

УДК 546.72+631
AGRIS P33

https://doi.org/10.33619/2414-2948/71/03

ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИЕ НАНОКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ

©Маметова А. С., ORCID: 0000-0002-4002-6569, д-р хим. наук, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, mametova10@mail.ru
©Жаркынбаева Р. А., ORCID: 0000-0003-4697-3134, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, jarkynbaeva79@mail.ru
©Гаффорова Х. И., ORCID: 0000-0001-8985-638X, канд. хим. наук, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан,
©Абдуллаева Ж. Д., ORCID: 0000-0001-5777-4478, SPIN-код:1815-7416, канд. хим. наук, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, jypar.science@oshsu.kg

IRON CONTAINING NANOCOMPOSITES BASED ON HUMIC SUBSTANCES

©Mametova A., Dr. habil., ORCID: 0000-0002-4002-6569, Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, mametova10@mail.ru,
©Zharkynbaeva R., ORCID: 0000-0003-4697-3134, Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, jarkynbaeva79@mail.ru
©Gafforova Kh., ORCID: 0000-0001-8985-638X, Ph.D., Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, gafforova1973@mail.ru
©Abdullaeva Zh., ORCID: 0000-0001-5777-4478, SPIN-code: 1815-7416, Ph.D., Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, jypar.science@oshsu.kg

Аннотация. Актуальностью исследования железосодержащих нанокмполитов на основе гуминовых веществ являются их особые свойства, состав, строение и области применения. *Материалы и методы исследования:* статья составлена с помощью литературного обзора публикаций о железосодержащих нанокмполитов на основе гуминовых веществ. *Цели исследования:* определение строения и видов железосодержащих нанокмполитов на основе гуминовых веществ и их области применения в медицине. *Результаты исследования:* наночастицы оксида железа применимы в развитии наномедицины благодаря их универсальным функциям. Гуминовые вещества состоят из гетерополимеров супрамолекулярного строения, составной частью которых являются объекты природного происхождения. *Выводы:* железосодержащие нанокмполиты могут быть применены в биомедицине в качестве диагностических и терапевтических инструментов. Гуминовые вещества представляют собой органические макромолекулы с множеством свойств и высокой структурной сложностью.

Abstract. Research relevance is the study of iron-containing nanocomposites based on humic substances is their special properties, composition, structure and applications. *Materials and research methods:* the article was compiled using a literature review of publications on iron-containing nanocomposites based on humic substances. *Research objectives:* determination of the structure and types of iron-containing nanocomposites based on humic substances and their field of application in medicine. *Research results:* Iron oxide nanoparticles are applicable in the development of nanomedicine due to their adaptable functions. Humic substances are composed of supramolecular heteropolymers, which include natural objects. *Conclusions:* Iron-containing

nanocomposites can be used in biomedicine as diagnostic and therapeutic tools. Humic substances are organic macromolecules with multiple properties and high structural complexity.

Ключевые слова: железосодержащие нанокompозиты, состав, строение, свойства, гуминовые вещества, применение в медицине.

Keywords: iron-containing nanocomposites, composition, structure, properties, humic substances, use in medicine.

Введение

Гуминовые кислоты (ГК) это гетерополимеры супрамолекулярного строения, составной частью которых являются объекты природного происхождения (лечебные грязи (ЛГ) илового и сапропелевого типов, торфяные и угольные ископаемые) и обладающие разнообразной биологической активностью [1]. Металлополимеры чаще используются как предшественники для получения нанокompозитных материалов, термические превращения металлосодержащих мономеров является современным и эффективным методом для получения нанокompозитов [2].

Наночастицы оксида железа имеют ключевую роль в развитии наномедицины благодаря их универсальным функциям в наномасштабе, некоторые биомедицинские недостатки, например, плохое разрешение магнитно-резонансной томографии (МРТ) на основе железосодержащих нанокompозитов, могут быть преодолены путем совместного включения на них оптических зондов, которые могут быть либо молекулярными, либо на основе наночастиц. Железосодержащие нанокompозиты могут быть применены в биомедицине в качестве диагностических и терапевтических инструментов. В обзорных статьях даны отдельные оптические или магнитные наноструктуры с точки зрения их синтеза, характеристики и биомедицинских применений [3]. Можно контролировать наноразмерные характеристики магнитного материала, изменяя его размер, форму, состав и структуру нанокompозитов в определенных пределах [4–7]. В свою очередь, не все методы производства железосодержащих нанопорошков позволяют контролировать их свойства в процессе. Метод химического осаждения позволяет контролировать свойства продукта на каждом этапе его производства. Таким образом, метод позволяет получать химически чистые нанопорошки с заданным составом, формой и дисперсией [8–10].

Материал и методы исследования

Статья составлена на основе литературного обзора публикаций о железосодержащих нанокompозитов с гуминовыми веществами.

