

УДК 547.458.88

3.4.2 Фармацевтическая химия, фармакогнозия

DOI: 10.37903/vsgma.2025.4.22 EDN: LDIZEU

СОРБЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ И ПЕКТИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ЛИСТЬЕВ ОМЕЛЫ БЕЛОЙ (*VISCUM ALBUM* L.)**© Аджиахметова С.Л., Поздняков Д.И., Оганесян Э.Т.***ПМФИ – филиал Волгоградского государственного медицинского университета, Россия, 357532, Пятигорск, пр. Калинина, 11**Резюме*

Цель. Изучение сорбционной активности водорастворимых полисахаридов (ВРПС) и пектиновых веществ (ПВ) листьев *V. album* с целью расширения арсенала средств растительного происхождения, обладающих детоксикационной активностью.

Методика. Определение адсорбционной активности анализируемых ВРПС и ПВ с использованием метиленовой сини (МС), метилового оранжевого (МО) и желатина проводили согласно методике, описанной в работе В.И. Решетникова.

Результаты. Нами экспериментально доказано, что показатель адсорбционной активности по МС (cationный маркер) у ПВ значительно выше, чем по МО (анионный маркер). Адсорбционный показатель ПВ в 1,2 раза больше, чем у активированного угля и в 2 раза больше, чем у полисорба по отношению к связыванию МС. Адсорбционная активность ПВ в 1,1 раз больше, чем у активированного угля и в 1,5 раза больше, чем у полисорба по отношению к МО. Важно отметить, что адсорбционный показатель ПВ в 4,3 раз больше, чем у полисорба по отношению к желатину.

Заключение. Сорбционная активность исследуемых ПВ к метиленовому синему, к желатину достоверно превышает активность препаратов сравнения угля активированного и полисорба. ПВ листьев *V. album* проявляют высокую активность по связыванию токсинов со средней молекулярной массой и их можно использовать в качестве средств, обладающих детоксикационной активностью.

Ключевые слова: листья омелы белой, пектиновые вещества, модельные вещества-маркеры, сорбционная активность

**SORPTION ACTIVITY OF WATER-SOLUBLE POLYSACCHARIDES AND PECTIN SUBSTANCES FROM LEAVES *VISCUM ALBUM* L.
ADZHIAHMETOVA S.L., POZDNYAKOV D.I., OGANESEAN E.T.***Pyatigorsk Medical-Pharmaceutical Institute – Branch of Volgograd State Medical University, 11, Kalinina Ave., 357532, Pyatigorsk, Russia**Abstract*

Objective. To study the sorption activity of water-soluble polysaccharides (WSPS) and pectin substances (PS) of *V. album* leaves in order to expand the range of plant-based products with detoxifying activity.

Methods. The adsorption activity of the analyzed WSPS and PS using methylene blue (MB), methyl orange (MO) and gelatin was determined according to the method described in the work of V.I. Reshetnikov.

Results. We have experimentally proven that the adsorption activity index for MS (cation marker) for PS is significantly higher than for MO (anionic marker). The adsorption index of PS is 1,2 times higher than that of activated carbon and 2 times higher than that of Polysorb in relation to MS binding. The adsorption activity of PS is 1,1 times higher than that of activated carbon and 1,5 times higher than that of Polysorb in relation to MO. It is important to note that the adsorption index of PV is 4,3 times greater than that of Polysorb in relation to gelatin.

Conclusion. The sorption activity of the studied PV to methylene blue and gelatin reliably exceeds the activity of the comparison preparations activated carbon and Polysorb. PV of *V. album* leaves exhibit high activity in binding toxins with an average molecular weight and they can be used as agents with detoxifying activity.

