

УДК 628.16.081.32

DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-2-259-267

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-ПРОТЕИНОВЫХ СОРБЕНТОВ С ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИМИ СОРБЦИОННЫМИ ПРЕПАРАТАМИ

Работягов К. В., Компанец Е. А.

*Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь,
Россия
E-mail: kotofey2002@mail.ru*

Изучено поглощение из водного раствора красителя метиленового голубого сорбентами, полученными из плодов баобаба и косточек винограда. Проведено сравнение эффективности сорбентов между собой, с медицинским активированным углем и препаратом Полисорб. Рассчитаны зависимости адсорбционной активности и эффекта очистки от концентрации и времени воздействия.

Ключевые слова: активный уголь, полисорб, сорбент.

ВВЕДЕНИЕ

Расширение числа модификаций вирусов, вызывающих интоксикацию за счёт расщепления ферментами клеточных белков, ставит задачу поиска эффективных и безопасных энтеросорбентов. Традиционно применяются продукты на основе глубокой переработки целлюлозы или минеральные пористые вещества [1, 2]. Однако, в последнее время большой интерес вызывают различные биополимерные материалы растительного происхождения. Внимание к ним обусловлено безопасностью применения подобного рода материалов в качестве пищевых добавок в течение длительного времени.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы: порошок из жмыха виноградных семян несброженной выжимки (ПВ); пудра плодов баобаба естественного формирования (ПБ); уголь активированный медицинский "Фармстандарт" (АУ); препарат "Полисорб" (ПС); краситель метиленовый голубой (МГ).

Измерение оптической плотности водных растворов проводилось на фотометре «ЭКСПЕРТ-003» при длинах волн 525 нм и 615 нм [3]. Сорбционные свойства образцов определяли фотоколориметрическим методом. Для этого к модельному раствору с концентрациями метиленового голубого 3, 6, 9, 12 мг/л добавляли исследуемые материалы (0,1 г на 25 мл) и перемешивали их в течение 3, 6, 9 и

12 мин. Значения остаточных концентраций красителя были рассчитаны посредством построения калибровочного графика.

На основании экспериментов были вычислены адсорбционная активность (AA) и эффект очистки ($ЭО$) по формулам (1) и (2):

$$AA = \frac{(C_1 - C_2) \cdot W}{m} \quad (1)$$

$$ЭО = \frac{(A_1 - A_2) \cdot 100}{A_1} \quad (2)$$

где C_1 и C_2 – исходная и конечная концентрации красителя, мг/л;

W – объём раствора, $дм^3$;

m – масса сорбента, г;

A_1 и A_2 – исходная и конечная оптические плотности растворов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты анализа проб при различных концентрациях и времени экспозиции (t) приведены в таблицах 1 и 2:

Таблица 1
Значения оптической плотности (A) растворов при $\lambda=525$ нм

	Сорбент															
	уголь актив.				Полисорб				плоды баобаба				косточки винограда			
	начальная концентрация метиленового голубого, мг/л															
t, мин	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
3	0,053	0,094	0,187	0,242	0,042	0,081	0,083	0,169	0,019	0,068	0,089	0,128	0,059	0,118	0,122	0,139
6	0,051	0,090	0,164	0,240	0,043	0,080	0,080	0,160	0,033	0,069	0,087	0,127	0,078	0,111	0,101	0,117
9	0,042	0,082	0,162	0,218	0,045	0,078	0,078	0,158	0,038	0,062	0,093	0,133	0,056	0,110	0,096	0,129
12	0,024	0,064	0,130	0,186	0,038	0,076	0,072	0,152	0,015	0,050	0,081	0,116	0,045	0,094	0,112	0,146

По результатам измерений были построены графики зависимости адсорбционной активности (рис. 1–4) и эффекта очистки (рис. 5–8).

