



Научная статья  
2.6.13 – Процессы и аппараты химических технологий (технические науки)  
УДК665.2:54.05

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.03.027



## ИССЛЕДОВАНИЕ ГУМИНОВЫХ И ФУЛЬВОКИСЛОТ МУМИЕ ПО ДАННЫМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

Галина Романовна Бухалова <sup>1</sup>, Лина Викторовна Затонская <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

<sup>1</sup> buxalov99@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5297-7014>

<sup>2</sup> zatonskayalv@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2842-2710>

**Аннотация.** На сегодняшний день одним из интенсивно развивающихся направлений современной химии является анализ продуктов жизнедеятельности и распада живых организмов – гуминовых веществ, разработка технологии и подбор оптимальных режимов по их выделению. К тому же имеется большая потребность в эффективных, экологически безопасных препаратах, какими и являются препараты на основе мумие благодаря своим главным действующим веществам – гуминовым и фульвокислотам. Именно от их количества зависят полезные свойства самого мумие. Поэтому разработка способов извлечения гуминовых и фульвокислот из мумие, изучение их свойств и практического применения является актуальным направлением научных исследований. Цель нашей работы – извлечение гуминовых и фульвокислот из мумие, исследование полученных образцов методом ИК-спектроскопии. Используя методику, основанную на гравиметрическом определении содержания гуминовых кислот, экстрагированных из продукта щелочным раствором, определены массовые доли гуминовых кислот в двух анализируемых образцах мумие: монгольского (образец 1) и алтайского (образец 2) производства, которые составили  $(9,4 \pm 0,2) \%$  и  $(5,7 \pm 0,1) \%$  соответственно. Предложена методика извлечения фульвокислот из фракции после осаждения гуминовых кислот. С помощью ИК-спектроскопии подтверждено качественное содержание гуминовых и фульвокислот в мумие.

**Ключевые слова:** мумие, гуминовые кислоты, фульвокислоты, гравиметрический анализ, экстракция, ИК-спектроскопия.

**Для цитирования:** Бухалова Г. Р., Затонская Л. В. Исследование гуминовых и фульвокислот мумие по данным ИК-спектроскопии // Ползуновский вестник. 2023. № 3. С. 197–202. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.03.027. EDN: <https://elibrary.ru/TZAVYO>.

Original article

## INVESTIGATION OF HUMIC AND FULVIC ACIDS OF MUMIYO ACCORDING TO IR SPECTROSCOPY DATA

Galina R. Bukhalova <sup>1</sup>, Lina V. Zatonskaya <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Altai State University, Barnaul, Russia

<sup>1</sup> buxalov99@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5297-7014>

<sup>2</sup> zatonskayalv@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2842-2710>

**Abstract.** To date, one of the rapidly developing areas of modern chemistry is the analysis of the products of vital activity and decay of living organisms - humic substances, the development of technology and the selection of optimal modes for their isolation. In addition, there is a great need for effective, environmentally friendly preparations, such as mumiyo-based preparations due to their main

© Бухалова Г. Р., Затонская Л. В., 2023

*active ingredients - humic and fulvic acids. It is on their quantity that the beneficial properties of the mumiyo itself depend. Therefore, the development of methods for extracting humic and fulvic acids from mumiyo, the study of their properties and practical application is an important area of scientific research. The purpose of our work is the extraction of humic and fulvic acids from mumiyo, the study of the obtained samples by IR spectroscopy. Using a technique based on the gravimetric determination of the content of humic acids extracted from the product with an alkaline solution, the mass fractions of humic acids in two analyzed samples of mumiyo were determined: Mongolian (sample 1) and Altai (sample 2) production, which amounted to  $(9,4 \pm 0,2)$  % and  $(5,7 \pm 0,1)$  %, respectively. A technique for extracting fulvic acids from a fraction after precipitation of humic acids is proposed. With the help of IR spectroscopy, the qualitative content of humic and fulvic acids in the mumiyo was confirmed.*

**Keywords:** mumiyo, humic acids, fulvic acids, gravimetric analysis, extraction, IR spectroscopy.

**For citation:** Bukhalova, G. R. & Zatonskaya, L. V. (2023). Investigation of humic and fulvic acids of mumiyo according to IR spectroscopy data. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 197-202. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.03.027. <https://elibrary.ru/TZAVYO>.

