

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

Volume 4, Number 418 (2016), 12 – 19

UDC 542. 943.7:546.215

CATALYTIC PROPERTIES OF IRON(II)-CONTAINING GELLAN/INORGANIC COMPOSITES

A.K. Zharmagambetova¹, A.S. Auyezkhanova¹, E.T. Talgatov¹,
E.A. Bekturov², S.N. Akhmetova², V.I. Yaskevich¹

¹D. Sokolskii Institute of Fuel, Catalysis & Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan;

² Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: a.assemgul@mail.ru

Key words: Gellan-inorganic composites, iron(II)-gellan complex, polysaccharides, oxidation, n-octane, hydrogen peroxide.

Abstract. Iron (II)-containing gellan-inorganic composites on the basis of synthetic and natural sorbents have been synthesized. Alumina, silica and natural bentonite were used as sorbents. The resulting Fe-polymer/inorganic sorbents and their components have been studied by IR-spectroscopy and scanning electron microscopy (SEM) methods. The shifting of absorption bands of CH- and OH- groups in the IR spectra of GL/ sorbent and Fe (II) - GL/ sorbent composites indicates this interaction of the studied sorbents with gellan and iron ions. The scanning electron microscopy study of the prepared composites confirms fixation of the gellan on the surface of the sorbents.

Synthesized iron (Fe²⁺) containing gellan-inorganic composites were tested in the processes of hydrogen peroxide decomposition and the partial oxidation of n-octane with hydrogen peroxide at a 40°C and atmospheric pressure. It is shown that the highest conversion of n-octane and the selectivity to alcohols is achieved using the composite fixed on bentonite.

УДК 542. 943.7:546.215

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖЕЛЕЗО(II)-СОДЕРЖАЩИХ ГЕЛЛАН-НЕОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ

А.К. Жармагамбетова¹, А.С. Ауезханова¹, Э.Т. Талғатов¹,
Е.А. Бектуров², С.Н.Ахметова², В.И. Яскевич¹

¹АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан

² Казахский Национальный Педагогический Университет имени Абая, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: геллан-неорганические композиты, железо(II)-геллановые комплексы, полисахариды, окисление, н-октан, пероксид водорода.

Аннотация. Синтезированы геллан-неорганические композиты железа (II) на основе синтетических и природного сорбентов. В качестве сорбентов использованы оксиды алюминия и кремния, а также бентонит. Полученные полимер-неорганические композиты железа и их исходные компоненты были исследованы методами ИКС и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Смещение полос характерные для колебания СН- и ОН- групп геллана в ИК-спектрах ГЛ/сорбент и Fe (II)-ГЛ/сорбент композитов свидетельствует о взаимодействии исследованного полисахарида с сорбентами и ионами железа. Данные сканирующей электронной микроскопии подтверждают закрепление геллана на поверхности бентонита. Синтезированные геллан-неорганические композиты железа (Fe²⁺) были протестированы в процессах разложения пероксида водорода и парциального окисления н-октана пероксидом водорода при температуре 40°C и атмосферном давлении. Показано, что наибольшая конверсия н-октана и селективность по спиртам достигается на композите, закрепленном на бентоните.

Введение

В последние десятилетия особенно возрос интерес к композиционным материалам на основе полисахаридов [1-5]. Такие композиты могут представлять интерес для использования в качестве сорбентов, раневых покрытий, гибридных мембран, комплексных каталитических систем и др. [6-19].

Применение полисахаридов и природных сорбентов для создания каталитических систем является перспективным, особенно в тонком органическом синтезе, при производстве парфюмерных материалов, лекарственных препаратов, так как, полисахариды не вызывают загрязнения окружающей среды и их применение не связано с токсичными, огне- и взрывоопасными растворителями, благодаря их биоразлагаемости и водорастворимости.

Полисахариды способны образовать композиты с минеральными сорбентами и обладают высокой сорбционной активностью по отношению к ионам переходных металлов (Co^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} и др.) [20].

Существует множество работ, описывающие полисахариды в качестве модификаторов каталитических систем [21-26].

В настоящей работе представлены данные исследования по разработке геллан-неорганических композитов железа с целью использования их в качестве катализаторов парциального окисления н-октана пероксидом водорода при температуре 40°C и атмосферном давлении водорода.

Экспериментальная часть

Были разработаны геллан-неорганические композиты железа на основе полисахаридов и неорганических сорбентов. В качестве носителей были использованы оксиды алюминия и кремния, а также природный сорбент - бентонит (БТ). В качестве полимера был взят биополимер геллан (ГЛ), обладающий способностью формировать устойчивые комплексы с ионами переходных металлов. Активная фаза – ионы Fe^{2+} .

