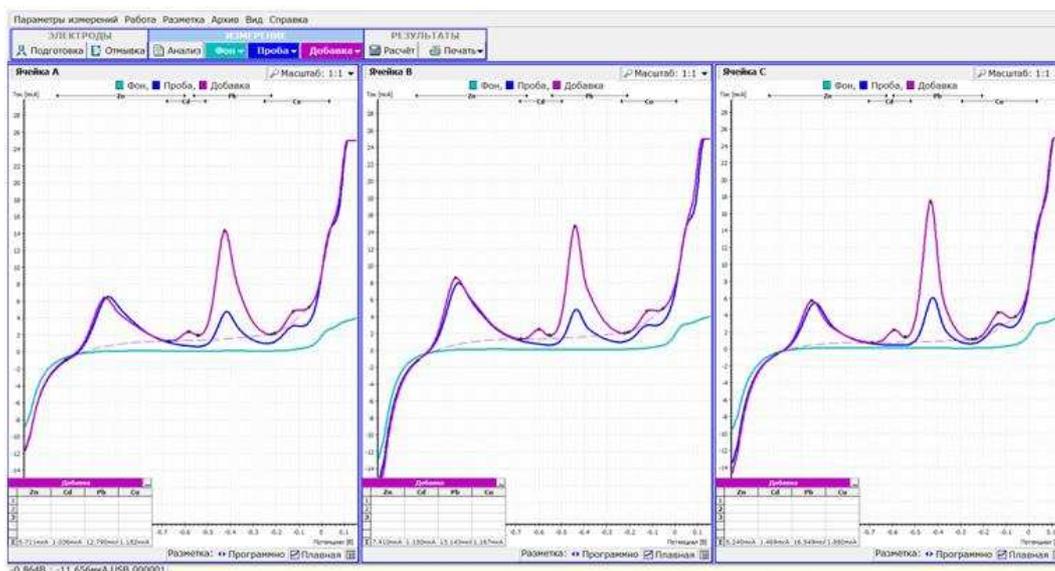


Рисунок 16 – Добавка

Перед анализом минерализата регистрируется фоновое содержание металлов в бидистиллированной воде (рисунок 14 – бирюзовая кривая). Далее получают вольтамперограмму пробы минерализата (рисунок 15 – синяя кривая). Программное обеспечение прибора на основе оценки и расчетов предлагает предварительное количество добавки аттестованных растворов определяемых металлов. После внесения добавки регистрируется кривая зависимости содержания металлов в пробе с добавкой (рисунок 16 – розовая кривая). На окончательной стадии анализа производится интегрированный расчет содержаний определяемых компонентов в зависимости от площадей полученных пиков методом внутреннего стандарта (добавки).

Результаты анализа содержания металлов в исследуемом образце риса-сырца сорта Регул приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание металлов в рисе-сырце

№ п/п	Определяемые показатели	Ед. изм.	Результат анализа ± погрешность	Методики выполнений измерений
1	Кадмий	мг/кг	-	ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3.46-06
2	Медь	мг/кг	1,6±0,4	
3	Ртуть	мг/кг	-	
4	Никель	мг/кг	-	
5	Свинец	мг/кг	1,4±0,4	
6	Цинк	мг/кг	1,9±0,5	
7	Кобальт	мг/кг	-	
8	Железо	мг/кг	95	
9	Марганец	мг/кг	5,2±1,3	
10	Мышьяк	мг/кг	-	
11	Селен	мг/кг	-	
12	Сурьма	мг/кг	-	
13	Висмут	мг/кг	-	
14	Кремний диоксид	%	6,5	ПНД Ф 16.1:2:2.2:3.65-10
15	Влажность	%	4,5	ГОСТ 5180-2015

Определение диоксида кремния проводили по ПНД Ф 16.1:2:2.2:3.65-10 «Количественный химический анализ почв. Методика измерений массовой доли диоксида кремния в пробах почв, грунтов, донных

отложений, илов, отходов производства и потребления гравиметрическим методом». Метод основан на сплавлении пробы с водой; выщелачивании сплава и переводе солей металлов в хлориды обработкой соляной кислотой; выделении кремнекислоты желатином; озолением кремнекислоты до диоксида кремния и определением его гравиметрическим методом.

Влажность определяли по Межгосударственному стандарту ГОСТ 5180-2015 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик» путем высушивания до получения разности масс образца с бюксом при двух последующих взвешиваниях не более 0,02 г.