## ВВЕДЕНИЕ

Мумие – органоминеральный продукт природного происхождения, представляющий собой куски различной формы и величины неоднородной плотной твердой массы с неровной или зернистой, матовой или блестящей поверхностью, хрупкой или тугопластичной консистенции с включениями растительного (части стеблей, корней, семена), минерального (кусочки горных пород) и животного происхождения, заключенными в смолоподобное вещество коричневого, темно-коричневого, черного с бледно-серыми пятнами цвета, специфического запаха, в образовании которого принимают участие горные породы, почва, растения, животные, микроорганизмы [1].

Мумие является одним из средств народной медицины, под действием компонентов, входящих в его состав, активизируются обменные процессы, увеличивается количество эритроцитов, повышается содержание гемоглобина в крови. Мумие оказывает выраженное противомикробное и антибактериальное действие, повышает защитные силы организма, является надежным и эффективным средством при лечении некоторых инфекционных заболеваний и заболеваний, связанных с воспалительным процессом [2–4].

Гуминовые и фульвокислоты, содержащиеся в мумие, представляют собой сложную смесь высокомолекулярных и полифункциональных соединений алициклической, ароматической, гидроароматической и гетероциклической природы. Гуминовые кислоты – это наиболее обширная группа гумусовых кислот, которые растворимы в щелочах и нерастворимы в кислотах. Фульвокислоты – это органические соединения, которые находятся в кислом фильтрате после осаждения гуминовых кислот [5].

Между гуминовыми и фульвокислотами установлено генетическое единство. Строение молекул гуминовых и фульвокислот сходно. Обе группы этих соединений – высокомолекулярные азотсодержащие органические кислоты. Фульвокислоты отличаются от гуминовых более светлой окраской, большей окисленностью и гидрофильностью, а также меньшим содержанием углерода [6].

Гуминовые кислоты нашли широкое применение в различных сферах жизнедеятельности. Они используются в сельском хозяйстве, в косметологии и грязелечении, как БАДы, так как могут сорбировать ксенобиотики и антигены, производные гуминовых кислот могут применяться в качестве редокс- и комплексообразующих агентов. Фульвокислоты содержатся в мумие в меньшем количестве, чем гуминовые кислоты. Они способствуют усилению процессов метаболизма, что обеспечивает более слаженную и эффективную работу многих систем и органов [7–10].

Поэтому целью данного исследования являлось определение количественного содержания гуминовых кислот и качественного содержания фульвокислот в различных образцах мумие с последующим подтверждением их химического состава методом ИК-спектроскопии.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для анализа были взяты два образца мумие: монгольского (образец 1) и алтайского (образец 2) производства.

Для количественного определения гуминовых кислот был выбран гравиметрический метод. К 0,5 г исследуемого образца добавляли 30 мл 1 % раствора NaOH и нагревали в колбе с обратным холодильником в течение 3 часов на кипящей водяной бане. По оконча-

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГУМИНОВЫХ И ФУЛЬВОКИСЛОТ МУМИЕ ПО ДАННЫМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

нии щелочного гидролиза смесь охлаждали до комнатной температуры. Полученный экстракт фильтровали, осадок промывали несколько раз 5 мл раствора NaOH. Экстракты гуминовых кислот после фильтрования исследуемых образцов мумие представлены на рисунке 1. По интенсивности окраски экстрактов можно было предположить, что наибольшее содержание гуминовых кислот находится в образце 1.



Рисунок 1 – Экстракты гуминовых кислот после фильтрования

Figure 1 – Humic acid extracts after filtration

Затем к отфильтрованному экстракту добавляли 5 мл 5,0 % раствора HCl (pH 3–4), полученную смесь хорошо перемешивали стеклянной палочкой и выпавшему осадку давали отстояться в течение нескольких часов (рисунок 2).



Рисунок 2 – Осадки гуминовых кислот

Figure 2 – Precipitates of humic acids

Далее осадок фильтровали через беззольный фильтр, предварительно высушенный в сушильном шкафу до постоянной массы при температуре 105 °С. По окончании

фильтрования осадок промывали дистиллированной водой.

