

А.С. Панюта
(СПбПУ, г. Санкт-Петербург)
И.С. Гаркушина, Л.Н. Боровикова
(ИВС РАН, г. Санкт-Петербург)
О.А. Писарев
(ИВС РАН, СПбПУ, г. Санкт-Петербург)

ГРАНУЛЬНЫЕ ОРГАНО-НЕОРГАНИЧЕСКИЕ Se-СОДЕРЖАЩИЕ СОРБЕНТЫ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ БОРНОЙ КИСЛОТОЙ

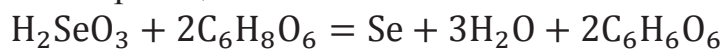
В настоящее время одним из самых распространенных заболеваний является сахарный диабет (СД), ежегодно по причине которого умирают более сотни тысяч больных [1]. СД подразделяется на два типа. СД 1 типа связан с дефицитом инсулина из-за гибели бета-клеток, результатом которого является избыточное количество глюкозы в крови. СД 2 типа связан с нарушением углеводного обмена, вызванным преимущественной инсулинорезистентностью и относительной инсулиновой недостаточностью. При лечении СД 2 типа необходимо регулировать гликемию в крови. В связи с этим актуальной задачей является разработка гемосорбентов, способных высокоселективно поглощать глюкозу из плазмы крови и выводить ее из организма человека.

Кроме того, при данной эндокринной патологии наблюдается накопление различных продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ). В работе [2] было доказано, что использование Se при терапии СД 1 типа приводит к восстановлению системы ПОЛ – антиоксидантная активность (АОА). Следовательно, использование наночастиц Se при одновременном высокоселективном удалении молекул глюкозы из плазмы крови будет способствовать восстановлению уровня гликемии и системы ПОЛ – АОА при терапии СД 2 типа.

Известна способность борной кислоты образовывать боратные комплексы (боратные эфиры) с полигидроксилсодержащими соединениями, имеющими две соседние гидроксильные группы в цис-положении [3,4]. Используя данную способность борной кислоты, можно создавать в полимерной матрице сайты связывания, обладающие аффинным средством по отношению к глюкозе.

Целью работы являлась разработка метода синтеза гранульных сорбентов, содержащих наночастицы Se в полимерной матрице, модифицированной борной кислотой.

Наночастицы Se, стабилизированные поливинилпирролидоном, были получены предварительно согласно окислительно-восстановительной реакции:



Синтез Se-содержащих полимерных сорбентов осуществлялся методом свободной радикальной сополимеризации 2-гидроксиэтилметакрилата (ГЭМА) и этиленгликоль диметакрилата (ДМЭГ) в присутствии наночастиц Se. Концентрация сомономеров в полимеризационной смеси составляла 30 мас%, соотношение сомономеров ГЭМА / ДМЭГ составляло 80 мол% / 20 мол% для всех синтезированных сорбентов. В качестве инициаторной системы были использованы персульфат аммония и аскорбиновая кислота. Синтез осуществлялся при постоянном перемешивании (200 об/мин) при 37°C в течение 1 часа.

Аффинные сорбенты (афф-Se-ГЭМА-ДМЭГ) были синтезированы при введении в полимеризационную смесь различных количеств борной кислоты (4, 6, 8 мол%). Аффинность по отношению к глюкозе создавалась молекулами борной кислоты путем образования боратного комплекса с гидроксильной группой глюкозы в цис-положении [3,4]. Контрольный сорбент (Se-ГЭМА-ДМЭГ) был синтезирован аналогично, но без присутствия борной кислоты в полимеризационной смеси.

Состав и физико-химические свойства синтезированных сорбентов представлены в табл. 1. Было показано, что введение 4 мол% и 6 мол% борной кислоты практически не влияло на выход сополимера. В то время как введение 8 мол% приводило к значительному увеличению выхода. При этом в ряду аффинных сорбентов с увеличением концентрации борной кислоты в полимеризационной смеси выход сорбентов увеличивался.

Для изучения физико-химических свойств гранульных сорбентов использовали фракцию 160-315 мкм, поскольку именно этот диапазон размеров позволяет обеспечивать хорошую протекаемость препаративных гемосорбционных колонок при низком давлении. Наблюдаемый незначительный рост $K_{\text{наб}}^{\text{H}_2\text{O}}$ сорбентов афф-Se-ГЭМА-ДМЭГ-6 и афф-Se-ГЭМА-ДМЭГ-8, по всей видимости, обусловлен наличием свободных гидроксильных групп у синтезированного боратного комплекса «борная кислота – ГЭМА» в полимерной матрице. При этом, снижение $K_{\text{наб}}^{\text{H}_2\text{O}}$ сорбента афф-Se-ГЭМА-ДМЭГ-4 по сравнению с Se-ГЭМА-ДМЭГ обусловлено участием борной кислоты в процессе полимеризации в качестве дополнительного сшивающего агента с образованием боратного

комплекса с гидроксильными группами ГЭМА в полимерной матрице, тем самым уменьшая количество свободных гидроксильных групп для взаимодействия с молекулами воды. Кроме того, участие борной кислоты в процессе полимеризации в качестве сшивающего агента также способствовало снижению ε у аффинных сорбентов по сравнению с Se-ГЭМА-ДМЭГ.