Результаты и обсуждение

Магнитные наночастицы (Fe-НЧ) были приготовлены с использованием наиболее распространенных и эффективный метод химического осаждения. Были приготовлены два раствора для синтеза наночастиц следующим образом. Для раствора 1,21 г $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ растворяли в 40 мл дистиллированной воды, а для раствора 2, 31 г $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ растворяли в 40 мл дистиллированной воды. Оба раствора 1 и 2 объединяли при постоянном перемешивании и нагревали до 80 °С. рН растворов 1 и 2 составлял 7, и его доводили до 10, добавляя по каплям NH_4OH (25%) при постоянном перемешивании до тех пор, пока раствор не станет черным. Затем раствор фильтровали с использованием фильтровальной бумаги

Whatman. После фильтрации наночастицы были промыты трижды этанолом, а затем дистиллированной водой с последующей сушкой в течение 12 часов в сушильном шкафу при 80 °С [11].

Природа, состав и физико-химическая характеристика гуминовых веществ

Гуминовые вещества — это широко распространенные в природе комплексы биологически активных веществ микробиологического, растительного или животного происхождения. Богатые источники этих соединений почва, перегной, торф, сапрпель, природная вода и различные другие среды [12]. Гуминовые вещества представляют собой органические макромолекулы с множеством свойств и высокой структурной сложностью. Обычно их делят на три компонента в зависимости от их растворимости: фульвовые кислоты, гуминовые кислоты (растворимые в щелочах) и гумин (нерастворимый остаток). Они содержат основные функциональные группы, включая карбоксильные, фенольные, карбонильные, гидроксильные, аминные, амидные и алифатические группы, среди прочего [13–15]. В силу специфики химических свойств гуминовые вещества применимы в промышленности, сельском хозяйстве, окружающей среде и биомедицине с известными и новыми подходами.

Гумины взаимодействуют со всеми классами экотоксикантов, включая азокрасители [16]. Соединения гуминовых веществ могут использоваться в очистке воды [17].

Было отмечено, что гуминовые вещества влияют на физиологию растений [18], действуют как биостимуляторы, проявляют биологическую активность [19], а также образуют комплексы с питательными веществами и частицами глины, увеличивают катионообменную способность почвы, предотвращают вымывание питательных веществ, а также связываются с тяжелыми металлами [20] и другими загрязнителями почвы.

Выводы

Железосодержащие наноконпозиты могут быть применены в биомедицине в качестве диагностических и терапевтических инструментов. Наночастицы оксида железа применимы в развитии наномедицины благодаря их универсальным функциям в наномасштабе, некоторые биомедицинские недостатки, например, плохое разрешение магнитно-резонансной томографии (МРТ) на основе железосодержащих наноконпозитов, могут быть преодолены путем совместного включения на них оптических зондов, которые могут быть либо молекулярными, либо на основе наночастиц

Гуминовые вещества широко распространены в природе и являются комплексами биологически активных веществ микробиологического, растительного или животного происхождения. Химических свойств гуминовые вещества применимы в промышленности, сельском хозяйстве, окружающей среде и биомедицине с известными и новыми подходами.

Список литературы:

1. Сухих А. С., Кузнецов П. В. Перспективы применения гуминовых и гуминоподобных кислот в медицине и фармации // Медицина в Кузбассе. 2009. №1. С. 10-14.
2. Пронин А. С. Семенов С. А., Терешко И. Г., Волчкова Е. В., Джардималиева Г. И. Синтез и термические превращения ненасыщенных монокарбоксилатов железа (III) как прекурсоров металлополимерных наноконпозитов // Труды Кольского научного центра РАН. 2018. Т. 9. №2-2. С. 712-716. <https://doi.org/10.25702/KSC.2307-5252.2018.9.1.712-716>