Keywords: *Viscum album*, pectin substances, physicochemical characteristics, sorption activity

Введение

Ранее нами было установлено, что пектиновые вещества, выделенные из шрота листьев *V. album*, относятся к группе низкоэтерифицированных пектинов, что может свидетельствовать об их высокой комплексообразующей способности [1]. Данное литературы свидетельствует, что для определения сорбционной активности волокон семян из *Nerium oleander*, *Populus tremula* и *Pergularia tomentosa* [13], гранул активированного угля-альгината, полученных из *Dodonaea viscosa* [14] и пектиновых веществ из *Suaeda fruticosa* [10] использовали метиленовый синий. Характеризуются также полисахаридные фракции шишечек пихты сибирской высокой сорбционной активностью в отношении метиленовой сини. Растительные полисахариды рассматриваются не только в качестве эффективных сорбентов, но и в качестве веществ, которые стимулируют рост полезной микрофлоры кишечника и ограничивают размножение патогенных бактерий [11].

В качестве адсорбента были изучены наночастицы хитозана для однократного и одновременного поглощения катионных и анионных красителей [9]. При исследовании сорбционной активности различных пектиновых веществ использовали модельные вещества-маркеры, которые отличаются структурой молекулы, ее зарядом, размерами и другими свойствами [4, 7]. В качестве маркера использовали краситель метиленовый синий, являющийся катионным маркером, имитирующим среднемолекулярные токсиканты, ввиду небольшой молекулярной массы проникает в поры разного размера. Использовали метиловый оранжевый в качестве анионного маркера. Для определения белоксвязывающей активности, которая обусловлено детоксицирующей сорбцией патологических агентов белковой природы, использовали желатин с биуретовым реагентом [4].

Цель исследования – изучить сорбционную активность водорастворимых полисахаридов и пектиновых веществ листьев *V. album* с целью расширения арсенала средств растительного происхождения, обладающих детоксикационной активностью.

Методика

Объект исследования – водорастворимые полисахариды и пектиновые вещества листьев омелы белой (*Viscum album* L.), деревья хозяева – яблоня домашняя (*Malus domestica* Borkh.) (ВРПС_{Мд} и ПВ_{Мд}) и тополь черный (*Populus nigra* L.) (ВРПС_{Рн} и ПВ_{Рн}). Ранее нами было установлено, что осенью происходит значительная активизация накопления ПВ в ассимилирующих органах растений [1], поэтому для получения ВРПС и ПВ использовали сырье, собранное в этот период.

Определение адсорбционной активности анализируемых ВРПС и ПВ с использованием метиленовой сини, метилового оранжевого и желатина проводили согласно методике, описанной в работе В.И. Решетникова [3, 5, 6].

Определение адсорбционной активности по желатину [4, 5]. Около 0,2 г (точная навеска) образца помещали в коническую колбу вместимостью 100 мл, прибавляли 25 мл 0,6% раствора желатина, и перемешивали на магнитной мешалке в течение 20-240 мин. Далее суспензию центрифугировали в течение 20 минут при 3000 оборотов в минуту. Отбирали пипеткой 5 мл надосадочной жидкости, переносили в мерную колбу вместимостью 25 мл и доводили объем раствора биуретовым реагентом до метки, перемешивали (испытуемый раствор). Через 30 мин. определяли оптическую плотность (*A*) испытуемого раствора на спектрофотометре СФ-2000 при длине волн 560 нм в кювете с толщиной поглощающего слоя 10 мм. Параллельно определяли оптическую плотность (*A*₀) раствора желатина. В качестве раствора сравнения использовали биуретовый реагент в разведении с водой очищенной в соотношении (4:1). Адсорбционную активность в мг на 1 г образца (X) вычисляли по формуле (1):

$$X = \frac{(A_0 - A) \cdot a \cdot 25}{A_0 \cdot b \cdot (1 - 0,01 \cdot W)}, \quad (1)$$

где: *A*₀ – оптическая плотность раствора желатина; *A* – оптическая плотность испытуемого раствора; *a* – фактическая концентрация раствора СО желатина мг/мл; *b* – масса навески образца в граммах; 25 – объем раствора СО желатина, мл; *W* – влажность вещества в процентах.