Фильтр с осадком гуминовых кислот помещали во взвешенный бюкс, также предварительно высушенный до постоянной массы при температуре 105 °С, и высушивали в сушильном шкафу до постоянного веса (рисунок 3). Контрольное взвешивание после дополнительного высушивания и охлаждения проводили до тех пор, пока разность масс составляла не более 0,5 мг. Для каждого образца мумие исследования проводили в трех параллельных опытах. После расчетов массовая доля гуминовых кислот в образце 1 составила  $(9,4 \pm 0,2) \%$ , в образце 2  $(5,7 \pm 0,1) \%$ .



Рисунок 3 – Осадки гуминовых кислот после высушивания

Figure 3 – Precipitates of humic acids after drying

Оставшаяся фракция после осаждения гуминовых кислот в дальнейшем была использована нами для извлечения фульвокислот. Так как фульвокислоты хорошо растворимы в воде, многих кислотах и в некоторых органических растворителях, то для простоты их дальнейшего извлечения нами был подобран наиболее оптимальный, по нашему мнению, органический растворитель – этилацетат. Фульвокислоты извлекали путем экстракции этилацетатом, экстрагирование проводили до прекращения окрашивания растворителя ( $5 \times 10$  мл), далее растворитель отгоняли под вакуумом.

Качественный состав полученных гуминовых и фульвокислот был подтвержден методом ИК-спектроскопии.

ИК-спектры исследуемых образцов регистрировали на спектрометре «Инфралюм ФТ-801» в диапазоне частот  $4000\text{--}550\text{ см}^{-1}$ , откладывая по оси ординат пропускание, а по оси абсцисс – волновые числа. Для съемки спектров прессовали таблетки в бромиде калия, в соотношении исследуемая кислота : бромид калия 2 : 300.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ИК-спектрах гуминовых кислот (рисунки 4, 6) обнаружены следующие интенсивные полосы поглощения: 3500–3400 см<sup>-1</sup>, относятся к ОН-группам (фенольные, спиртовые и ОН-группы в карбоксильных группах); 2923 см<sup>-1</sup> – свидетельствует о наличии длин-

ных метиленовых цепочек; 2852 см<sup>-1</sup> – относится к метильным концевым группам. Полоса поглощения при длине волны 1714 см<sup>-1</sup> соответствуют карбоксильным группам (C=O в карбоксильных группах), 1204 см<sup>-1</sup> – ОН-группы в карбоксильных группах, 1105 см<sup>-1</sup> – ОН-группы углеводов, 1651 см<sup>-1</sup> – C=N в имино-группах.