3. Lamichhane N., Sharma S., Parul P., Verma A. K., Roy I., Sen T. Iron Oxide-Based Magneto-Optical Nanocomposites for In Vivo Biomedical Applications // *Biomedicines*. 2021. V. 9. №3. P. 288. <https://doi.org/10.3390/biomedicines9030288>
4. Kalska-Szostko B., Klekotka U., Olszewski W., Satuła D. Multilayered and alloyed Fe-Co and Fe-Ni nanowires physicochemical studies // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 2019. V. 484. C. 67-73. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2019.03.016>
5. Raanaei H., Eskandari H., Mohammad-Hosseini V. Structural and magnetic properties of nanocrystalline Fe-Co-Ni alloy processed by mechanical alloying // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 2016. V. 398. P. 190-195. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2015.09.031>
6. Nautiyal P., Seikh M. M., Lebedev O. I., Kundu A. K. Sol-gel synthesis of Fe-Co nanoparticles and magnetization study // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 2015. V. 377. P. 402-405. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2014.10.157>
7. Ghorai S. Chemical, physical and mechanical properties of nanomaterials and its applications. The University of Iowa, 2013.
8. Zelensky V. A. et al. Application of nickel nanopowders of different morphology for the synthesis of highly porous materials by powder metallurgy // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2019. V. 558. №1. P. 012055. <https://doi.org/10.30826/SCPM2018027>
9. Alymov M. I., Rubtsov N. M., Seplyarskii B. S., Zelenskii V. A., Ankudinov A. B. Preparation and characterization of iron nanoparticles protected by an oxide film // *Inorganic Materials*. 2017. V. 53. №9. P. 911-915. <https://doi.org/10.1134/S0020168517090011>
10. Nguyen T. H., Karunakaran G., Konyukhov Y. V., Minh N. V., Karpenkov D. Y., Burmistrov I. N. Impact of iron on the Fe-Co-Ni ternary nanocomposites structural and magnetic features obtained via chemical precipitation followed by reduction process for various magnetically coupled devices applications // *Nanomaterials*. 2021. V. 11. №2. P. 341. <https://doi.org/10.3390/nano11020341>
11. Sarwar A., Wang J., Khan M. S., Farooq U., Riaz N., Nazir A., Abd_Allah E. F. Iron Oxide (Fe₃O₄)-Supported SiO₂ Magnetic Nanocomposites for Efficient Adsorption of Fluoride from Drinking Water: Synthesis, Characterization, and Adsorption Isotherm Analysis // *Water*. 2021. V. 13. №11. P. 1514. <https://doi.org/10.3390/w13111514>
12. Peña-Méndez E. M., Havel J., Patočka J. Humic substances-compounds of still unknown structure: applications in agriculture, industry, environment, and biomedicine // *J. Appl. Biomed*. 2005. V. 3. №1. P. 13-24.
13. Buckau G., Hooker P., Moulin V. Versatile components of plants, soils and water // *Humic Substances*, RSC, Cambridge. 2000. V. 86. P. 18-23.
14. Arancon N. Q., Edwards C. A., Bierman P., Welch C., Metzger J. D. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields // *Bioresource technology*. 2004. V. 93. №2. P. 145-153. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.10.014>
15. Senesi N., Miano T. M., Provenzano M. R., Brunetti G. Characterization, differentiation, and classification of humic substances by fluorescence spectroscopy // *Soil Science*. 1991. V. 152. №4. P. 259-271.
16. Perminova I. V., Hatfield K. Remediation chemistry of humic substances: theory and implications for technology // *Use of humic substances to remediate polluted environments: from theory to practice*. Springer, Dordrecht, 2005. P. 3-36. https://doi.org/10.1007/1-4020-3252-8_1

17. Roulia M., Vassiliadis A. A. Water Purification by Potassium Humate–CI Basic Blue 3 Adsorption-Based Interactions // *Agronomy*. 2021. V. 11. №8. P. 1625. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081625>

18. Zandonadi D. B., Santos M. P., Busato J. G., Peres L. E. P., Façanha A. R. Plant physiology as affected by humified organic matter // *Theoretical and Experimental Plant Physiology*. 2013. V. 25. P. 13-25.

19. Trevisan S., Francioso O., Quaggiotti S., Nardi S. Humic substances biological activity at the plant-soil interface: from environmental aspects to molecular factors // *Plant signaling & behavior*. 2010. V. 5. №6. P. 635-643. <https://doi.org/10.4161/psb.5.6.11211>

20. Senesi N., Loffredo E. Metal ion complexation by soil humic substances // *Chemical processes in soils*. 2005. V. 8. P. 563-617. <https://doi.org/10.2136/sssabookser8.c12>

References:

1. Sukhikh, A., & Kuznetsov, P. (2009). Prospects of Application Humic and Humic-like Acids in Medicine and Pharmacy. *Medicine in Kuzbass*, (1), 10-14. (in Russian).

2. Pronin, A. S., Semenov, S. A., Tereshko, I. G., Volchkova, E. V., & Dzhardimalieva, G. I. (2018). Synthesis and thermal transformations of unsaturated iron (III) monocarboxylates as precursors of metal-polymer nanocomposites. *Transactions of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, (2-2), 712-716. (in Russian). <https://doi.org/10.25702/KSC.2307-5252.2018.9.1.712-716>

3. Lamichhane, N., Sharma, S., Parul, P., Verma, A. K., Roy, I., & Sen, T. (2021). Iron Oxide-Based Magneto-Optical Nanocomposites for In Vivo Biomedical Applications. *Biomedicines*, 9(3), 288. <https://doi.org/10.3390/biomedicines9030288>

4. Kalska-Szostko, B., Klekotka, U., Olszewski, W., & Satuła, D. (2019). Multilayered and alloyed Fe-Co and Fe-Ni nanowires physicochemical studies. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 484, 67-73. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2019.03.016>

5. Raanaei, H., Eskandari, H., & Mohammad-Hosseini, V. (2016). Structural and magnetic properties of nanocrystalline Fe–Co–Ni alloy processed by mechanical alloying. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 398, 190-195. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2015.09.031>

6. Nautiyal, P., Seikh, M. M., Lebedev, O. I., & Kundu, A. K. (2015). Sol–gel synthesis of Fe–Co nanoparticles and magnetization study. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 377, 402-405. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2014.10.157>

7. Ghorai, S. (2013). Chemical, physical and mechanical properties of nanomaterials and its applications. The University of Iowa.