При приготовлении полисахарид-неорганических композитов железа был применен метод адсорбции полисахаридов на неорганических сорбентах с последующим нанесением ионов металла [27].

Количество полимера для приготовления катализаторов брали из расчета 1 атом переходного металла на одно мономерное звено. В суспензию носителя (1г) в воде (5 мл) при комнатной температуре и постоянном перемешивании в течение 2 часов прикапывали 5 мл водного раствора полимера, а затем водный раствор соли металла и перемешивали в течение 3 часов. Полученный катализатор выдерживали в маточном растворе в течение 12-15 часов, после чего промывали водой и сушили на воздухе.

Реакцию окисления н-октана проводили в ацетонитриле в стеклянном термостатированном реакторе, соединенном с бюреткой. В качестве окислителя использовали 30-%-й водный раствор пероксида водорода. Концентрацию пероксида водорода определяли по показателю преломления.

В реактор последовательно добавляли ацетонитрил (5 мл), катализатор (0,03 г), субстрат (1,8mole/l), а затем пероксид водорода ($[\text{H}_2\text{O}_2] = 0,31 \cdot 10^2 \text{ mole/l}$). Температура реакции 40°C, давление атмосферное. Продолжительность реакции - 360 минут. Разложение пероксида водорода проводили в аналогичных условиях.

Качественный и количественный анализ продуктов реакции окисления проводили на хроматографе «Кристалл-2000М» с пламенно-ионизационным детектором в изотермическом режиме. Использовали универсальную капиллярную колонку для органических соединений из меди длиной 50 м и внутренним диаметром 0,20мм. Температура термостата 90°C, испарительной камеры – 180°C, газ-носитель - гелий. Величина вводимой пробы – 0,2 мкл.

Измерение удельной поверхности и распределения пор по размерам осуществляли по стандартизированной методике БЭТ на приборе "Accusorb" (Micromeritics, США). Газ адсорбент – азот.

ИК спектры полисахарид-содержащих катализаторов снимались на ИК-Фурье спектрометре ИМРАСТ 410 фирмы «Nicolet» (США) и Specord JR-75 в интервале частот 4000-400 см⁻¹. Кристаллические образцы записывались в виде таблеток с KBr (1 мг вещества затирался с 100 мг

KBr). Жидкие образцы в виде капли вещества помещались между пластинками KBr. Ошибки при определении частоты: 4000–2500 см⁻¹ ±3 см⁻¹; 2000–400 см⁻¹ ±1 см⁻¹.

Растровые (РЭМ) характеристики катализаторов получены на электронном микроскопе JEOL JSM-6610LV (Japan). Напряжение до 30кВ, усиление до 300000 с возможностью микроанализа.

Результаты и их обсуждение

Полученные монометаллические системы на основе Fe, закрепленные на геллан-неорганические композиты, и их исходные компоненты были изучены физико-химическими методами.

Предварительные исследования текстурных характеристик исходных сорбентов (бентонит, SiO₂, Al₂O₃) показали, что удельные поверхности используемых сорбентов имеют достаточно близкие значения и составляет для оксидов алюминия, кремния и бентонита, соответственно, 42,9 м²/г, 42,1 м²/г и 50,2 м²/г (таблица 1).

Таблица 1 - Удельная поверхность и размеры пор неорганических сорбентов

Al ₂ O ₃		Бентонит		SiO ₂	
Уд. поверхность, м ² /г	Адсорбц. емкость, млN ₂ /г	Уд. поверхность, м ² /г	Адсорбц. емкость, млN ₂ /г	Уд. поверхность, м ² /г	Адсорбц. емкость, млN ₂ /г
42,9	0,1407	50,2	0,1007	42,1	0,2208

При изучении размеров пор исследуемых носителей показано, что в тестируемых образцах преобладают мезопоры диаметром от 2 до 50 нм., как показано на примере бентонита (рисунок 1).

Адсорбционная емкость мезопор в исходных сорбентах - SiO, Al₂O₃, бентонит - составляет 0,2208 млN₂/г, 0,1407 млN₂/г и 0,1007 млN₂/г, соответственно. Максимальная адсорбционная емкость наблюдается в случае оксида кремния (V_{ADSm_{max}} = 0,2208 млN₂/г).