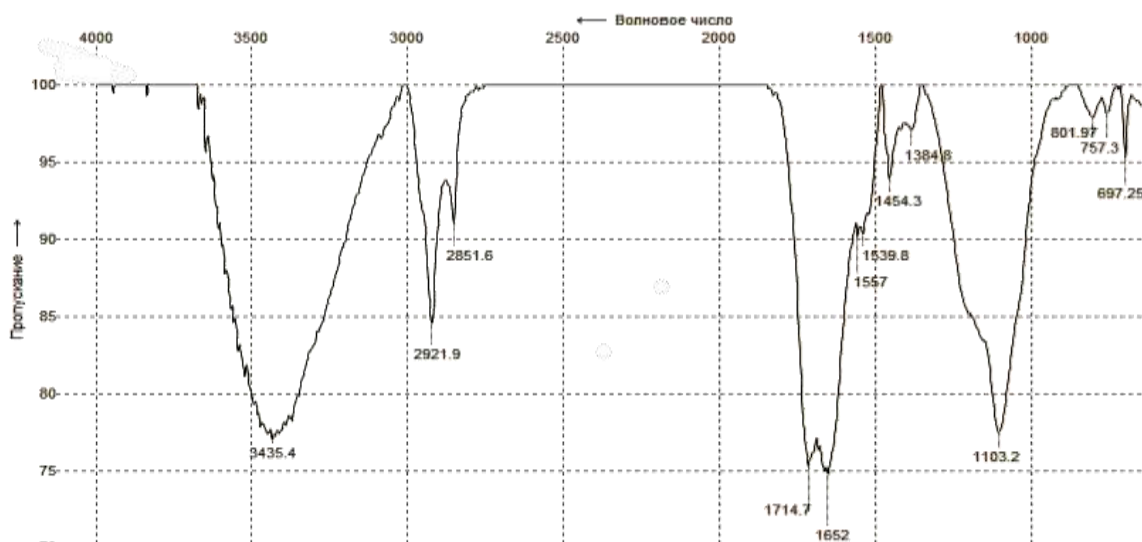


Рисунок 4 – Инфракрасный спектр гуминовых кислот

Figure 4 – Infrared spectrum of humicacids

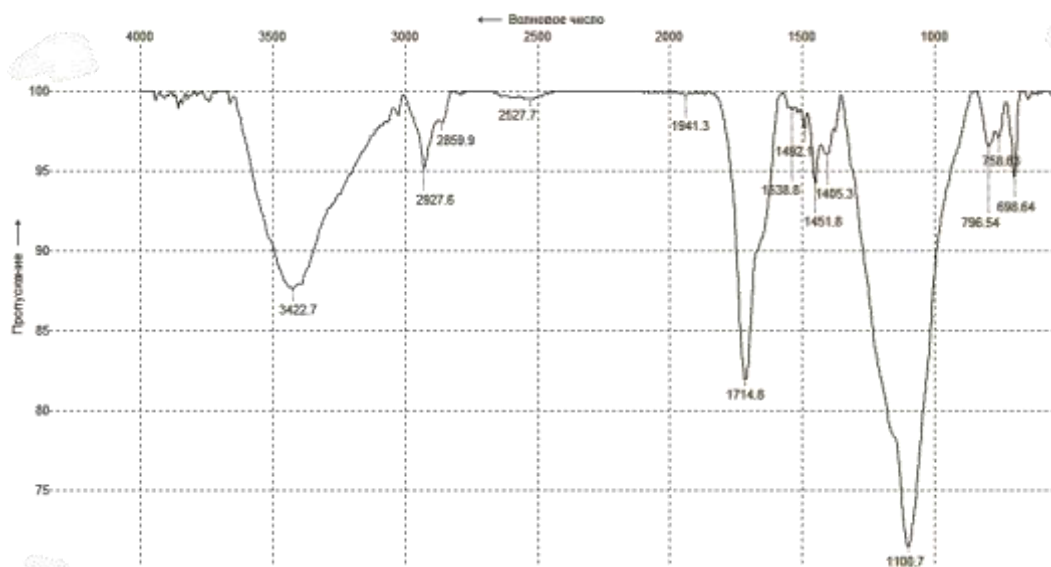


Рисунок 5 – Инфракрасный спектр фульвокислот

Figure 5 – Infrared spectrum of fulvicacids

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГУМИНОВЫХ И ФУЛЬВОКИСЛОТ МУМИЕ ПО ДАННЫМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

