

**ЭКСТРАКЦИОННО-ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВАНИЛИНА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ НАПИТКАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ N-ВИНИЛФОРМАМИДА**

**Н.Я. Мокшина, О.А. Пахомова, Г.В. Шаталов, М.С. Лавлинская**

Надежда Яковлевна Мокшина\*

Кафедра физики и химии, Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54а, Воронеж, Российская Федерация, 394064  
E-mail: moksnad@mail.ru\*

Оксана Анатольевна Пахомова

Кафедра химии и биологии, Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, ул. Коммунаров, 28, Елец, Российская Федерация, 399770  
E-mail: pakhomchik@mail.ru

Геннадий Валентинович Шаталов, Мария Сергеевна Лавлинская

Кафедра высокомолекулярных соединений и коллоидной химии, Воронежский государственный университет, Университетская пл., 1, Воронеж, Российская Федерация, 394018  
E-mail: vms159@mail.ru, maria.lavlinskaya@gmail.com

*Актуализирована задача разработки новых способов экстракционного извлечения ванилина из водных сред различного генезиса для анализа и определения аналита при производстве пищевых продуктов и энергетических напитков. Двухфазные водные системы на основе водорастворимых полимеров наиболее полно удовлетворяют требованиям, предъявляемым к экстракционным системам. Установлены закономерности межфазного распределения ванилина в водно-солевых экстракционных системах на основе поли-N-винилформамида и сополимера N-винилформамида с N-винилимидазолом. На скорость образования двухфазной системы «водорастворимый полимер – водно-солевой раствор ванилина» в значительной степени влияет молекулярная масса экстрагента: с повышением величины характеристической вязкости уменьшается количество полимера, необходимое для образования гетерогенной системы в присутствии высаливателя. Изучено влияние соотношения водной и органической фаз на эффективность экстракционного извлечения ванилина, в том числе в присутствии кофеина. Установлена эффективность применения экстракционных систем на основе синтезированных сополимеров для экстракционного извлечения и электрофоретического определения ванилина и кофеина. В ходе исследования оптимизировали некоторые условия электрофоретического детектирования ванилина и кофеина: состав буферного раствора, тип и концентрацию мицеллообразователя, влияющую на разделяющую способность буферного раствора. Рассчитаны коэффициенты распределения и степень извлечения ванилина, предложены схемы образования ассоциатов в системах ванилин-полимер. Максимальные значения экстракционных характеристик ванилина в системах с сополимером ниже, чем при экстракции в системах с поли-N-винилформамидом. Установлено, что введение в систему компонента со звеньями N-винилимидазола приводит к образованию внутримолекулярных связей между ОН-группами винилимидазола и «пиридиновыми» N-атомами имидазольного цикла. Разработан способ электрофоретического селективного определения ванилина и кофеина в энергетических напитках с предварительным экстракционным извлечением целевых компонентов с использованием полимеров.*

**Ключевые слова:** ванилин, электрофоретическое определение, экстракция, поли-N-винилформамид, сополимер N-винилформамида с N-винилимидазолом

## EXTRACTION AND ELECTROPHORETIC DETERMINATION OF VANILLIN IN AQUEOUS SOLUTIONS AND ENERGY DRINKS WITH POLYMERS BASED ON N-VINYLFORMAMIDE

N.Ya. Mokshina, O.A. Pakhomova, G.V. Shatalov, M.S. Lavlinskaya

Nadezhda Ya. Mokshina\*

Department of Chemistry and Physics, Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy», St. Bol'shevnikov st., 54 a, Voronezh, 394064, Russia  
E-mail: moksnad@mail.ru\*

Oksana A. Pakhomova

Department of Chemistry and Biology, I. A. Bunin Yelets State University, Kommunarov st., 28, Yelets, 399770, Russia

Gennadiy V. Shatalov, Maria S. Lavlinskaya

Department of Macromolecule Compounds and Colloid Chemistry, Voronezh State University, Universitetskaya sq., 1, Voronezh, 394018, Russia  
E-mail: vms159@mail.ru, maria.lavlinskaya@gmail.com