Таблица 1. Состав и физико-химические свойства синтезированных сорбентов

Сорбент	Борная кислота, мол%	Выход, %	$K_{наб}^{H_2O}$	ρ_n , г/см ³	ρ_n , г/см ³	ε , %
Se-ГЭМА-ДМЭГ	-	85	2.2	0.487	1.081	55
афф-Se-ГЭМА-ДМЭГ-4	4	84	1.6	0.503	1.063	53
афф-Se-ГЭМА-ДМЭГ-6	6	85	2.5	0.488	1.042	53
афф-Se-ГЭМА-ДМЭГ-8	8	90	2.5	0.620	1.041	40

На рисунке 1 представлена диаграмма выхода гранульных сорбентов по фракциям в зависимости от диаметра гранул. Наибольший вклад в выход синтезированных сорбентов вносила фракция с диаметром частиц > 630 мкм. Было показано, что при введении 4 мол% борной кислоты в полимеризационную смесь процент фракции диапазона 160-315 мкм значительно увеличился по сравнению как с Se-ГЭМА-ДМЭГ, так и с афф-Se-ГЭМА-ДМЭГ-6 и с афф-Se-ГЭМА-ДМЭГ-8.

Таким образом, разработан метод синтеза гранульных органо-неорганических Se-содержащих сорбентов. Показано, что введение 8 мол% борной кислоты приводило к значительному увеличению выхода синтезированного сорбента. Установлено участие борной кислоты в качестве дополнительного сшивающего агента с образованием боратного комплекса с гидроксильными группами ГЭМА в полимерной матрице. Показано, что при введении 4 мол% борной кислоты в полимеризационную смесь процент фракции диапазона 160-315 мкм, необходимой для обеспечения хорошей протеканности препаративных гемосорбционных колонок при низком давлении, значительно увеличился.

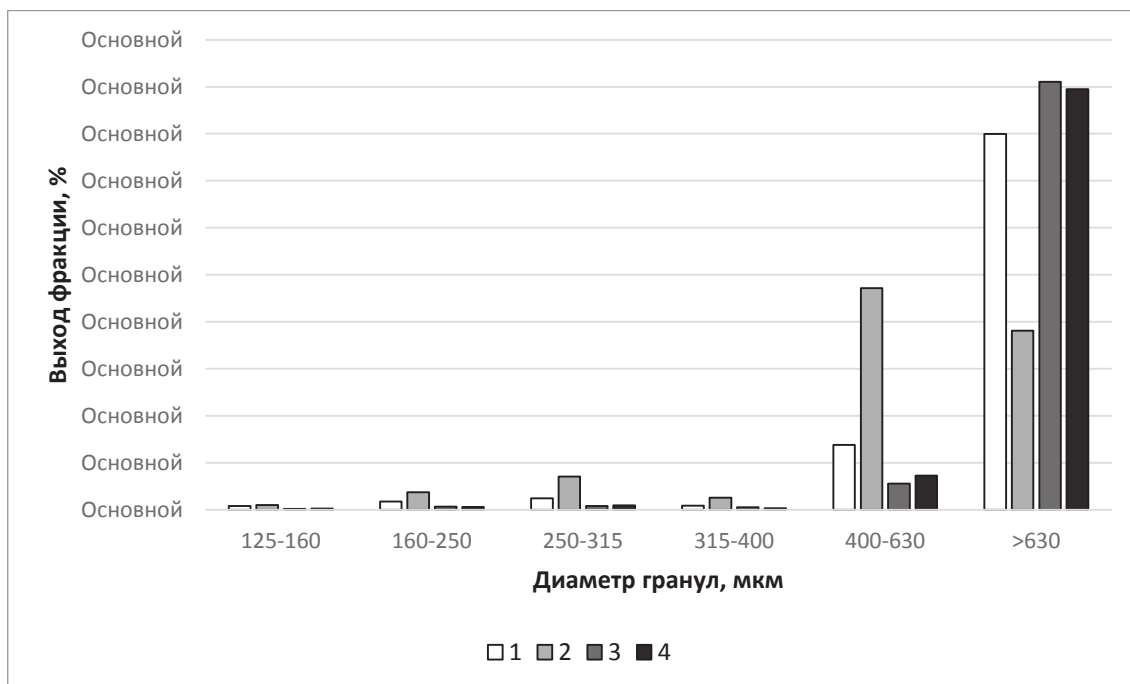


Рис. 1. Выход фракций гранульных сорбентов (1 - Se-ГЭМА-ДМЭГ; 2 - афф-Se-ГЭМА-ДМЭГ-4; 3 - афф-Se-ГЭМА-ДМЭГ-6; 4 - афф-Se-ГЭМА-ДМЭГ-8)

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Вёрткин, А.Л. Сахарный диабет. Руководство для практических врачей / А.Л. Вёрткин. М.: Эксмо, 2015.
- 2 Петрова, С.Е. Эффективность препаратов селена в терапии сахарного диабета 1 типа / С.Е. Петрова. Иркутск: Сиб. мед. журн., 2005.
- 3 Грандберг, И.И. Органическая химия: Учеб. для студ. вузов, обучающихся / И.И. Грандберг. М.: Дрофа, 2001.
- 4 Шарков, В.И. Химия гемицеллюлоз / В.И. Шарков, Н.И. Куйбина. М.: Лесная пром-сть, 1972.