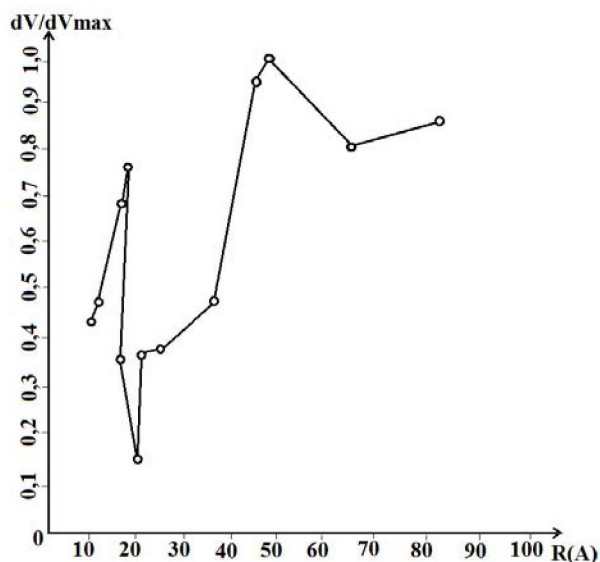


Рисунок 1 – Распределение пор на поверхности бентонита

Исследуемые композиты были изучены методом ИК-спектроскопии.

Основными функциональными группами, характерными для геллана, являются СН- и ОН - группы. Из таблицы 2 видно, что после адсорбции геллана на бентонит, а также при формировании полной каталитической системы (1% Fe-ГЛ/БТ) наблюдается изменение ИК-спектров композитов по сравнению со спектром геллана. Так, вместо двух пиков характерных для колебаний СО-групп геллана появляется один широкий пик с частотой колебания 2921см⁻¹ для ГЛ/БТ и 2935 см⁻¹ для

железосодержащей каталитической системы. Сдвиг полосы валентных колебаний ОН групп геллана также может свидетельствовать об его адсорбции на бентоните.

Таблица 2 - Результаты анализа образцов методом ИКС

Образец	$\nu(\text{CH}), \text{cm}^{-1}$	$\nu(\text{OH}), \text{cm}^{-1}$
Геллан	2931 2879	3430
Геллан/Бентонит	2921	3435
Fe-Геллан/Бентонит	2935	3433

Применение растровой электронной микроскопии позволило выявить изменения поверхности неорганических сорбентов при нанесении полимера.

Исходный образец бентонита характеризуется пористой поверхностью (рисунок 2 а). Поверхность оксида кремния представлена крупными ровными фрагментами (рисунок 2, б).

Полученные электроно-микроскопические данные полимер-неорганических композитов свидетельствуют об адсорбции геллана на носителе (рисунок 3 а, б), причем бентонит покрывается полностью полисахаридом (рисунок 3 а), тогда как оксиде кремния полимер фиксируется в виде отдельных фрагментов (рисунок 3, б).

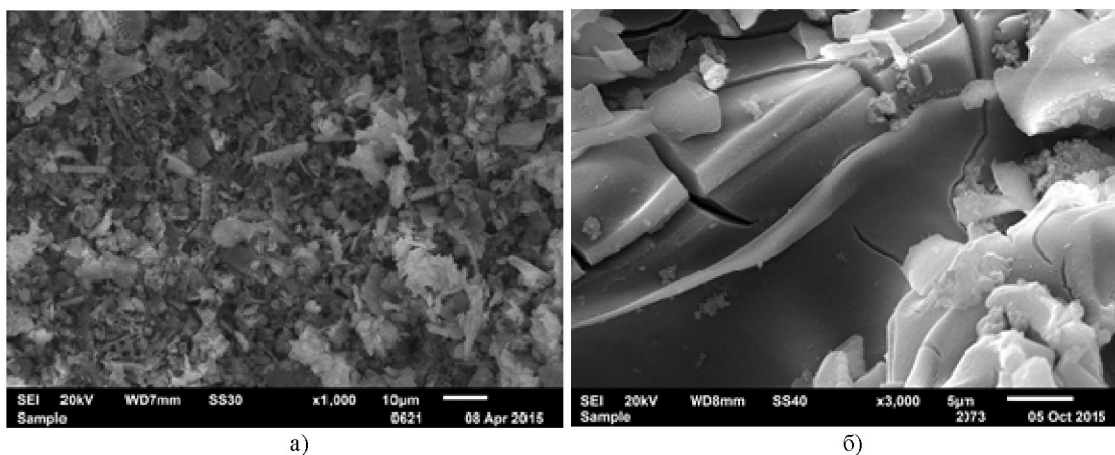


Рисунок 2 – Микрофотографии РЭМ исходных сорбентов бентонита (а) и SiO₂ (б)