*The problem of development of new ways of extraction of vanillin from aqueous mediums of various genesis for the analysis and determination of an anolyte under production of foodstuff and energy drinks was actualized. Two-phase water systems on the basis of water-soluble polymers most fully satisfy requirements for extractive systems. Regularities of interphase distribution of vanillin in a water-salt extraction systems on the basis of poly-N-vinylformamide and N-vinylformamide copolymer with N-vinylimidazole are established. The rate of formation of the two-phase system "water-soluble polymer - water-salt solution of vanillin" is significantly influenced by the molecular mass of the extractant: with increasing intrinsic viscosity, the amount of polymer necessary to form a heterogeneous system in the presence of a salting out agent decreases. Influence of ratio of water and organic phases on effectiveness of extraction of vanillin, including in the presence of a caffeine is studied. Effectiveness of use of extraction systems on the basis of the synthesized copolymers for extraction and elektroforetic determination of vanillin and caffeine is established. During the research some conditions of electrophoretic detecting of vanillin and caffeine were optimized: structure of a buffered solution, type and the concentration of a mitsello adjustable influence the dividing ability of a buffered solution. Distribution coefficients and extent of extraction of vanillin are calculated. Schemes of formation of associates in systems vanillin-polymer are offered. The maximal values of extraction characteristics of vanillin in systems with copolymer are lower, than at extraction in systems with poly-N - vinylformamide. It was established that introduction to system of a component with bonds of N-vinylimidazole leads to formation of intramolecular bonds between OH - groups of N-vinylimidazole and "pyridinic" N-atoms of an imidazolny cycle. The way of electrophoretic selection determination of vanillin and caffeine in energy drinks with preliminary extraction of target components with the use of polymers is developed.*

**Key words:** vanillin, electrophoretic determination, extraction, poly-N-vinylformamide, N-vinylformamide, N-vinylformamide with N-vinylimidazole copolymer

### Для цитирования:

Мокшина Н.Я., Пахомова О.А., Шаталов Г.В., Лавлинская М.С. Экстракционно-электрофоретическое определение ванилина в водных растворах и энергетических напитках с применением полимеров на основе N-винилформамида. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2017. Т. 60. Вып. 8. С. 13–19.

### For citation:

Mokshina N.Ya., Pakhomova O.A., Shatalov G.V., Lavlinskaya M.S. Extraction and electrophoretic determination of vanillin in aqueous solutions and energy drinks with polymers based on N-vinylformamide. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2017. V. 60. N 8. P. 13–19.

## ВВЕДЕНИЕ

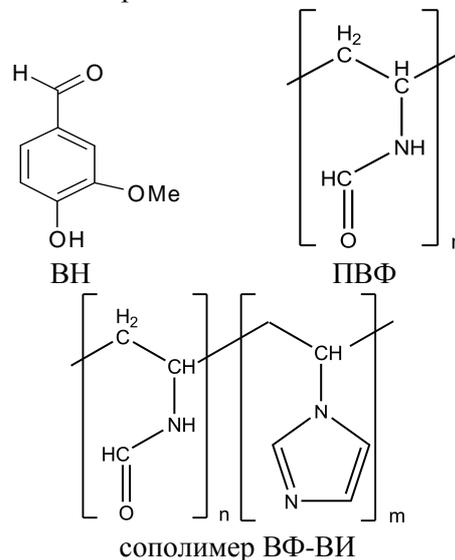
Химия поли-N-виниламидов интенсивно развивается и интегрируется во многие области науки, включая медицину, фармацевтическую и пищевую биотехнологию. Для решения задач, связанных с извлечением органических веществ разных классов из водных сред, все чаще применяют в качестве экстрагентов водорастворимые (со)полимеры таких N-виниламидов с циклическими заместителями [1-3], как поли-N-винилпирролидон (ПВП) и поли-N-винилкапролактам (ПВК). С их помощью извлекают  $\alpha$ -аминокислоты, витамины, иммунодепрессанты [4-8]. Комплекс практически важных свойств у таких полимеров определяет перспективы их использования в экстракционных системах.