8. Zelensky, V. A., Ankudinov, A. B., Alymov, M. I., Rubtsov, N. M., & Tregubova, I. V. (2019, June). Application of nickel nanopowders of different morphology for the synthesis of highly porous materials by powder metallurgy. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 558, No. 1, p. 012055). IOP Publishing. <https://doi.org/10.30826/SCPM2018027>

9. Alymov, M. I., Rubtsov, N. M., Seplyarskii, B. S., Zelenskii, V. A., & Ankudinov, A. B. (2017). Preparation and characterization of iron nanoparticles protected by an oxide film. *Inorganic Materials*, 53(9), 911-915. <https://doi.org/10.1134/S0020168517090011>

10. Nguyen, T. H., Karunakaran, G., Konyukhov, Y. V., Minh, N. V., Karpenkov, D. Y., & Burmistrov, I. N. (2021). Impact of iron on the Fe–Co–Ni ternary nanocomposites structural and magnetic features obtained via chemical precipitation followed by reduction process for various magnetically coupled devices applications. *Nanomaterials*, 11(2), 341. <https://doi.org/10.3390/nano11020341>

11. Sarwar, A., Wang, J., Khan, M. S., Farooq, U., Riaz, N., Nazir, A., ... & Abd_Allah, E. F. (2021). Iron Oxide (Fe₃O₄)-Supported SiO₂ Magnetic Nanocomposites for Efficient Adsorption of Fluoride from Drinking Water: Synthesis, Characterization, and Adsorption Isotherm Analysis. *Water*, 13(11), 1514. <https://doi.org/10.3390/w13111514>
12. Peña-Méndez, E. M., Havel, J., & Patočka, J. (2005). Humic substances-compounds of still unknown structure: applications in agriculture, industry, environment, and biomedicine. *J. Appl. Biomed*, 3(1), 13-24.
13. Buckau, G., Hooker, P., & Moulin, V. (2000). Versatile components of plants, soils and water. *Humic Substances, RSC, Cambridge*, 86, 18-23.
14. Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C., & Metzger, J. D. (2004). Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource technology*, 93(2), 145-153. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.10.014>
15. Senesi, N., Miano, T. M., Provenzano, M. R., & Brunetti, G. (1991). Characterization, differentiation, and classification of humic substances by fluorescence spectroscopy. *Soil Science*, 152(4), 259-271.
16. Perminova, I. V., & Hatfield, K. (2005). Remediation chemistry of humic substances: theory and implications for technology. In *Use of humic substances to remediate polluted environments: from theory to practice* (pp. 3-36). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-3252-8_1
17. Roulia, M., & Vassiliadis, A. A. (2021). Water Purification by Potassium Humate–Cl Basic Blue 3 Adsorption-Based Interactions. *Agronomy*, 11(8), 1625. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081625>
18. Zandonadi, D. B., Santos, M. P., Busato, J. G., Peres, L. E. P., & Façanha, A. R. (2013). Plant physiology as affected by humified organic matter. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 25, 13-25.
19. Trevisan, S., Francioso, O., Quaggiotti, S., & Nardi, S. (2010). Humic substances biological activity at the plant-soil interface: from environmental aspects to molecular factors. *Plant signaling & behavior*, 5(6), 635-643. <https://doi.org/10.4161/psb.5.6.11211>
20. Senesi, N., & Loffredo, E. (2005). Metal ion complexation by soil humic substances. *Chemical processes in soils*, 8, 563-617. <https://doi.org/10.2136/sssabookser8.c12>

Работа поступила
в редакцию 19.09.2021 г.

Принята к публикации
23.09.2021 г.

Ссылка для цитирования:

Маметова А. С., Жаркынбаева Р. А., Гаффорова Х. И., Абдуллаева Ж. Д. Железосодержащие нанокomпозиты на основе гуминовых веществ // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. №10. С. 25-30. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/71/03>

Cite as (APA):

Mametova, A., Zharkynbaeva, R., Gafforova, Kh., & Abdullaeva, Zh. (2021). Iron Containing Nanocomposites Based on Humic Substances. *Bulletin of Science and Practice*, 7(10), 25-30. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/71/03>