Сравнение сорбционной активности при длине волны 525 нм демонстрирует близкие результаты для всех исследуемых образцов (рис. 1А, 2А, 3А, 4А), что вполне ожидаемо, ввиду близости гранулометрических параметров порошков. Несколько меньшая активность угля при 3-х, 6-ти и 9-ти минутной экспозиции (рис. 1А, 2А, 3А), особенно в области больших концентраций красителя, также прогнозируемо, из-за его большей гидрофобности, и на практике легко устраняется

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-ПРОТЕИНОВЫХ...

предварительным замачиванием сорбента на 12–24 часа, либо добавлением небольших количеств поверхностно-инактивных веществ перед смешиванием. Однако уже при 12-ти минутной экспозиции, результаты АА АУ практически неотличимы от других анализируемых образцов, особенно при малых концентрациях метиленового голубого.

Таблица 2

Значения оптической плотности (А) растворов при $\lambda=615$ нм

t, мин	Сорбент															
	уголь актив.				Полисорб				плоды баобаба				косточки винограда			
	начальная концентрация метиленового голубого, мг/л															
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
3	0,065	0,117	0,220	0,305	0,022	0,059	0,127	0,137	0,058	0,150	0,192	0,236	0,114	0,273	0,365	0,361
6	0,063	0,112	0,196	0,302	0,023	0,054	0,119	0,136	0,104	0,151	0,184	0,226	0,152	0,269	0,329	0,353
9	0,050	0,109	0,192	0,262	0,024	0,051	0,113	0,123	0,078	0,133	0,190	0,227	0,148	0,290	0,345	0,360
12	0,033	0,087	0,160	0,219	0,021	0,048	0,110	0,114	0,062	0,139	0,173	0,222	0,134	0,249	0,336	0,417

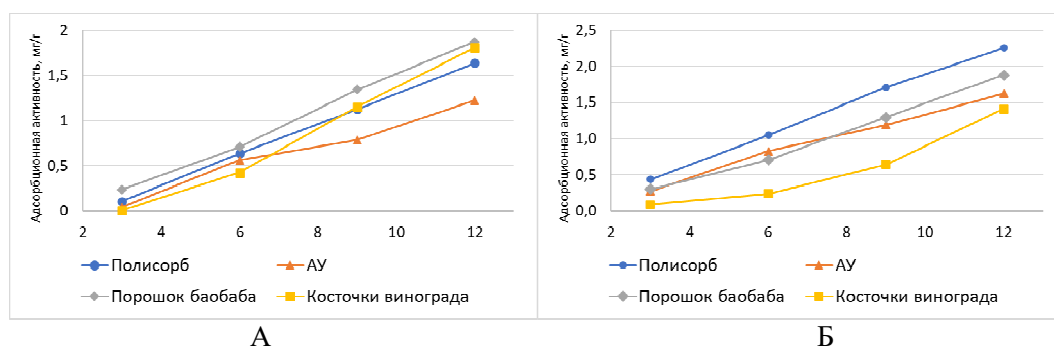


Рис. 1. График зависимости адсорбционной активности от концентрации при экспозиции 3 минуты (А, $\lambda=525$ нм; Б, $\lambda=615$ нм).

Использование фильтра с $\lambda=615$ нм, работающего в пограничной области поглощения красителя, позволяет заметить существенный разброс в сорбционных свойствах образцов растительного происхождения (рис. 1Б, 2Б, 3Б, 4Б). Для косточек винограда, показавшего минимальные результаты, это может быть обусловлено существенной неоднородностью гранул, не устранимой механическим перемешиванием порошка. Порошок плодов баобаба также начинает уступать в показателе АА, особенно при малых концентрациях МГ, что, возможно, связано его способностью к набуханию в вводе, приводящему к закупориванию пор. Полисорб

и активированный уголь сохраняют структуру глобул и демонстрируют показатели АА, близкие к линейным.