В качестве экстрагентов представляют интерес менее исследованные (со)полимеры N-виниламидов алифатических кислот, в частности, полимеры на основе N-винилформамида (ВФ). Гидролиз в макроцепи звеньев ВФ с образованием  $\text{NH}_2$ -групп позволяет получать монодисперсные частицы с большей функциональностью [9, 10]. Отсюда следует ожидать у поли-N-винилформамида (ПВФ) и сополимеров ВФ увеличения возможности комплексообразования с биологически активными веществами, способствующего экстракции. С учетом этого, применение (со)полимеров на основе ВФ расширяет использование поли-N-виниламидов в экстракционных процессах и аналитических целях.

Применение частично или неограниченно растворимых в воде экстрагентов в присутствии высаливателей значительно повышает эффективность извлечения гидроксibenзальдегидов, используемых в пищевой и фармацевтической промышленности. Определение ванилинов в водных растворах и пищевых продуктах на уровне микроколичеств известными инструментальными методами, как правило, включает стадию предварительного концентрирования [11-13]. Основным способом извлечения ванилинов из реакционной смеси при их получении является жидкостная экстракция. Принципиальное ограничение применения традиционных экстракционных систем связано с тем, что вещества со значительными энергиями гидратации обычно плохо извлекаются в органическую фазу. В ряде случаев системы органический растворитель – вода не могут быть использованы для работы с биологически активными веществами из-за их разрушения. Именно этим объясняется интерес к двухфазным водным системам на основе

безопасных для биологических объектов водорастворимых полимеров.

Экстракция ванилина (ВН) с использованием двухфазных водно-солевых систем, содержащих ПВФ и сополимера ВФ с N-винилимидазолом (ВИ), ранее не проводилась.



Цель данного исследования – разработка экстракционно-электрофоретического способа определения ванилина в водных растворах и энергетических напитках с применением водно-солевых систем на основе поли-N-винилформамида и сополимера N-винилформамида с N-винилимидазолом.

## МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Используемые в работе (со)полимеры получали радикальной полимеризацией в диоксане с применением в качестве инициатора азодиизобутиронитрила (АИБН) с его концентрацией 1 % масс. в течение 8 ч при 65 °С. Концентрация продуктов полимеризации составляла в растворе 15 % масс. Сополимер ВФ-ВИ синтезировали при молярном соотношении сомономеров 9:1 с получением сополимера с содержанием звеньев ВФ 0,93 мол. доля. Сополимеры характеризовали по величине характеристической вязкости  $[\eta]$ , определенной при 20 °С в этиловом спирте. Значения  $[\eta]$  у синтезированного ПВФ составляло 0,45 г/дл, и сополимера ВФ-ВИ – 0,28 г/дл.

В градуированные пробирки вместимостью 25  $\text{cm}^3$  помещали 10  $\text{cm}^3$  раствора ванилина и 4  $\text{cm}^3$  водного раствора полимера (или 5  $\text{cm}^3$  раствора сополимера) с концентрацией 0,25 г/ $\text{cm}^3$  (ПВФ) и 0,14 г/ $\text{cm}^3$  (ВФ-ВИ).

С целью выделения самостоятельной органической фазы при экстракции ванилина применяли высаливатель – насыщенный раствор хлорида

аммония. Экстрагировали на вибросмесителе в течение 10 мин при температуре  $20 \pm 1$  °С. Для установления межфазного равновесия и полного расслаивания системы экстракционную систему центрифугировали при 10000 об/мин в течение 15 мин. Измеряли соотношение равновесных объемов водной ( $V_w$ ) и органической ( $V_o$ ) фаз ( $r = V_w/V_o$ ). Водно-солевую фазу отделяли от органической и анализировали методом капиллярного электрофореза.

При проведении аналитических исследований по содержанию ВН в качестве стандартных образцов применяли индивидуальные вещества фирмы Fluka Chemie GmbH. Готовили раствор препарата в дистиллированной воде, к полученному раствору добавляли 7,5 г высаливателя (хлорид аммония) и при тщательном перемешивании доводили раствор до метки ( $100 \text{ см}^3$ ) дистиллированной водой. Ванилин из анализируемых сред извлекали насыщенным солевым раствором полимеров при  $20 \pm 2$  °С. Экстрагировали на вибросмесителе, в течение 7-10 мин устанавливается межфазное равновесие, раствор оставляли на 3-5 мин для расслаивания системы.