Раствор желатина 0,6%: в выпарительной чашке 0,6 г желатина заливали 10-кратным количеством воды очищенной при комнатной температуре и оставляли на 60 мин. для набухания. Затем

добавляли 94 мл воды очищенной и нагревали на водяной бане до полного растворения при 40–50°C. Далее процеживали через марлю в мерную колбу на 100 мл и доводили до метки.

В качестве препаратов сравнения использовали уголь активированный (RENEWAL, АО «Производственная фармацевтическая компания Обновление», г. Новосибирск) и Полисорб (АО «Полисорб», Челябинская обл.) с влажностью $0,108\pm0,004\%$ и $0,082\pm0,003\%$, соответственно. Сушку сырья проводили воздушно-теневым методом.

После статистической обработки данных установлено, что содержание влажности в ВРПС_{Md} – $0,156\pm0,004\%$, ПВ_{Md} – $0,162\pm0,005\%$, ВРПС_{Pn} – $0,131\pm0,004\%$, ПВ_{Pn} – $0,167\pm0,006\%$.

Результаты исследования и их обсуждение

Определение сорбционной активности ПВ_{Md} с подбором оптимального времени сорбции представлено в табл. 1.

Таблица 1. Адсорбционная активность ПВ_{Md} по метиленовому синему в зависимости от времени перемешивания

Образец №	1	2	3	4	5	6
Время перемешивания, мин	20	40	60	120	180	240
Масса навески, г	0,2026	0,2015	0,2006	0,2014	0,2010	0,2021
Оптическая плотность испытуемого раствора	0,198	0,193	0,201	0,211	0,256	0,256
Адсорбционная активность, мг/г сорбента	222,18	226,40	222,19	213,68	180,06	179,08

Из предложенных данных можно сделать вывод, что при увеличении времени выше 40 мин. нет увеличения показателя адсорбционной активности.

Анализ данных таблицы 2, показывает, что адсорбционная активность у ПВ значительно выше, чем у ВРПС, который для ПВ_{Md} и ПВ_{Pn} и составил $228,10\pm4,43$ мг/г и $225,07\pm4,26$ мг/г, соответственно.

Таблица 2. Адсорбционная активность ВРПС_{Md}, ПВ_{Md} и ВРПС_{Pn}, ПВ_{Pn} и препаратов сравнения по МС

Исследуемый образец	Адсорбционная активность, мг/г сорбента
ВРПС _{Md}	$177,90\pm3,89$
ПВ _{Md}	$228,10\pm4,43$
ВРПС _{Pn}	$167,98\pm2,96$
ПВ _{Pn}	$225,07\pm4,26$
Уголь активированный	$196,08\pm4,18$
Полисорб	$103,67\pm4,07$

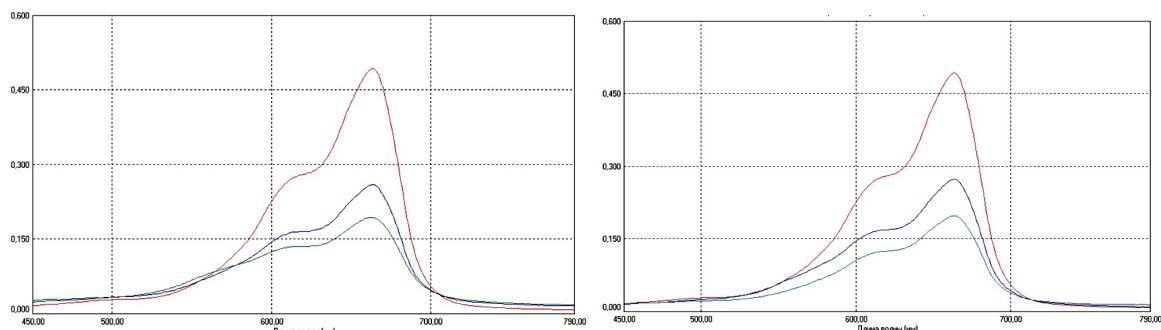


Рис. 1. УФ-спектры поглощения водных растворов МС (1); ВРПС_{Md} (2), ПВ_{Md} (3) и ВРПС_{Pn} (4), ПВ_{Pn} (5) с 0,15% раствором МС

Сорбционная активность по метиленовому синему ПВ_{Md} и ПВ_{Pn} достоверно превышает активность препаратов сравнения угля активированного и полисорба.