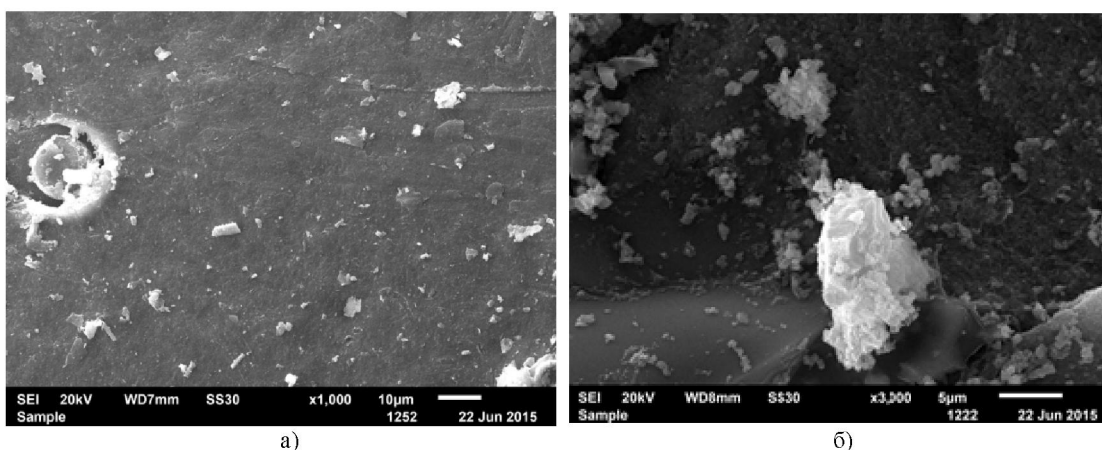


Рисунок 3 – Микрофотографии РЭМ геллан-неорганических композитов ГЛ/БТ (а) и ГЛ/SiO₂ (б)

При введении в композит ионов железа на носителе формируются объемные рыхлые образования, равномерно покрывающие поверхность неорганического носителя (рисунок 4).

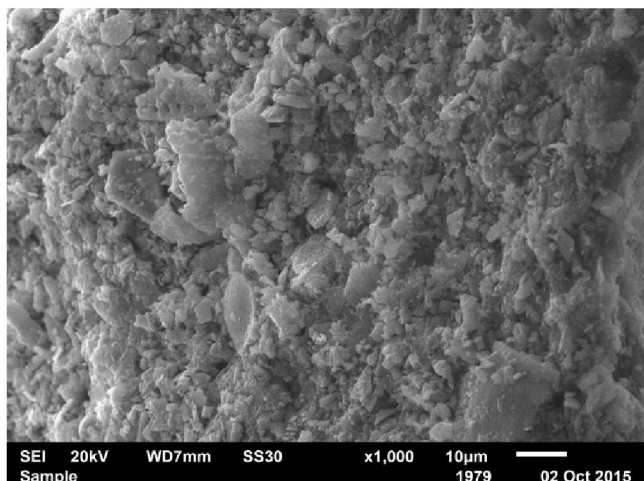


Рисунок 4 – Микрофотографии РЭМ полной каталитической системы 1%Fe-ГЛ/БТ

Приготовленные системы исследовали в процессе разложения пероксида водорода для выяснения их пероксидазной активности и полноты разложения H_2O_2 (рисунок 5).

При исследовании разложения пероксида водорода в присутствии геллан-стабилизированных железосодержащих катализаторов было установлено, что наибольшая скорость разложения достигается на системе, нанесенной на SiO_2 ($4,4 \cdot 10^{-4}$ моль/с). По уменьшению скорости выделения кислорода железосодержащие катализаторы располагаются в ряд: 1%Fe-ГЛ/ SiO_2 > 1 %Fe-ГЛ/ БТ > 1% Fe-ГЛ/ Al_2O_3 (рисунок 5).