*Электрофоретический анализ концентрата.* В сухую пробирку типа Эппендорф помещали  $0,5-1,0 \text{ см}^3$  экстракта, центрифугировали в течение 5 мин при 5000 об/мин и анализировали в следующих условиях: ввод пробы при давлении 30 мбар в течение 5 с, длина волны 254 нм, напряжение +25 кВ, температура 20 °С, время ввода пробы 7 мин, ведущий электролит – смесь раствора додецилсульфата натрия и тетрабората натрия. Регистрировали электрофореграммы, проверяли правильность автоматической разметки пиков, с помощью программного обеспечения «Эльфوران», идентифицировали компоненты.

Для разработки методики электрофоретического определения ванилина после его экстракции подбирали оптимальный состав буферного раствора, тип и концентрацию мицеллообразователя, влияющую на разделяющую способность буферного раствора. Для исключения влияния буферного раствора и экстрагента были получены их электрофореграммы.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С целью разработки экстракционно-электрофоретического способа определения ВН в водных средах с участием полимеров изучено его межфазное распределение в системах на основе ПВФ и сополимера ВФ-ВИ (табл. 1). Наиболее эффективным экстрагентом в отношении ванилина является ПВФ. Степень извлечения  $R$  при концентрациях ва-

нилина  $0,030-0,035 \text{ г/см}^3$  превышает 90%. Эффективность экстракции объясняется тем, что происходит вытеснение воды ионами высаливателя из гидратного слоя полимера. Это способствует усилению взаимодействий между атомами кислорода поляризованных  $>C=O$ -групп полимера и полярными фрагментами молекул ванилина, что приводит к переходу ВН из водной фазы в фазу полимера.

Таблица 1

Результаты межфазного распределения ванилина  
( $n = 3$ ,  $P = 0,95$ )

Table 1. Results of interphase distribution of vanillin  
( $n = 3$ ,  $P = 0.95$ )

Концентрация ванилина, $\text{г/см}^3$	$D$	$R, \%$
ПВФ – $\text{NH}_4\text{Cl}$ , $r = 10:4$		
0,015	$16 \pm 2,2$	80,0
0,020	$22 \pm 2,8$	84,6
0,025	$34 \pm 3,1$	89,5
<b>0,030</b>	<b><math>51 \pm 3,2</math></b>	<b>92,7</b>
0,035	$37 \pm 3,4$	90,2
ВФ-ВИ(9:1) – $\text{NH}_4\text{Cl}$ , $r = 10:5$		
0,020	$13 \pm 2,1$	72,2
0,025	$18 \pm 3,4$	78,2
0,030	$23 \pm 2,1$	82,1
0,040	$28 \pm 2,2$	84,8
<b>0,045</b>	<b><math>35 \pm 2,7</math></b>	<b>87,5</b>
0,055	$31 \pm 3,1$	86,1

Из данных табл. 1 следует, что максимальные значения коэффициента распределения  $D$  и степени извлечения  $R$  ванилина в системах с сополимером ВФ-ВИ несколько меньше, чем при экстракции с ПВФ. Введение в систему компонента со звеньями ВИ приводит к образованию внутримолекулярных связей между ОН-группами ВН и «пиридиновыми» N-атомами имидазольного цикла. Такой характер взаимодействия способствует более сильному сжатию макромолекул, находящихся в конформации клубка, что отражается на результатах экстракции.

Известно, что присутствие в экстрагируемых органических веществах ОН-групп, как правило, понижает значения коэффициентов распределения, что относится и к ванилинам [14]. Электронодонорное действие заместителя  $\text{OCH}_3$  у ВН влияет на прочность водородной связи в системе ванилин-экстрагент. Учитывая данные [2] о том, что при экстракции происходит образование Н-связей между распределяемым веществом и экстрагентом, позволяет предположить, что в системе ВН-полимер гидрофильная ОН-группа образует более прочные водородные связи с водой, чем с экстрагентом (рис. 1). Это связано с тем, что из-за стерического влияния ОН-группа, находящаяся по

отношению к OCH<sub>3</sub>-заместителю в *орто*-положении, дезактивирует образование межмолекулярных водородных связей между ВН и полимером.