Определение сорбционной активности ПВ_{Md} с подбором оптимального времени сорбции представлено в таблицах 3 и 4.

Таблица 3. Адсорбционная активность ПВ_{Md} по МО в зависимости от времени перемешивания

Образец №	1	2	3	4	5	6
Время перемешивания, мин	20	40	60	120	180	240
Масса навески, г	0,2004	0,2011	0,2007	0,2010	0,2013	0,2018
Оптическая плотность испытуемого раствора	0,154	0,153	0,116	0,132	0,133	0,147
Адсорбционная активность, мг/г сорбента	118,45	118,90	135,57	128,36	127,91	121,61

Анализируя данные таблицы можно сделать вывод, что при 60 минутах показатель адсорбционной активности достигает максимума.

Таблица 4. Адсорбционная активность ВРПС_{Md} , ПВ_{Md} и ВРПС_{Pn} , ПВ_{Pn} и препаратов сравнения по МО

Исследуемый образец	Адсорбционная активность, мг/г сорбента
ВРПС_{Md}	$102,23 \pm 2,43$
ПВ_{Md}	$135,12 \pm 2,93$
ВРПС_{Pn}	$104,91 \pm 2,27$
ПВ_{Pn}	$128,36 \pm 3,01$
Уголь активированный	$128,75 \pm 2,78$
Полисорб	$88,20 \pm 1,93$

Анализируя данные таблицы 4, обнаружили, что показатель адсорбционной активности у ПВ значительно выше, чем у ВРПС, который для ПВ_{Md} и ПВ_{Pn} и составил $135,12 \pm 2,93$ мг/г и $128,36 \pm 3,01$ мг/г, соответственно.

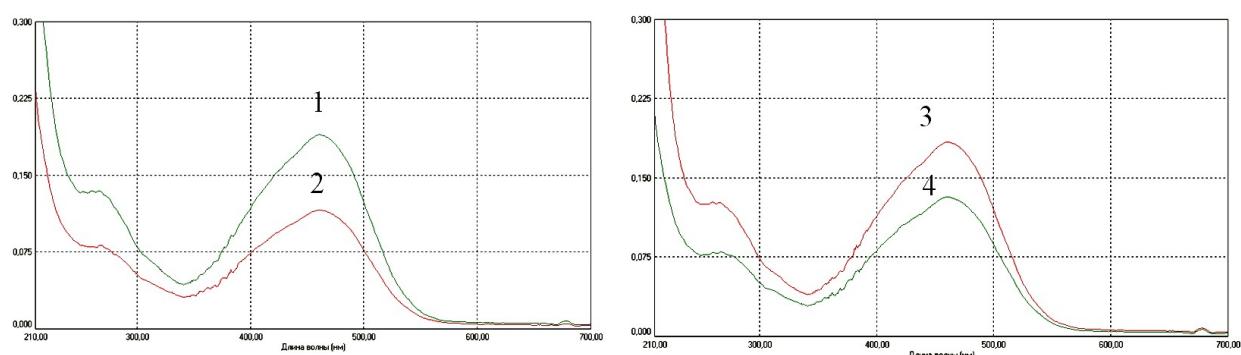


Рис. 2. УФ-спектры поглощения водных растворов ВРПС_{Md} (1), ПВ_{Pn} (2) и ВРПС_{Pn} (3), ПВ_{Md} (4) с и препаратов сравнения по МО

Показатель адсорбционной активности у ПВ_{Md} оказался незначительно выше, чем у препарата сравнения – угля активированного.