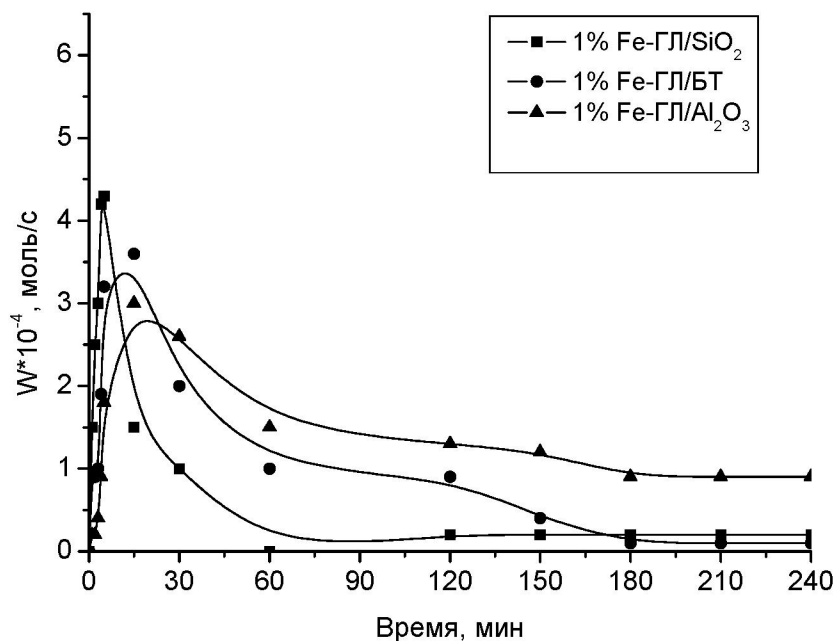


Рисунок 6 - Изменение скорости разложения пероксида водорода на 1%-х железосодержащих катализаторах

Полученные каталитические системы были апробированы в реакции парциального окисления инертного н-октана пероксидом водорода при температуре 40°C и атмосферном давлении.

Данные хроматографического анализа представлены в таблице 1. Конверсия октана варьируется в пределах 4,8-11,7%. Максимальная конверсия процесса окисления углеводорода достигается на 1% Fe-ГЛ/БТ и составляет 11,7%. Селективность процесса уменьшается в следующем ряду: 1 %Fe-ГЛ/ БТ > 1% Fe-ГЛ/ SiO_2 > 1%Fe-ГЛ/ Al_2O_3 (таблица 2).

Таблица 2 - Окисление н-октана на 1% геллан-содержащих железных катализаторах, нанесенных на различные носители
 Условия опыта: $[H_2O_2] = 0,31 \cdot 10^2$ моль/л, $m_{кат} = 0,03$ г, $CH_3CN - 5$ мл, $P = 1$ атм,
 для циклогексана 240 мин, для октана 360 мин

Катализатор	Продукты реакции		Конверсия, %	S, %
	Σ кетоны	Σ спирты		
Fe-ГЛ/БТ	2,4	9,3	11,7	$S_{\Sigma спирт} - 79,2$ $S_{\Sigma кетон} - 20,8$
Fe-ГЛ/ SiO ₂	2,2	7,0	9,2	$S_{\Sigma спирт} - 75,9$ $S_{\Sigma кетон} - 24,1$
Fe-ГЛ/ Al ₂ O ₃	1,5	3,3	4,8	$S_{\Sigma спирт} - 69,0$ $S_{\Sigma кетон} - 31,0$

Выводы

Таким образом, разработаны железосодержащие композиты, модифицированные гелланом. Формирование систем доказано комплексом физико-химических методов анализа. Исследование поверхностей исходных сорбентов методом БЭТ (оксиды алюминия и кремния, бентонит) показало наличие преимущественно микропор диаметром от 2 до 50 нм. Полученные данные по сканирующей электронной микроскопии свидетельствуют о покрытии носителя полимером. ИК-спектроскопические исследования подтверждают закрепление полисахаридов на поверхности носителей. Образование системы, состоящей из железа, геллана и носителя доказывается по смещению полос поглощения СН- и ОН-групп геллана в полимер-закрепленном комплексе с бентонитом, а также оксидами кремния и алюминия, в нанесенных железных катализаторах.

Установлено, что 1% Fe-ГЛ/носитель композиты проявляют каталитическую активность в процессах разложения пероксида водорода и окисления н-октана в мягких условиях. Оптимальной системой для процесса получения октанола из н-октана является комплекс геллана с двухвалентным железом, закрепленным на бентонит.