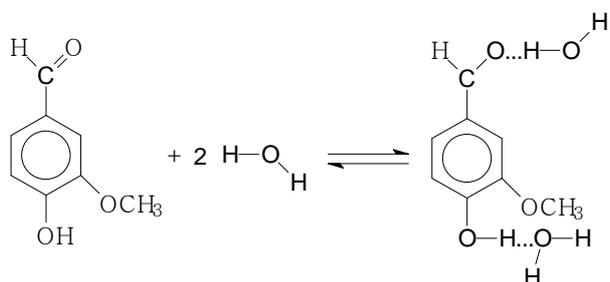


Рис. 1. Схема гидратации ванилина  
Fig. 1. Scheme of vanillin hydration

Комплексообразование в системах с полимерами возможно также благодаря «сетке» водородных связей с участием поляризованных молекул воды в виде «мостиков»-ассоциатов между ОН-группой ванилина и функциональными группами полимеров (рис. 2). Комплексообразование ПВФ с ванилином происходит за счет образования водородных связей между атомом кислорода полимера с участием молекул воды и ОН-группой ванилина.

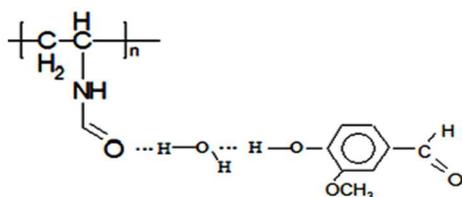


Рис. 2. Схема комплекса ПВФ – ванилин  
Fig. 2. Scheme of the PVF – vanillin complex

Многие ванилинсодержащие напитки содержат в качестве основного компонента кофеин.

Поэтому разработана методика отдельного определения двух соединений в энергетических напитках. Для этого установлены экстракционные характеристики ванилина и кофеина при совместном присутствии в модельных водных растворах (табл. 2). Степени извлечения аналитов (~90% ванилина и более 97% кофеина) свидетельствуют о том, что ПВФ позволяет эффективно одновременно извлекать кофеин и ванилин из водных сред.

Таблица 2

Результаты экстракции ванилина (1) и кофеина (2) в системе с ПВФ при их совместном присутствии в водном растворе

Table 2. Results of extraction of vanillin (1) and caffeine (2) in system with PVF at their joint presence in an aqueous solution

C <sub>1</sub> , г/см <sup>3</sup>	D <sub>1</sub>	C <sub>2</sub> , г/см <sup>3</sup>	D <sub>2</sub>	R <sub>1</sub> , %	R <sub>2</sub> , %
0,015	16±2,2	0,02	82±4,8	80,0	97,0
0,020	22±2,8	0,03	88±5,2	84,6	97,2
0,025	34±3,1	0,04	89±6,1	89,5	97,3
0,030	51±3,2	0,05	86±8,7	92,7	97,2
0,035	37±3,4	0,06	91±8,8	90,2	97,4
0,040	78±4,3	0,07	87±8,4	96,8	97,2

Примечание: C<sub>ПВФ</sub> = 0,25 г/см<sup>3</sup>; r = 10:4; n = 3 и P = 0,95  
Note: C<sub>PVF</sub> = 0.25 g/cm<sup>3</sup>; r = 10:4; n = 3 and P = 0.95

Таблица 3

Определение кофеина и ванилина в составе энергетических напитков

Table 3. Determination of caffeine and vanillin in a composition of energy drinks

Марка напитка	Содержание кофеина (заявлено производителем), мг/100 мг	Найдено, мг/100 мг		S
		ванилин	кофеин	
Adrenaline Rush	Не более 30	0,083	29,5	0,1
Tiger	30	0,015	17,4	0,1
Jaguar	30	0,034	30,1	0,2