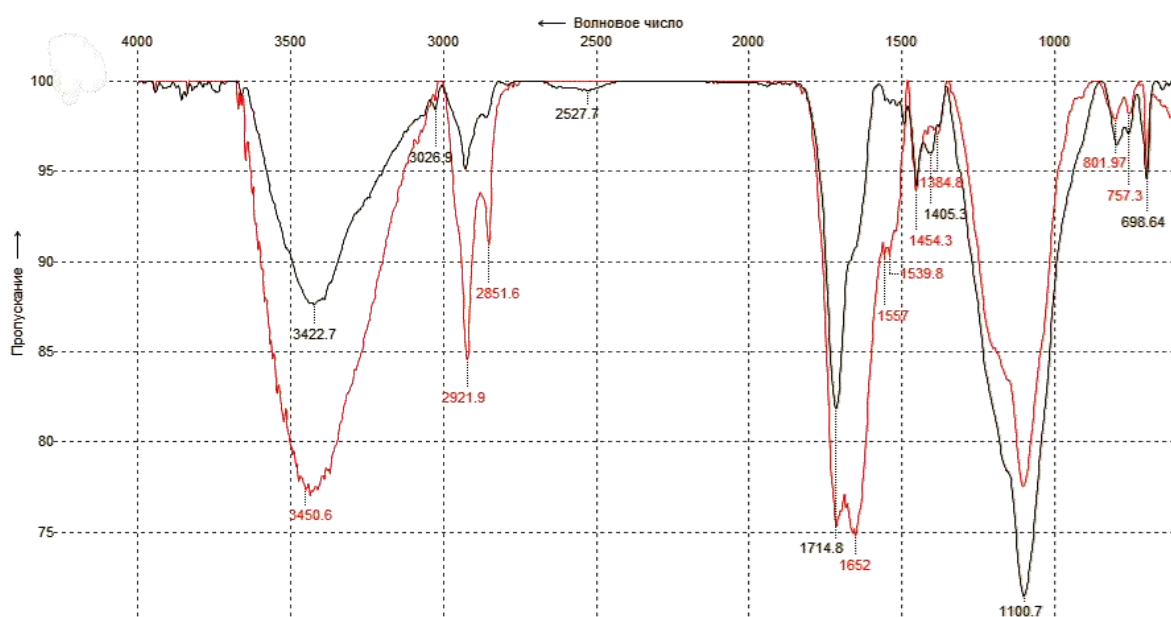


Рисунок 6 – Инфракрасные спектры: гуминовых кислот (красная линия спектра) и фульвокислот (черная линия спектра)

Figure 6 – Infrared spectra: humic acids (red line of the spectrum) and fulvic acids (black line of the spectrum)

В ИК-спектрах фульвокислот (рисунки 5, 6) также имеются широкие и интенсивные полосы поглощения  $3500\text{--}3400\text{ см}^{-1}$ , обусловленные гидроксильными группами; полоса  $1714\text{ см}^{-1}$  вызвана преимущественно карбоксильными группами ( $\text{C}=\text{O}$  в  $\text{COOH}$ ),  $1452\text{ см}^{-1}$  соответствует метильным и метиленовым группировкам. В ИК-спектрах фульвокислот также присутствуют полосы поглощения с интенсивностью  $2928$  и  $1500\text{ см}^{-1}$ , которые соответствуют  $\text{CH}_2$ -,  $\text{CH}_3$ -группам и  $\text{C}=\text{C}$  (аром.). Сильное поглощение в области  $1100\text{ см}^{-1}$  связано с деформационными колебаниями  $\text{OH}$ -спиртовыми группами.

### ВЫВОДЫ

На данном этапе были исследованы образцы мумие разных стран. Экспериментальные данные показали, что количественное содержание гуминовых кислот в мумие монгольского производства оказалось гораздо выше ( $9,4 \pm 0,2$ ) % по сравнению с образцом мумие алтайского производства ( $5,7 \pm 0,1$ ) %.

Из фракции после осаждения гуминовых кислот были получены фульвокислоты путем подбора наиболее оптимального растворителя для их извлечения.

Качественный состав полученных гуминовых и фульвокислот был подтвержден методом ИК-спектроскопии.

Полученные результаты о качественном

составе фульвокислот способствуют для дальнейшей научной работы над методами количественного определения фульвокислот в мумие.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черникова С.А., Акиншин С.Н., Шелемей Е.Н. Мумие как вид природных ресурсов // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. 2021. № 10 (52). С. 155–158.
2. Фролова Л.Н., Киселева Т.Л. Применение мумиё в традиционной медицине разных стран: исторический экскурс // Традиционная медицина. 2007. № 2 (9). С. 14–21.
3. Фролова Л.Н., Киселева Т.Л. Биологическая активность мумиё публикация 4: регенеративное действие при переломах костей // Традиционная медицина. 2008. № 2 (13). С. 51–60.
4. Землянский Р.Д., Макаров А.В. Антибактериальные свойства саянского гуминового вещества – «мумиё» // В сборнике : Актуальные проблемы ветеринарной медицины, пищевых и биотехнологий. Материалы Международной научно-практической конференции. Саратов, 2022. С. 11–15.
5. Попов А.И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование / под ред. Е.И. Ермакова. СПб. : Изд-во СПб. ун-та, 2004. 248 с.
6. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв. М. 1974. 334 с.
7. Василенко И.О. Опыт использования препарата гуминовых кислот в яичном птицеводстве // Основы и перспективы органических биотехнологий. 2020. № 4. С. 3–8.