Работа выполнена в рамках научного гранта «Создание полисахарид-содержащих композитов переходных металлов с природными сорбентами Казахстана и их применение в катализе» (0331/ГФ4).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] А.Б. Шишмаков, Ю.В. Микушина, О.В. Корякова, М.С. Валова, М.А. Агеев, Л.А. Петров. Карбонизация порошковой целлюлозы, модифицированной диоксидами кремния и циркония, «Химия растительного сырья», №1, 2009, С.49-52.
- [2] Wang M, Xu L, Peng J, Zhai M, Li J, Wei G. Adsorption and desorption of Sr (II) ions in the gels based on polysaccharide derivatives, «J. Hazard Mater.», vol.171, 2009, pp. 820-826.
- [3] Kolodynska D. Chitosan as an effective low-cost sorbent of heavy metal complexes with the polyaspartic acid, «Chem. Eng. J.», vol.173, 2011, pp. 520-529.
- [4] Budnyak T.M., Tetykh V.A., Yanovska E.S. Chitosan and its derivatives as sorbents for effective removal of metal ions, «Surface», №5, 2013, pp. 118-134.
- [5] Grini G. Recent development in polysaccharide-based materials used as adsorbents in wastewater treatment, «Prog Polym Sci.», vol.30, 2005, pp. 38-70.
- [6] Ch-J. Wu, Gaharwar A. K., Schexnailder P.J. and Schmidt G. Development of Biomedical Polymer-Silicate Nanocomposites: A Materials Science Perspective, «Materials», №3, 2010, pp. 2986-3005.
- [7] Патент РФ № 2184607. Способ получения органоминеральных сорбентов /Н.П. Шапкин, Оpub., 10.07.2002.
- [8] Патент РФ № 2275916. Энтеросорбент для выведения тяжелых металлов /В.Н.Лисецкий, Т.А. Лисецкая, Оpub., 10.05.2006.
- [9] C. Demetgu, S. Serin. Synthesis and characterization of a new vic-dioxime derivative of chitosan and its transition metal complexes, «Carbohydrate Polymers», vol.72, 2008, pp. 506-512.
- [10] Briskin B.S., Demidov D.A. Enterosorption with pectin-containing medication in the treatment of peritonitis, «Khirurgiya (Mosk)», №4, 2005, pp.14-19.

- [11] E.E. Tekutskaya. Detoxical Aspects Of Nutritional Therapy Using Natural Enterosorbents On The Basis Of Pectins, «Russian Open Medical Journal», vol.2, №3, 2013, pp.3-6.
- [12] M.Y. Khotimchenko, E.V. Khozhaenko, E.A. Kolenchenko and Y.S. Khotimchenko. Equilibrium Studies of Sorption of Strontium Ions by Different Pectin Compounds, «Journal of Environmental Science and Technology», 2012, № 5, pp.319-331.
- [13] Y.S. Khotimchenko, V.V. Kovalev, M.Y. Khotimchenko. Effect of Pectin and Amidated Pectin on Cholesterol Homeostasis and Cecal Metabolism in Rats Fed a High Cholesterol Diet, «Oriental Pharmacy and Experimental Medicine», 2007, vol.7, №2, pp.171-181.
- [14] A.C.S. Alcantara, M. Darder, P. Aranda, E. Ruiz-Hitzky. Polysaccharide-fibrous clay bionanocomposites, «Applied Clay Science», vol. 96, 2014, P. 2-8.
- [15] Zh. Li, J. Feng-hua, D. Ping-jun, Zh. Qian-fen and L. Feng Preparation of Spherical Silica-supported Biosorbent for Copper Ions Removal in Wastewater Based on Sol-gel Reaction and Simple Treatment with Sodium Hydroxide, «Chem. Res. Chinese Universities», vol. 26, № 3, 2010, pp. 355-359.
- [16] Huang K., Xue L., Huang M.-Y., Jiang Y.-Y. Preparation of silica-supported methylcellulose-L-proline-Pt complex and its catalytic behaviors in asymmetric hydrogenation of propiophenone, «Polym.Adv.Technol.», vol.12, №11-12, 2001, pp. 647-650.
- [17] Wang R.-M., Hao Ch.-J., He Y.-F., Wang Y.-P., Xia Ch.-G. Polymer bound glutamic acid salicylaldehyde Schiff-base complex catalyst for oxidation of olefins with dioxygen, «Polym.Adv.Technol.», vol.13, №1, 2002, pp.6-10.
- [18] Loureiro J.M. and Kartel M.T. Combined and Hybrid Adsorbents, Springer, 2006, 165-179 p.
- [19] Ukrainian Patent 20718. Strelko V.V., Kartel N.T., Stavitskaya S.S., Petrenko T.P., Gerasimenko N.V., Davydov V.I. «Adsorption drug "Ultrasorb" for removal of radionuclides from organism», 1997.
- [20] S.T. Minzanova, V.F. Mironov, A.B. Vyshtakalyuk, O.V. Tsepaeva, L.G. Mironova, A.Z. Mindubaev, I.R. Nizameev, K.V. Kholin, V.A. Milyukov Complexation of pectin with macro- and microelements. Antianemic activity of Na, Fe and Na, Ca, Fe complexes, «Carbohydrate polymers», vol. 134, 2015, pp. 524-533.
- [21] R. Antony, S. Theodore David, K. Karuppasamy, K. Saravanan, S. Thanikaikarasan, S. Balakumar. Structural, Surface, Thermal and Catalytic Properties of Chitosan Supported Cu(II) Mixed Ligand Complex Materials, «Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology», vol. 2, 2012, pp. 284-291.
- [22] C. Demetgь, S. Serin. Synthesis and characterization of a new vic-dioxime derivative of chitosan and its transition metal complexes, «Carbohydrate Polymers», vol.72, №3, 2008, pp.506-512.
- [23] S. L. Sun, A.Q. Wang. Adsorption Properties Of Carboxymethyl-Chitosan and Cross-Linked Carboxymethyl-Chitosan Resin With Cu (II) as Template, «Separation and Purification Technology», vol. 49, №. 3, 2006, pp. 197-204.
- [24] N. A. Anan, S. M. Hassan, E. M. Saad, I. S. Butler and S. I. Mostafa. Preparation, Characterization and pH-Metric Measurements of 4-Hydroxysalicylidenechitosan Schiff-Base Complexes of Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II), Ru(III), Rh(III), Pd(II) and Au(III), «Carbohydrate Research», vol. 346, №6, 2011, pp. 775-793.
- [25] X. Wanga, P. Hua, F. Xuea, Y. Wei. Cellulose-supported N-heterocyclic carbene-palladium catalyst: Synthesis and its applications in the Suzuki cross-coupling reaction, «Carbohydrate Polymers», vol. 114, 2014, pp. 476-483.
- [26] Yasukawa T., Miyamura H., Kobayashi S. U. Cellulose-supported chiral rhodium nanoparticles as sustainable heterogeneous catalysts for asymmetric carbon-carbon bond-forming reactions, «Chem. Sci.», vol. 6, 2015, pp.6224-6229.
- [27] Сафаров Р.З., Селенова Б.С., Жармагамбетова А.К. Окисление алканов ряда C₆-C₁₁ пероксидом водорода в присутствии гетерогенизированных полимер-ферроцианидных комплексов Mn //Изв. НАН РК. Серия хим. - 2006. - №3. - С. 64-67.