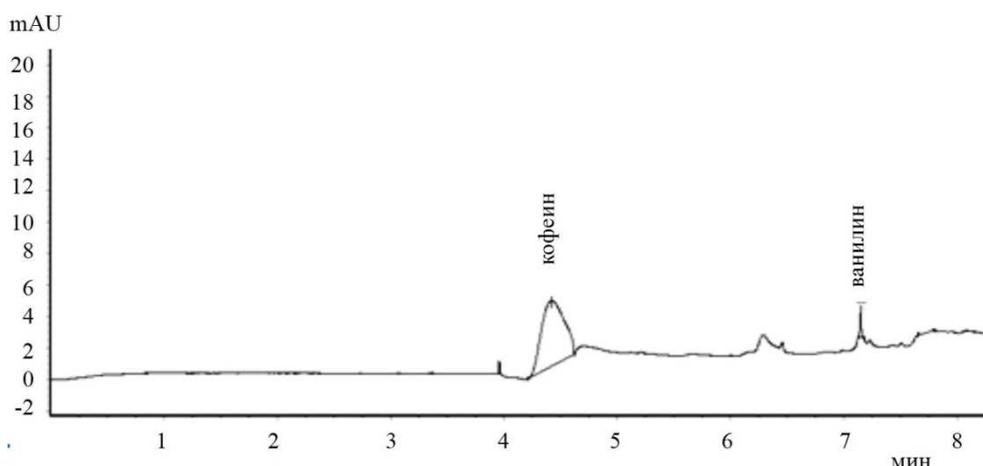


Рис. 3. Электрофореграмма кофеина и ванилина в составе напитка Tiger  
Fig. 3. Electropherogram of caffeine and vanillin in a composition of Tiger drink

В соответствии с ГОСТ Р 53193-2008 [15] кофеин в энергетических напитках определяют методом капиллярного электрофореза. На основании полученных данных разработан экстракционно-электрофоретический способ раздельного определения ванилина и кофеина в составе энергетических напитков (табл. 3, рис. 3). Отметим, что производителями не заявляется конкретное содержание ванилина в напитках, что затрудняет оценку качества этих продуктов.

Во всех исследованных образцах нами обнаружено различное содержание ванилина, что подтверждается приведенной электрофореграммой (рис. 3). В одном из образцов содержание кофеина отличается от заявленного в 1,7 раза, что также сказывается на качестве продукции. На электрофореграмме четко обозначены пики ванилина и кофеина, что позволяет рекомендовать метод капиллярного электрофореза для определения этих

соединений при их совместном присутствии в водных растворах и пищевых продуктах.

#### ВЫВОДЫ

В ходе проведенных исследований были получены экстракционные характеристики ванилина в системах с водорастворимыми полимерами различного состава и строения, оптимизировали некоторые условия электрофоретического детектирования ванилина, в том числе в присутствии кофеина, предложены схемы образования ассоциатов в системах ванилин-полимер. Разработанный способ электрофоретического селективного определения ванилина и кофеина с предварительным экстракционным извлечением целевых компонентов с использованием полимеров может быть рекомендован для серийных анализов при определении безопасности пищевых продуктов и энергетических напитков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Ерина О.В., Хохлов В.Ю., Семенов В.Ф., Шаталов Г.В.** Экстракция рутина в системах водно-солевой раствор – водорастворимый полимер и его термическое осаждение поли-N-винилкапролактамом. *Иzv. вузов. Химия и хим. технология*. 2010. Т. 53. Вып. 3. С. 52-54.
2. **Шкинев В.М., Мокшина Н.Я., Хохлов В.Ю., Спиваков Б.Я.** Экстракция биологически активных веществ в двухфазных водных системах на основе поли-N-винилпирролидона. *Доклады академии наук*. 2013. Т. 448. № 4. С. 427-429.
3. **Шаталов Г.В., Лавлинская М.С., Мокшина Н.Я., Пахомова О.А., Кузнецов В.А.** Сополимеры N-винилкапролактама с 1-винил- и 1-мета-крилоил-3,5-диметилпирразолом в качестве сорбентов незаменимых α-аминокислот в жидко- и твердофазной экстракции. *Журн. прикл. химии*. 2016. Т. 89. Вып. 1. С. 112-118.
4. **Мокшина Н.Я., Быковский Д.В., Шаталов Г.В., Пахомова О.А.** Разделение бинарных смесей гистидина, пролина и метионина в экстракционных системах на основе водорастворимых полимеров винилового ряда. *Журн. аналит. химии*. 2016. Т. 71. № 2. С. 208-211.
5. **Коренман Я.И., Зыков А.В., Мокшина Н.Я., Быковский Д.В., Шаталов Г.В.** Закономерности экстракции витаминов группы В синтетическими водорастворимыми полимерами. *Журн. физич. химии*. 2011. Т. 85. № 11. С. 2142-2146.
6. **Лавлинская М.С., Шаталов Г.В., Мокшина Н.Я., Пахомова О.А., Кузнецов В.А.** Экстракция и реэкстракция гистидина и рибофлавина сополимерами N-винилкапролактама с 1-винил- и 1-метакрилоил-3,5-диметилпирразолом. *Иzv. вузов. Химия и хим. технология*. 2016. Т. 59. Вып. 7. С. 55-60.
7. **Зыков А.В., Коренман Я.И., Мокшина Н.Я.** Экстракционное разделение витаминов группы В синтетическими водорастворимыми полимерами. *Аналитика и контроль*. 2011. Т. 15. № 1. С. 96-101.
8. **Коренман Я.И., Логинова О.А., Мокшина Н.Я., Шаталов Г.В., Быковский Д.В.** Межфазное распределение