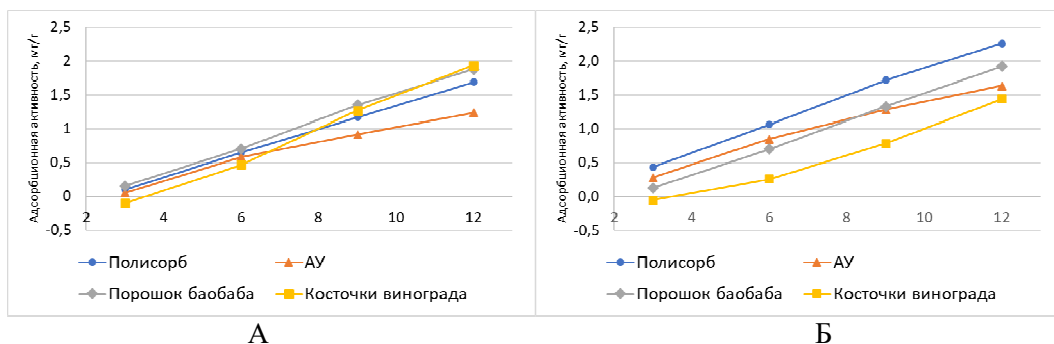


Рис. 2. График зависимости адсорбционной активности от концентрации при экспозиции 6 минут (А, $\lambda=525$ нм; Б, $\lambda=615$ нм).

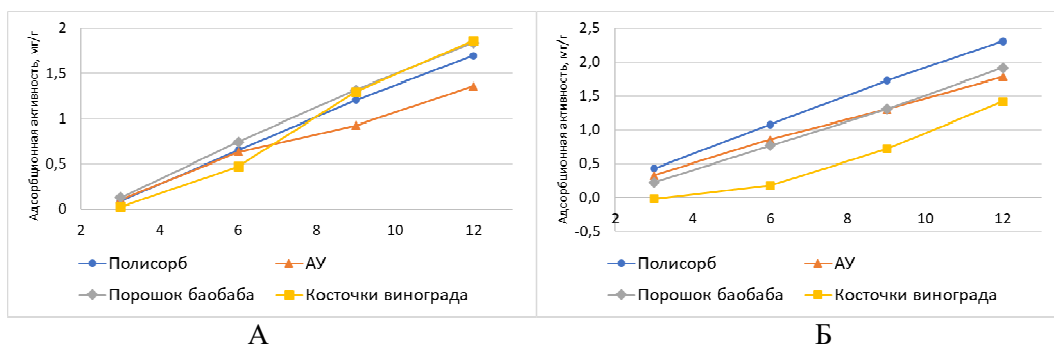


Рис. 3. График зависимости адсорбционной активности от концентрации при экспозиции 9 минут (А, $\lambda=525$ нм; Б, $\lambda=615$ нм).

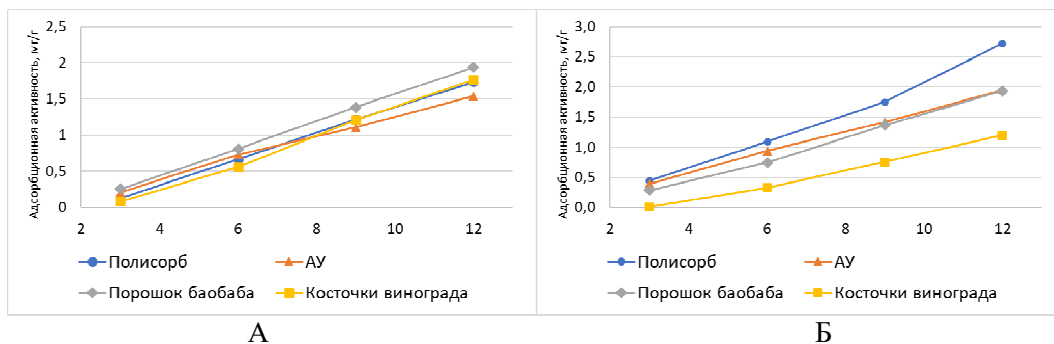


Рис. 4. График зависимости адсорбционной активности от концентрации при экспозиции 12 минут (А, $\lambda=525$ нм; Б, $\lambda=615$ нм).