8. Гуминовые кислоты: их выделение, структура и применение в биологии, химии и медицине / П.П. Пурьгин, И.А. Потапова, Д.В. Воробьев. В книге : актуальные проблемы биологии, химии и медицины. Одесса. 2014. С. 180–196.

9. Хилько С.Л., Ефимова И.В., Смирнова О.В. Антиоксидантные свойства гуминовых кислот из бурого угля // Химия твердого топлива. 2011. № 6. С. 3.

10. Дину М.И. Сравнение комплексообразующих способностей фульвокислот и гуминовых кислот в водной среде с ионами железа и цинка // Водные ресурсы. 2010. Т. 37. № 1. С. 65–69.

### Информация об авторах

Г. Р. Бухалова – магистрант кафедры техносферной безопасности и аналитической химии, институт химии и химико-фармацевтических технологий, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет».

Л. В. Затонская – кандидат химических наук, доцент кафедры техносферной безопасности и аналитической химии, институт химии и химико-фармацевтических технологий, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет».

### REFERENCES

1. Chernikova, S.A., Akinshin, S.N., Shelemey, E.N. (2021). Mumiyo as a type of natural resource. *Bulletin of the Volodymyr Dahl Luhansk State University*. 10(52), 155-158. (In Russ.).

2. Frolova, L.N., Kiseleva, T.L. (2007). The use of mumiyo in traditional medicine in different countries: a historical digression. *Traditional medicine*. 2(9), 14-21. (In Russ.).

3. Frolova, L.N., Kiseleva, T.L. (2008). Biological activity of mumiyo publication 4: regenerative effect in bone fractures. *Traditional medicine*. 2(13), 51-60. (In Russ.).

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare that there is no conflict of interest.*

*Статья поступила в редакцию 28.03.2023; одобрена после рецензирования 13.08.2023; принята к публикации 11.09.2023.*

*The article was received by the editorial board on 28 Mar 2023; approved after editing on 13 Aug 2023; accepted for publication on 11 Sep 2023.*

4. Zemlyansky, R.D., Makarov, A.V. (2022). Antibacterial properties of the Sayanhumic substance - «mumiyo». *In the collection: Actual problems of veterinary medicine, food and biotechnologies. Materials of the International scientific-practical conference*. Saratov, 11-15. (In Russ.).

5. Popov, A.I. Humic substances: properties, structure, formation / ed. E.I. Ermakov. St. Petersburg : Publishing House of St. Petersburg. university, 2004. 248 p. (In Russ.).

6. Orlov, D.S. Soil humic acids. M. 1974. 334 p. (In Russ.).

7. Vasilenko, I.O. (2020). Experience in using the preparation of humic acids in egg poultry farming. *Fundamentals and prospects of organic biotechnologies*. (4), 3-8. (In Russ.).

8. Humic acids: their isolation, structure and application in biology, chemistry and medicine / P.P. Purygin, I.A. Potapova, D.V. Vorobyov. In the book: actual problems of biology, chemistry and medicine. Odessa. 2014. 180-196. (In Russ.).

9. Khilko, S.L., Efimova, I.V., Smirnova O.V. (2011). Antioxidant properties of humic acids from brown coal. *Solid Fuel Chemistry*. (6), 3. (In Russ.).

10. Dinu, M.I. (2010). Comparison of the complexing abilities of fulvic acids and humic acids in the aquatic environment with iron and zinc ions. *Water resources*. 37(1), 65-69. (In Russ.).

### Information about the authors

G.R. Bukhalova - student of the Department of Technosphere Safety and Analytical Chemistry, Institute of Chemistry and Chemical-Pharmaceutical Technologies, Altai State University.

L.V. Zatonskaya - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Technosphere Safety and Analytical Chemistry, Institute of Chemistry and Chemical-Pharmaceutical Technologies, Altai State University.