#### REFERENCES

1. **Erina O.V., Khokhlov V.Yu., Selemenev V.F., Shatalov G.V.** Rutin extraction in systems water-salt solution – water-soluble polymer and its thermal sedimentation with poly-N-vinylcaprolactam. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2010. V. 53. N 3. P. 52-54 (in Russian).
2. **Shkinev V.M., Mokshina N. Ya., Khokhlov V.Yu., Spivakov B.Ya.** Extraction of biologically active compounds in two-phase aqueous systems based on poly-N-vinylpyrrolidone. *Doklady AN.* 2013. V. 448. N 4. P. 427-429 (in Russian). DOI: 10.1134/S0012500813020055.
3. **Shatalov G.V., Lavlinskaya M.S., Mokshina N.Ya., Pakhomova O.A., Kuznetsov V.A.** Copolymers of N-vinylcaprolactam with 1-vinyl- and 1-methacryloyl-3,5-dimethylpyrazole as sorbents of essential α-amino acids in liquid and solid-phase extraction. *Russ. J. Appl. Chem.* 2016. V. 89. N 1. P. 140-146. DOI: 10.1134/S1070427216010225.
4. **Mokshina N.Ya., Bykovskii D.V., Shatalov G.V., Pakhomova O.A.** Separation of Binary Mixtures of Histidine, Proline, and Methionine in Extraction Systems Based on Water-Soluble Polymers of Vinyl Series. *J. Analyt. Chem.* 2016. V. 71. N 2. P. 201-204. DOI: 10.1134/S1061934816020106
5. **Korenman Ya.I., Zykov A.V., Mokshina N.Ya., Bykovskii D.V., Shatalov G.V.** Regularities in the extraction of B group vitamins with synthetic water-soluble polymers. *Russ. J. Phys. Chem. A.* 2011. V. 85. N 11. P. 2000-2004. DOI: 10.1134/S0036024411110185.
6. **Lavlinskaya M.S., Shatalov G.V., Mokshina N.Ya., Pakhomova O.A., Kuznetsov V.A.** Extraction and reextraction of histidine and riboflavin by N-vinylcaprolactam copolymers with 1-vinyl- and 1-methacryloyl-3,5-dimethylpyrazole. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2016. V. 59. N 7. P. 55-60 (in Russian).
7. **Zykov A.V., Korenman Ya.I., Mokshina N.Ya.** Extractive separation of vitamin B by synthetic water-soluble polymers. *Analytika control.* 2011. V. 15. N 1. P. 96-101 (in Russian).