Расчёт показателя эффекта очистки при $\lambda=525$ нм (рис. 5А, 6А, 7А, 8А) демонстрирует стабильные результаты для ПС и АУ. Несколько меньшая активность для АУ обусловлен присутствующими в суспензии микроглобулами, существенно увеличивающими оптическую плотность [4], особенно для излучения с меньшей длиной волны. Это проявляется, как в уменьшении АА АУ в сравнении с ПС (рис. 1А, 2А, 3А, 4А), так и в снижении ЭО, в сравнении с ПС и ПБ (рис. 5А, 6А, 7А, 8А), особенно при концентрации МГ менее 9 мг/л. Наилучший результат ЭО, демонстрируемый порошком плодов баобаба, может быть связан с наличием большого количества полярных молекул и функциональных групп, прочно удерживающих катионы тиазинового красителя, либо образующих окрашенные композиции с максимумами при других значениях длины волны. В пользу такого предположения свидетельствует способность ПС демонстрировать высокие показатели ЭО даже при минимальных концентрациях и независимо от времени взаимодействия (рис. 5А, 8А).

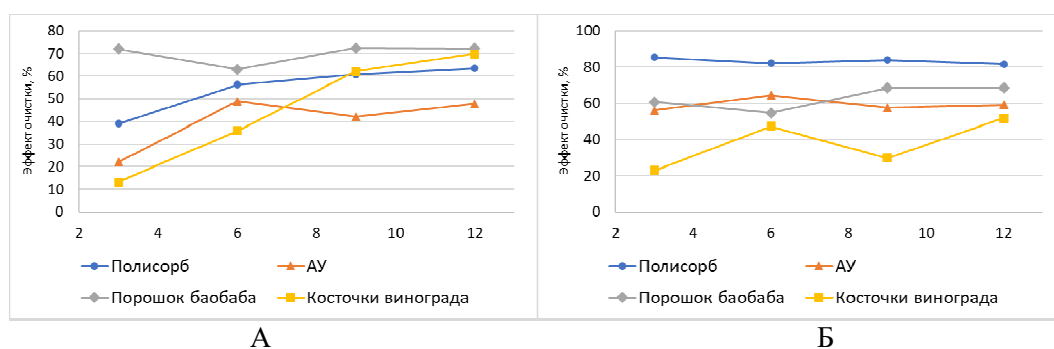


Рис. 5. График зависимости эффекта очистки от концентрации при экспозиции 3 минуты (А, $\lambda=525$ нм; Б, $\lambda=615$ нм).

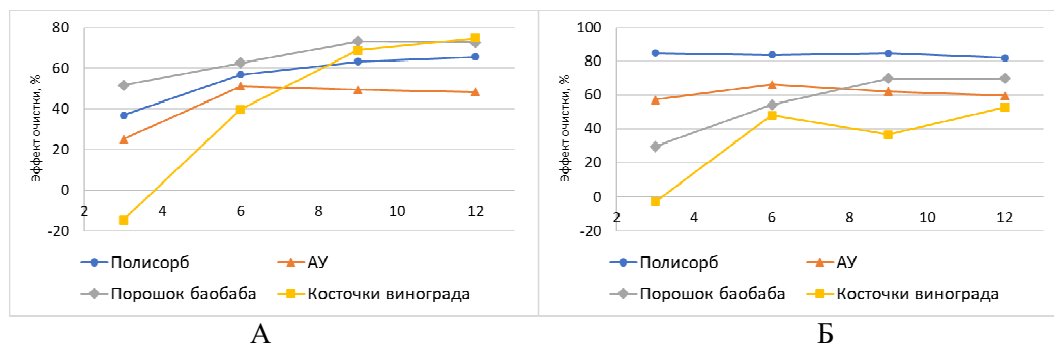


Рис. 6. График зависимости эффекта очистки от концентрации при экспозиции 6 минут (А, $\lambda=525$ нм; Б, $\lambda=615$ нм)