Определение адсорбционной активности по желатину. Суть биуретовой реакции заключается в образовании комплекса сине-фиолетового цвета при взаимодействии ионов меди (II) с пептидной связью; в качестве реагента используется раствор сульфата меди (II) в присутствии щелочи [2]. Определение сорбционной активности ПВ_{Md} по желатину с подбором оптимального времени сорбции представлено в табл. 5 и 6.

Из представленных данных следует, что при 60 минутах наблюдается максимальная адсорбционная активность.

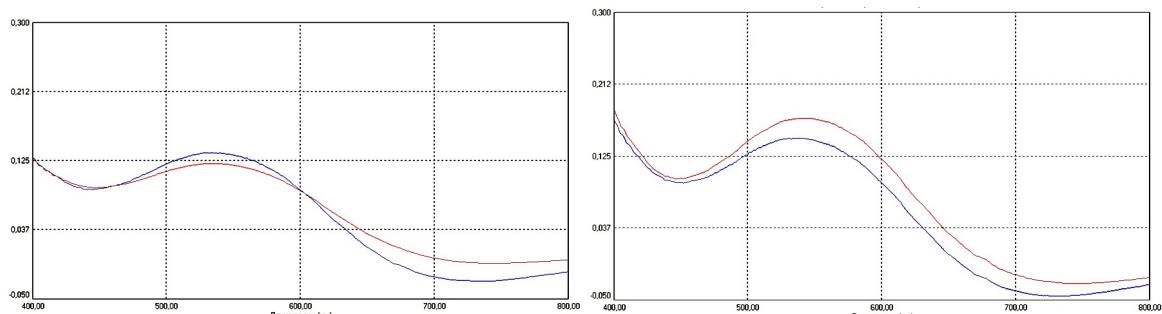
Таблица 5. Адсорбционная активность ПВ_{Md} по желатину в зависимости от времени перемешивания

Образец №	1	2	3	4	5	6
Время перемешивания, мин	20	40	60	120	180	240
Масса навески, г	0,2007	0,2010	0,2002	0,2000	0,2006	0,2011
Оптическая плотность испытуемого раствора	0,144	0,132	0,120	0,147	0,150	0,150
Адсорбционная активность, мг/г сорбента	298,60	336,32	374,04	289,17	279,74	279,74

Таблица 6. Адсорбционная активность ВРПС_{Md} , ПВ_{Md} и ВРПС_{Pn} , ПВ_{Pn} и препаратов сравнения по желатину

Исследуемый образец	Адсорбционная активность, мг/г сорбента
ВРПС_{Md}	$289,19 \pm 3,91$
ПВ_{Md}	$370,89 \pm 5,10$
ВРПС_{Pn}	$213,67 \pm 3,69$
ПВ_{Pn}	$326,87 \pm 4,49$
Уголь активированный	$87,21 \pm 1,82$
Полисорб	$359,36 \pm 4,24$

Анализ данных таблицы, показывает, что адсорбционная активности у ПВ значительно выше, чем у ВРПС, который для ПВ_{Md} и ПВ_{Pn} и составил $370,89 \pm 5,10$ мг/г и $326,87 \pm 4,49$ мг/г, соответственно.

Рис. 3. УФ-спектры поглощения водных растворов ПВ_{Pn} (1), ПВ_{Md} (2) и ВРПС_{Pn} (3), ВРПС_{Md} (4) с 0,6% раствором желатина и с биуретовым реагентом

Сорбционная активность по желатину ПВ_{Md} достоверно превышает активность препаратов сравнения – угля активированного и полисорба. Общеизвестно, что полиамфолиты – высокомолекулярные соединения, содержащие как катионные, так и анионные функциональные группы в пределах одной макромолекулы, что является причиной их амфотерных свойств [8, 12].

Как было установлено, ПВ_{Md} , выделенные из листьев *V. album*, представляют собой полиамфолиты, для которых определена изоэлектрическая точка, равная 4,7, а это позволяет сделать вывод, что в ПВ_{Md} преобладают кислотные группы, наличие которых подтверждается при использовании различных маркеров: МС и МО. Нами экспериментально доказано, что показатель адсорбционной активности по МС (катионный маркер) у ПВ значительно выше, чем по МО (анионный маркер). Можно отметить, что изучаемые ПВ адсорбируют вещества как катионного, так и анионного характера.