- иммунодепрессантов в экстракционных системах на основе гидрофильных растворителей и полимеров. *Конденсированные среды и межфазные границы*. 2014. Т. 16. № 3. С. 347-353.
9. **Нестерова Н.А., Гаврилова И.И., Панарин Е.Ф.** Радиальная сополимеризация N-винилформамида с ненасыщенными карбоновыми кислотами. *Журн. прикл. химии*. 2009. Т. 82. № 4. С. 624-637.
  10. **Шевченко Н.Н., Панкова Г.А., Евсеева Т.Г., Шабсельс Б.М., Байгильдин В.А., Меньшикова А.Ю.** Особенности эмульсионной сополимеризации стирола с N-винилформамидом и диметакрилатом этиленгликоля и характеристики образующихся частиц. *Высокомолек. соед.* 2014. Т. 56. № 2. С. 144-151.
  11. **Коренман Я.И., Маслова Н.В., Суханов П.Т., Хрипушин В.В., Мокшина Н.Я.** Экстракционно-хроматографическое определение ванилина и ванилиновой кислоты в водных средах. *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. 2010. Т. 76. № 5. С. 15 - 18.
  12. **Маслова Н.В., Коренман Я.И., Суханов П.Т., Хрипушин В.В.** Экстракционно-цветометрическое определение ванилинов в водных средах. *Аналитика и контроль*. 2011. Т. 15. № 2. С. 233 – 237.
  13. **Маслова Н.В., Данилов А.Н., Мокшина Н.Я., Пахомова О.А.** Определение некоторых ароматических соединений в сточных водах. *Фундаментальные исследования*. 2015. № 7-3. С. 480-484.
  14. **Маслова Н.В., Суханов П.Т., Мокшина Н.Я., Коренман Я.И.** Экстракция и определение ванилинов. Воронеж: Воронежский ЦНТИ – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. 2013. 147 с.
  15. Напитки безалкогольные и алкогольные. Определение кофеина, аскорбиновой кислоты и ее солей, консервантов и подсластителей методом капиллярного электрофореза. ГОСТ Р 53193-2008. М.: Стандартинформ. 2008. 11 с.
  8. **Korenman Ya.I., Loginova O.A., Mokshina N.Ya., Shatalov G.V., Bykovsky D.V.** Interphase distribution immunosuppressant in the extraction system based on hydrophilic solvent and polymer. *Kondens. Sredy Mez. Granitsy*. 2014. V. 16. N 3. P. 347-353 (in Russian).
  9. **Nesterova N.A., Gavrilova I.I., Panarin E.F.** Radical copolymerization of N-vinylformamide with unsaturated carboxylic acids. *Russ. J. Appl. Chem.* 2009. V. 82. N 4. P.618-621.
  10. **Shevchenko N.N., Pankov G.A., Evseeva T.G., Shabsel's B.M., Baiygildin V.A., Menshikova A.Yu.** Copolymerization of styrene with N-vinylformamide and ethylene glycol dimethacrylate and characteristics of the formed particles. *Vysokomolek. Soed.* 2014. V. 56. N 2. P. 144-151. (in Russian).
  11. **Korenman Ya.I., Maslova N.V., Sukhanov P.T., Khripushin V.V., Mokshina N.Ya.** Extractionchromatographic determination of vanillin and vanillic acid in aqueous media. *Zav. Lab. Diagnost. materialov*. 2010. V. 76. N 5. P. 15-18 (in Russian).
  12. **Maslova N.V., Korenman Ya.I., Sukhanov P.T., Khripushin V.V.** Extraction-colorimetric determination of vanillins in aqueous solution. *Analitika control*. 2011. V. 15. N 2. P. 233-237 (in Russian).
  13. **Maslova N.V., Danilov A.N., Mokshina N.Y., Pakhomova O.A.** Determination of some aromatic compounds in the wastewater. *Fundamental Issled.* 2015. N 7. P.480-484 (in Russian).
  14. **Maslova N.V., Sukhanov P.T., Mokshina N.Ya., Korenman Ya.I.** Extraction and determination of vanillin. Voronezh: Voronezh filial of TsNTI. 2013. 147 p (in Russian).
  15. Drinks nonalcoholic and alcoholic. Definition of a caffeine, Acidum ascorbinicum and its salts, preservatives and sweeteners by method of a capillary electrophoresis. GOST P 53193-2008. M.: Standartinform. 2008. 11 p (in Russian).

*Поступила в редакцию 04.04.2017  
Принята к опубликованию 17.07.2017*

*Received 04.04.2017  
Accepted 17.07.2017*