REFERENCES

- [1] A.B. Shishmakov, Ju.V. Mikushina, O.V. Korjakova, M.S. Valova, M.A. Ageev, L.A. Petrov. *Himija rastitel'nogo syr'ja*, **2009**, 1, 49-52 (in Russ.).
- [2] Wang M, Xu L, Peng J, Zhai M, Li J, Wei G. *J. Hazard Mater.*, **2009**, 171, 820-826 (in Eng.).
- [3] Kolodynska D. *Chem. Eng. J.*, **2011**, 173, 520-529 (in Eng.).
- [4] Budnyak T.M., Tetykh V.A., Yanovska E.S. *Surface*, **2013**, 5, 118-134 (in Eng.).
- [5] Grini G. *Prog Polym Sci.*, **2005**, 30, 38-70.
- [6] Ch-J. Wu, Gaharwar A. K., Schexnailder P.J. and Schmidt G. *Materials*, **2010**, 3, 2986-3005 (in Eng.).
- [7] Patent RF № 2184607. N.P. Shapkin, Opub., 10.07.2002 (in Russ.).
- [8] Patent RF № 2275916. V.N.Liseckij, T.A. Liseckaja, Opub., 10.05.2006 (in Russ.).
- [9] C. Demetgu, S. Serin. *Carbohydrate Polymers*, **2008**, 72, 506-512 (in Eng.).
- [10] Briskin B.S., Demidov D.A. *Khirurgiia Mosk*, **2005**, 4, 14-19 (in Russ.).
- [11] E.E. Tekutskaya. *Russian Open Medical Journal*, **2013**, 2, 3, 3-6 (in Eng.).
- [12] M.Y. Khotimchenko, E.V. Khozhaenko, E.A. Kolenchenko and Y.S. Khotimchenko. *Journal of Environmental Science and Technology*, **2012**, 5, 319-331(in Eng.).