Порошок косточек винограда, напротив, демонстрируют удовлетворительные результаты лишь при больших концентрациях МГ (рис. 6А, 7А). Отрицательные, или близкие к нулевым, значения ЭО являются следствием перехода в раствор

водорастворимых веществ, в существенном количестве содержащихся в косточках. При малых концентрациях красителя, их экстракция в воду оказывается более значимой. Изменение регистрируемой длины волны, не приводит к качественно отличным результатам (рис. 5Б, 6Б, 7Б, 8Б).

Высокая механическая прочность глобул Полисорба и отсутствие окрашенных в видимой области компонентов, обуславливают его наилучшие сорбционные показатели. АУ и ПС демонстрируют примерно равные результаты: при малых концентрациях МГ, не зависимо от времени экспозиции, несколько лучший результат демонстрирует активный уголь. Причинной такого поведения может быть большая величина удельной поверхности сорбента. При начальных концентрациях красителя 9 и 12 мг/л чуть лучший результат показывает порошок плодов баобаба. Возможно, это является следствием многокомпонентного состава, при котором наряду с адсорбцией красителя происходит его связывание компонентами порошка в нерастворимые или неокрашенные соединения.

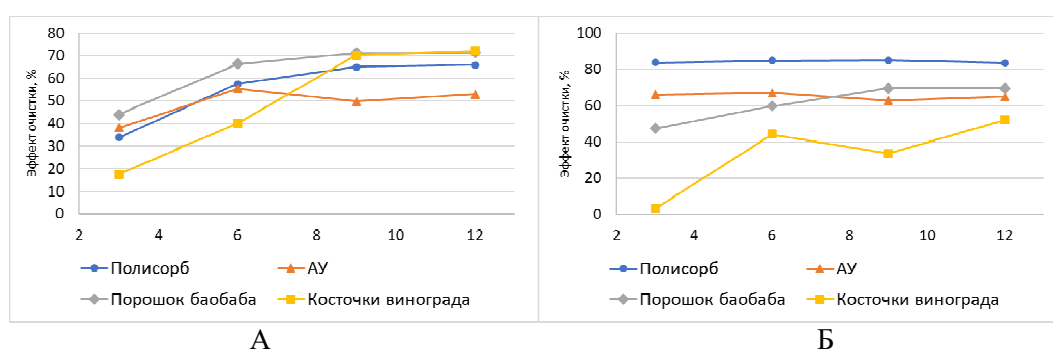


Рис. 7. График зависимости эффекта очистки от концентрации при экспозиции 9 минут (А, λ=525 нм; Б, λ=615 нм).

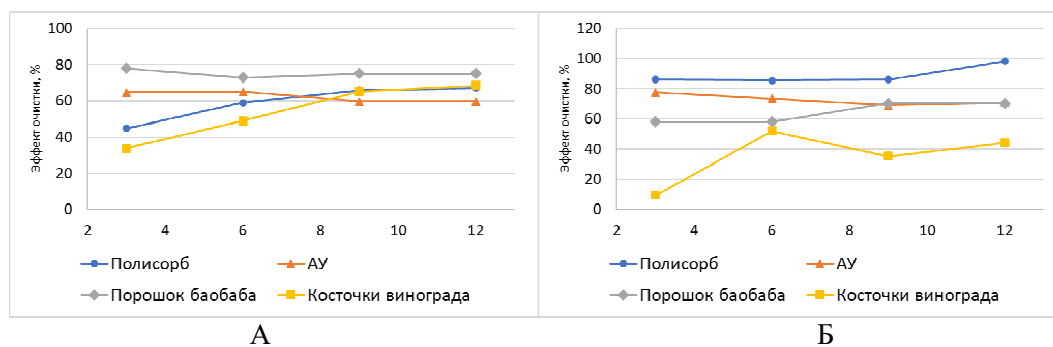


Рис. 8. График зависимости эффекта очистки от концентрации при экспозиции 12 минут (А, λ=525 нм; Б, λ=615 нм).