Способность связывать МС у полисорба в 2 раза ниже адсорбционной активности активированного угля. Адсорбционный показатель ПВ_{Md} в 1,2 раза больше, чем у активированного угля и в 2 раза больше, чем у полисорба по отношению к связыванию МС. Адсорбционная активность у полисорба в 1,5 раза ниже, чем у активированного угля при связывании МО. Адсорбционный показатель ПВ_{Md} в 1,1 раз больше, чем у активированного угля и в 1,5 раза больше, чем у полисорба по отношению к МО. Важно отметить, что у полисорба в 4 раза выше белоксвязывающая активность, чем у активированного угля. Адсорбционный показатель ПВ_{Md} в 4,3 раз больше, чем у полисорба по отношению к желатину.

У исследуемых ПВ_{Md} сорбционная активность по метиленовому синему и по желатину достоверно превышает активность препаратов сравнения угля активированного и полисорба, однако показатель адсорбционной активности по МО незначительно выше, чем у препарата сравнения – угля активированного.

Заключение

Изучена сорбционная активность пектиновых веществ листьев *V. album* по отношению к веществам катионного и анионного характера, а также определена белок связывающая активность. У исследуемых ПВ_{Md} сорбционная активность по МС и по желатину достоверно превышает активность препаратов сравнения угля активированного и полисорба, однако показатель адсорбционной активности по МО незначительно выше, чем препарат сравнения – уголь активированный. ПВ листьев *V. album* проявляют высокую активность по связыванию токсина со средней молекулярной массой и их можно использовать в качестве средств, обладающих детоксикационной активностью.

Литература (references)