Основными металлами риса-сырца сорта Регул, выращенного в Краснодарском крае, являются медь $1,6 \pm 0,4$ мг/кг, свинец $1,4 \pm 0,4$ мг/кг, цинк $1,9 \pm 0,5$ мг/кг, железо 95 мг/кг, марганец $5,2 \pm 1,3$ мг/кг и диоксид кремния 6,5 мг/кг. Наличие значительного количества железа объясняется износом самотеков. Содержание цинка и марганца соответствует данному виду зерна: Zn – 1,8 мг/кг; Mn – 3,63 мг/кг [6]. Оболочка, в которой находится зерно риса, называемая цветочной чешуёй или среди производителей – шелухой, содержит диоксид кремния, что также не противоречит данным различных исследователей и позволило разработать способ получения диоксида кремния высокой степени чистоты – 99,9 % [7]. Наличие меди и свинца можно объяснить способностью растения поглощать тяжелые металлы из почвы. Исследование кинетики сорбции ионов тяжелых металлов фитиновым сорбентом, полученным из отходов производства риса, показало, что наибольшие величины степени извлечения (99,9-97,4 %) в условиях равновесия наблюдаются при сорбции ионов Pb^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} и Cd^{2+} [8].

Список литературы

1. Титов А.Ф., Казнина Н.М., Таланова В.В. Тяжелые металлы и растения.- Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. 194 с.
2. Лакиза Н.В. Анализ пищевых продуктов : [учеб. пособие] / Н.В. Лакиза, Л.К. Неудачина; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. -

Екатеринбург : изд-во Урал. ун-та, 2015. 188 с.

3. Доненко А.П., Короткова Т.Г., Мелёхина О.В., Пашинян Л.А. Технологические стадии процесса переработки риса-сырца на ООО «Южная рисовая компания» [Электронный ресурс] // Научные труды КубГТУ: электрон. сетевой политематич. журн. 2015. № 4. С. 338-347. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/395>

4. Доненко А.П., Короткова Т.Г., Мелёхина О.В. Повышение уровня экологической безопасности процесса очистки риса-сырца от примесей на ООО «Южная рисовая компания» // Известия вузов. Пищевая технология, 2015. № 2-3. С. 93-96.

5. Ратушный А.С. и др. Технология продукции общественного питания. В 2-х т. Том 1. Физико-химические процессы, протекающие в пищевых продуктах при их кулинарной обработке.-М.: Мир, 2003. 351 с.

6. Меледина Т.В., Матвеев И.В., Федоров А.В. Несоложенные материалы в пивоварении: учеб. пособие.-Санкт-Петербург: Университет ИТМО. 66 с.

7. Гриднева Т.В., Ляшенко А.А., Сорока П.И., Рябик П.В. Исследование физико-химических свойств диоксида кремния, полученного из отходов рисового производства // Наукові праці, випуск 45, Т.2. С. 30-33.

8. Макаренко Н.В., Ярусова С.Б., Азарова Ю.А., Земнухова Л.А. Кинетика сорбции ионов тяжелых металлов сорбентом из отходов производства риса // Вестник ДВО РАН. 2015. № 4. С. 94-99.

References

1. Titov A.F., Kaznina N.M., Talanova V.V. Tyazhelye metally i rasteniya.-Petrozavodsk: Karelskiy nauchnyiy tsentr RAN, 2014. 194 s.

2. Lakiza N.V. Analiz pischevyih produktov : [ucheb. posobie] / N.V. Lakiza, L.K. Neudachina; M-vo obrazovaniya i nauki Ros. Federatsii, Ural. feder. un-t. - Ekaterinburg : izd-vo Ural. un-ta, 2015. 188 s.

3. Donenko A.P., Korotkova T.G., Melyohina O.V., Pashinyan L.A. Tehnologicheskie stadii protsessa pererabotki risa-syirtsa na ООО «Yuzhnaya risovaya kompaniya» [Elektronnyiy resurs] // Nauchnyie trudyi KubGTU: elektron. setevoy politematich. zhurn. 2015. N 4. S. 338-347. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/395>

4. Donenko A.P., Korotkova T.G., Melyohina O.V. Povyishenie urovnya ekologicheskoy bezopasnosti protsessa ochistki risa-syirtsa ot primesey na ООО «Yuzhnaya risovaya kompaniya» // Izvestiya vuzov. Pischevaya tehnologiya, 2015. N 2-3. S. 93-96.

5. Ratushnyiy A.S. i dr. Tehnologiya produktsii obschestvennogo pitaniya. V 2-h t. Tom 1. Fiziko-himicheskie protsessyi, protekayuschie v pischevyih produktah pri ih kulinarnoy obrabotke.-M.: Mir, 2003. 351 s.

6. Meledina T.V., Matveev I.V., Fedorov A.V. Nesolozhenyie materialyi v pivovarenii: ucheb. posobie.-Sankt-Peterburg: Universitet ITMO. 66 s.

7. Gridneva T.V., Lyashenko A.A., Soroka P.I., Ryabik P.V. Issledovanie fiziko-himicheskikh svoystv dioksida kremniya, poluchennogo iz othodov risovogo proizvodstva // Naukovi praci, vipusk 45, T.2. S. 30-33.

8. Makarenko N.V., Yarusova S.B., Azarova Yu.A., Zemnuhova L.A. Kinetika sorbcii ionov tyazhelyh metallov sorbentom iz othodov proizvodstva risa // Vestnik DVO RAN. 2015. № 4. S. 94-99.