Самые слабые результаты очистки раствора от красителя показывает порошок из косточек винограда. Возможной причиной этого могут быть не только малые сорбционные свойства препарата, но и наличие большого количества

водорастворимых соединений, например – антоциановых красителей, которые окрашивают раствор. Также, увеличению оптической плотности может способствовать образование коллоидных систем на основе олигомерных макромолекул, в значительном количестве содержащихся в семенах винограда. О том, что протекает несколько процессов, может свидетельствовать "пилообразный" вид зависимости ЭО от концентрации МГ при разном времени экспозиции (рис. 9) для растворов с большей концентрацией красителя.

Отрицательные значения ЭО, для растворов с концентрацией МГ 3 мг/л в начальной стадии, подтверждают предположение, что адсорбция красителя, в этом случае, не является определяющим процессом, уступая экстракции из косточек водорастворимых веществ.

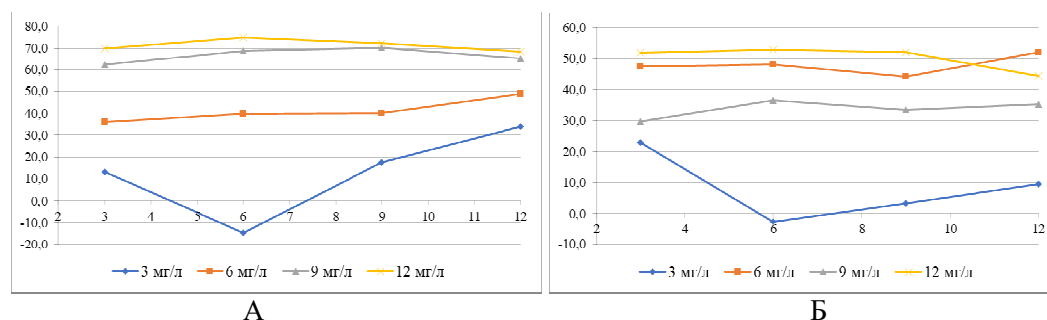


Рис. 9. График зависимости эффекта очистки от времени для молотых косточек винограда при различных исходных концентрациях красителя (А, $\lambda=525$ нм; Б, $\lambda=615$ нм).

Сравнивая результаты АА и ЭО образцов, можно увидеть, что ПС и АУ демонстрируют показатели, сопоставимые с ПБ. Порошок из жмыха косточек винограда, хоть и уступает им всем по АА (Рис. 5А, 6А, 7А, 8А), но учитывая его существенно более низкую стоимость, может оказаться целесообразным его применение в случае массового спроса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Применение продуктов растительного происхождения в качестве энтеросорбентов может оказаться целесообразным, поскольку их адсорбционные свойства не уступают сорбентам, традиционно применяемым в фармакологии
2. Относительная близость значений сорбционной активности исследованных сорбентов позволяет поставить на первое место при их выборе доступность сырья и технологии производства.

Список литературы

1. Рачковская Л. Н. Углеродминеральные сорбенты в медицине. / Рачковская Л. Н. – Новосибирск: СО РАСХН, 1996. – 231 с.

2. Липатникова И. А. Разработка состава геля Полисорба и его биофармацевтическая оценка / И. А. Липатникова, В. И. Решетников // Фармация. – 2004. – Т. 53, № 3. – С. 34–35.
3. ГОСТ 4453-74 ГОСТ 4453-74, Уголь активированный, осветляющий, порошкообразный, Технические условия
4. Работягов К. В. Сравнение сорбционной активности различных активных углей. / К. В. Работягов, А. Д. Ратушная, А. С. Бахтин. // Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2022. – Том 8 (74), № 1. – С. 224–235.