- [13] Y.S. Khotimchenko¹, V.V. Kovalev¹, M.Y. Khotimchenko. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*, **2007**, 7, 2, 171-181 (in Eng.).
- [14] A.C.S. Alcantara, M. Darder, P. Aranda, E. Ruiz-Hitzky. *Applied Clay Science*, **2014**, 96, 2-8 (in Eng.).
- [15] Zh. Li, J. Feng-hua, D. Ping-jun, Zh. Qian-fen and L. *Chem. Res. Chinese Universities*, **2010**, 26, 3, 355-359 (in Eng.).
- [16] Huang K., Xue L., Huang M.-Y., Jiang Y.-Y. *Polym. Adv. Technol.*, **2001**, 12, 11-12, 647-650 (in Eng.).
- [17] Wang R.-M., Hao Ch.-J., He Y.-F., Wang Y.-P., Xia Ch.-G. *Polym. Adv. Technol.*, **2002**, 13, 1, 6-10 (in Eng.).
- [18] Loureiro J.M. and Kartel M.T. *Springer*, **2006**, 165-179 (in Eng.).
- [19] Ukrainian Patent 20718. Strelko V.V., Kartel N.T., Stavitskaya S.S., Petrenko T.P., Gerasimenko N.V., Davydov V.I. **1997** (in Eng.).
- [20] S.T. Minzanova, V.F. Mironov, A.B. Vyshtakalyuk, O.V. Tsepaeva, L.G. Mironova, A.Z. Mindubaev, I.R. Nizameev, K.V. Kholin, V.A. Milyukov. *Carbohydrate polymers*, **2015**, 134, 524-533 (in Eng.).
- [21] R. Antony, S. Theodore David, K. Karupphasamy, K. Saravanan, S. Thanikaikarasan, S. Balakumar. *Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology*, **2012**, 2, 284-291 (in Eng.).
- [22] C. Demetgьl, S. Serin. *Carbohydrate Polymers*, **2008**, 72, 3, 506-512 (in Eng.).
- [23] S. L. Sun, A.Q. Wang. *Separation and Purification Technology*, **2006**, 49, 3, 197-204 (in Eng.).
- [24] N. A. Anan, S. M. Hassan, E. M. Saad, I. S. Butler and S. I. Mostafa. *Carbohydrate Research*, **2011**, 346, 6, 775-793 (in Eng.).
- [25] X. Wanga, P. Hua, F. Xuea, Y. Wei. *Carbohydrate Polymers*, **2014**, 114, 476-483 (in Eng.).
- [26] Yasukawa T., Miyamura H., Kobayashi S. U. *Chem. Sci.*, **2015**, 6, 6224-6229 (in Eng.).
- [27] Safarov R.Z., Selenova B.S., Zharmagambetova A.K. *Izv. NAN RK. Seriya him.*, **2006**, 3, 64-67 (in Russ.).

ҚҰРАМЫНДА ТЕМІР (II) БАР ГЕЛЛАН-БЕЙОРГАНИКАЛЫҚ КОМПОЗИТТЕРДІҢ КАТАЛИТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

А.К. Жармагамбетова¹, А.С. Әуезханова¹, Э.Т. Талғатов¹, Е.А. Бектуров², С.Н.Ахметова², В.И. Яскевич¹

¹ «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

² Абай атындағы қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

Түйін сөздер: Геллан-бейорганикалық композиттер, темір(II)-гелланды комплекстер, полисахаридтер, тотығу, қ-октан, сутегінің асқын тотығы.

Аннотация. Синтетикалық және табиғи сорбенттерге негізделген (II) темірдің геллан-бейорганикалық композиттері алынды. Сорбенттер ретінде алюминий мен кремнийдің оксидтері және солармен қатар бентонит қолданылды. Алынған темірдің полимер-бейорганикалық композиттер және олардың компоненттері ИҚС және сканерлеу электрондық микроскопия (СЭМ) әдістерімен зерттелінді. ГЛ/сорбент и Fe(II)-ГЛ/сорбент композиттердегі гелланның СН және ОН топтарының тербелеуіне сәйкес қиығының ығысуы зерттелінген полисахаридтің сорбенттермен және темір иондарымен өзара байланысуы туралы айғақтайды. Сканерлеу электрондық микроскопияның мәліметтері гелан бентониттің бетінде бекітілуін растайды. Алынған темірдің (Fe²⁺) полимер-бейорганикалық композиттер сутегінің асқын тотығының ыдырау және 40°C температурада және атмосфералық қысымда қ-октанның сутегінің асқын тотығымен парциалды тотығу процестерінде зерттелінді. қ-Октанның жоғары конверсиясы және реакцияның спирттер бойынша талғампаздылығы бентониттің бетінде бекітілген композитте жетеді.

Поступила 02.07.2016 г.