1. Аджиахметова С.Л., Червонная Н.М., Поздняков Д.И., Оганесян Э.Т. Полисахариды листьев омелы белой (*Viscum album* L.) // Традиционная медицина. – 2024. – №1(73). – С. 19-25. [Adzhiaxmetova S.L., Chervonnaya N.M., Pozdnyakov D.I., Oganesyan E.T. *Tradicionnaya medicina. Traditional medicine.* – 2024. – N1(73). – P. 19-25 (in Russian)]
2. Биохимия. Практикум: Учебное пособие по курсу «Медицинская биохимия» /Л. А. Ганеева, Л. И. Зайнуллин, З.И. Абрамова, Н. Х. Тенишева. – Казань: ИСБ, 2015. – 176 с. [Bioximiya. Praktikum: Uchebnoe posobie po kursu «Medicinskaya bioximiya» / L. A. Ganeeva, L. I. Zajnullin, Z.I. Abramova, N. X. Tenisheva. – Kazan': ISB, 2015. – 176 p. (in Russian)]
3. Гуляев Д.К., Белоногова В.Д. Сорбционная активность полисахаридов пихты сибирской шишек // Вопросы обеспечения качества лекарственных средств. – 2023. – №4 (42). – С. 37-42. [Gulyaev D.K., Belonogova V.D. *Voprosy` obespecheniya kachestva lekarstvenny`x sredstv. Questions of Quality Assurance of Medicines.* – 2023. – N4 (42). – P. 37-42. (in Russian)]
4. Пат. 2561038 Российская Федерация, МПК A61K 36/10. Средство, обладающее адсорбционной и детоксикационной активностью / Н.В. Келус [и др.] (РФ). – № 2013146484/15; заявл. 17.10. 13; опубл. 20.08.15, Бюл. № 23. – 18 с. [Pat. 2561038 Rossiijskaya Federaciya, MPK A61K 36/10. / N.V. Kelus [i dr.] (RF). – N2013146484/15; N23. – 18 p. (in Russian)]
5. Решетников В.И. Оценка адсорбционной способности энтеросорбентов и их лекарственных форм // Химико-фармацевтический журнал. – 2003. – №5. – С. 28-32. [Reshetnikov V.I. *Ximiko-farmacevticheskij zhurnal. Chemical and Pharmaceutical Journal.* – 2003. – N5. – P. 28-32. (in Russian)]
6. Решетников В.И. Принципы разработки лекарственных форм сорбентов. – Пермь: ГОУ ВПО ПГФА Росздрава, 2008. – 196 с. [Reshetnikov V.I. *Principy` razrabotki lekarstvenny`x form sorbentov.* – Perm': GOU VPO PGFA Roszdrava, 2008. – 196 p. (in Russian)]
7. Сульдин А.В., Курицын А.В., Пучнина С.В. Исследование сорбционной активности кремния диоксида коллоидного как вспомогательного вещества в технологии лекарственных форм // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=16423> [Sul'din A.V., Kuricyn A.V., Puchnina S.V. *Sovremenny`e problemy` nauki i obrazovaniya. Modern problems of science and education.* – 2014. – N6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=16423> (in Russian)]
8. Шамилов А.А., Бубенчикова В.Н., Степанова Н.Н., Гарсия Е.Р. Сравнительная характеристика физико-химических свойств полисахаридов, выделенных из видов рода черноголовка // Химия растительного сырья. – 2023. – №4. – С. 89-98. [Shamilov A.A., Bubenchikova V.N., Stepanova N.N., Garsiya E.R. *Ximiya rastitel'nogo sy'ra.* Chemistry of Plant Raw Materials. – 2023. – N4. – P. 89-98. (in Russian)]
9. Benamer-Oudih S., Tahtat D., Nacer Khodja A., Mansouri B., Mahlous M., Guittoum A.E., Kebbouche Gana S. Sorption behavior of chitosan nanoparticles for single and binary removal of cationic and anionic dyes from aqueous solution // Environmental Science and Pollution Research. – 2024. – V.31. – N28. – P. 39976-39993.
10. El-Ghoul Y., Alsamani S. Highly Efficient Biosorption of Cationic Dyes via Biopolymeric Adsorbent-Material-Based Pectin Extract Polysaccharide and Carrageenan Grafted to Cellulosic Nonwoven Textile // Polymers (Basel). – 2024. – V.16, N5. – P. 585.

11. Grimaldi R., Swann J. R., Vulevic J., Gibson G. R., Costabile A. Fermentation properties and potential prebiotic activity of Bimuno galacto-oligosaccharide (65% galacto-oligosaccharide content) on *in vitro* gut microbiota parameters // British Journal of Nutrition. – 2016. – V.116. – P. 480-486.
12. Kudaibergenov S.E. Polyampholytes in Advanced Polymer Science and Emerging Technologies // Routledge & CRC Press. – 2024. – 310 p.
13. Sebeia N., Jabli M., Ghith A., El Ghoul Y., Alminderej F.M. *Populus tremula*, *Nerium oleander* and *Pergularia tomentosa* seed fibers as sources of cellulose and lignin for the bio-sorption of methylene blue // International Journal of Biological Macromolecules. – 2019. – N121. – P. 655-665.
14. Yaqub A., Syed S.M., Ajab H., Zia Ul. Haq. M. Activated carbon derived from *Dodonaea Viscosa* into beads of calcium-alginate for the sorption of methylene blue (MB): Kinetics, equilibrium and thermodynamics // Journal of Environmental Management. – 2023. – V.327. – P. 116925.

Информация об авторах

Аджиахметова Симилла Леонтьевна – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры органической химии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиал ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России. E-mail: similla503@mail.ru

Поздняков Дмитрий Игоревич – кандидат фармацевтических наук, доцент, заведующий кафедрой фармакологии с курсом клинической фармакологии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиал ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России. E-mail: pozdniackow.dmitry@yandex.ru

Оганесян Эдуард Тоникович – доктор фармацевтических, профессор, заведующий кафедрой органической химии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиал ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России. E-mail: edwardov@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 14.03.2025

Принята к печати 28.11.2025