COMPARISON OF THE EFFICIENCY OF CELLULOSE-PROTEIN BIOPOLYMER SORBENTS WITH TRADITIONAL PHARMACOLOGICAL

Rabotyagov K. V., Kompanets E. A.

V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

E-mail: kotofey2002@mail.ru

The number of virus modifications causing intoxication due to cleavage of cellular proteins by enzymes is increasing. The task of finding effective and safe enterosorbents is increasingly relevant. Products based on deep processing of cellulose or mineral porous substances are traditionally used. Recently, there is a great interest in various biopolymeric materials of plant origin. Interest in them is due to the safety of such materials as food additives for a long time.

In the work were used: powder from grape seed cake of non-fermented refuses; baobab fruit powder of natural formation; activated charcoal medical "Pharmstandard"; the drug "Polisorb"; methylene blue.

The optical density of aqueous solutions was measured using the EXPERT-003 photometer at wavelengths of 525 nm and 615 nm. Sorption properties of samples were determined by photocolometric method. We added test materials (0.1 g per 25 ml) to a model solution with methylene blue concentrations of 3, 6, 9 and 12 mg/l and stirred them for 3, 6, 9 and 12 min. The values of residual dye concentrations were calculated by plotting a calibration graph.

At a wavelength of 525 nm, the results for all studied samples of sorbents are similar. This is a consequence of the similarity of physical properties of the analyzed sorbents. Some deviation in the results of adsorption activity of activated carbon is due to its excessive hydrophobicity. Hydrophobic sorbents have less affinity to water molecules, but at the same time they actively sorb the low-hydrated compounds from the surface. With additional soaking of the sample the deviation is almost eliminated.

The cleaning effect indicators for activated charcoal and Polysorb are stable. For Polysorb, this is explained by the high dispersity of the composition. For activated charcoal in some cases a relatively low result was observed because of the microglobular structure.

The baobab fruit powder showed good purification effect under experimental conditions. This may be explained by the presence of polar molecules or functional groups in its composition. Grape seeds showed positive results only at high concentrations of dye.

These results are caused by diffusion processes, because of which colored compounds pass into the solution.

According to the results of the experiment, the highest performance was demonstrated by the Polysorb samples. It has a higher specific surface as well as a more stable globule structure.

Baobab powder showed its best results at relatively high dye concentrations. This may be explained by the formation of different colloidal systems simultaneously with the adsorption of the dye on the surface. In contrast, grape seed powder showed the worst results. This may also be due to the formation of colloidal systems as well as the presence of many anthocyanin dyes.

The use of products of plant origin as enterosorbents may be appropriate, since their adsorption properties are not inferior to the sorbents traditionally used in pharmacology. In the final choice of sorbents, the availability of raw materials and production technology, rather than the absorption capacity, due to the relative proximity of the values, may play a decisive role.

Keywords: porous carbon material, Polysorb, sorbent.

References

1. Rachkovskaya L. N. *Carbon-mineral sorbents in medicine*, 231 p. (Novosibirsk: SB RAAS, 1996). (in Russ.)
2. Lipatnikova I. A., Reshetnikov V. I. Development of the Polysorb gel composition and its biopharmaceutical evaluation, *Pharmacy*, **3 (53)**, 34 (2004). (in Russ.)
3. GOST 4453-74. Activated carbon, brightening, powdery. Technical conditions. (in Russ.)
4. Rabotyagov K. V., Ratushnaya A. D., Bakhtin A. S. Comparison of the sorption activity of different active carbons. *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. Biology. Chemistry*. **8 (74)**, 1, 224 (2022). (in Russ.)