

содержанием добавок способствуют снижению горючести, что подтвердили испытания горючести.

Таким образом, проведенные спектроскопические, термографические и квантово-химические исследования позволили установить, что повышение термостойкости и снижение горючести газонаполненного алкил-резорцинового полимера, синтезированного в присутствии целевых добавок, обусловлено химическим взаимодействием гидроксильных групп полимера с борной кислотой, сопровождающимся формированием бороксиновых фрагментов.

References

1. М. А. Ксенофонтов, Л. Е. Островская, А. С. Хатенко, Л. И. Винокурова. Пат. РФ 1722022.
2. М. А. Ксенофонтов, Л. Е. Островская, А. С. Хатенко [и др.]. Пат. РФ 1741401.
3. A. P. Côté [et al.]. *Science* (2005) 310 : 1166.
4. A. L. Korich, P. M. Iovine. *Dalton Trans.* (2010) 39 : 1423.

Сорбция цис-диамминдихлороплатины(II) катионообменными полисахаридами

¹П. М. Бычковский, ¹Д. А. Адамчик, ¹Е. Г. Дрепаков,
²Т. Л. Юркштович, ²С. О. Соломевич, ²Н. В. Голуб, ²Н. К. Юркштович,
²Р. И. Костерова, ²В. А. Алиновская

¹Учебно-научно-производственное республиканское унитарное
предприятие «Унитехпром БГУ», Минск, Беларусь, *e-mail*:
bychkovsky@tut.by

²НИИ физико-химических проблем Белорусского государственного
университета, Минск, Беларусь

Эффективность химиотерапевтических средств во многом определяется селективностью их действия, т.е. направленной доставкой к органам и клеткам-мишеням без воздействия на здоровые ткани организма. Для создания систем адресной доставки цис-диамминдихлороплатины(II) (цисплатин), снижения токсических проявлений препарата актуально включение цитостатика в состав макромолекул модифицированных полисахаридов. В работе представлены сравнительные данные по равновесной сорбции цисплатина катионообменными полисахаридами, содержащими карбоксильные и фосфатные группы, и результаты изучения противоопухолевой активности полученных продуктов в условиях *in vitro*. В качестве сорбентов были использованы окисленные в системе оксид азота(IV) – трихлорметан

пленки бактериальной целлюлозы с содержанием карбоксильных групп 1,3–5,2 ммоль/г (ОБЦ) и этерифицированный в системе ортофосфорная кислота – мочевиная гелеобразующий фосфат крахмала (ФК) с содержанием фосфатных групп 2,0–3,4 ммоль/г [1, 2]. Исследование сорбционного процесса цисплатина катионообменными полисахаридами осуществлялось в статическом режиме в диапазоне исходных концентраций цитостатика в растворе $1 \cdot 10^{-4}$ – $8 \cdot 10^{-3}$ моль/л при модуле ванны 1 : 250 и температуре 20 ± 2 °С. Установлена более высокая скорость достижения сорбционного равновесия цисплатина микрогелями ФК (0,5–1,0 ч) по сравнению с ОБЦ (24 ч), определены значения максимальной сорбции, составляющие 0,53 и 0,64 ммоль/г, соответственно, что не превышает 20 % от количества функциональных групп в фазе исследованных сорбентов.

Изотерма сорбции цисплатина ОБЦ хорошо описывается уравнением Лэнгмюра. Количество сорбированного цисплатина микрогелями ФК зависит от степени набухания, что свидетельствует о преимущественном вкладе распределительного процесса. Рассчитаны коэффициенты распределения цисплатина между фазами катионита и внешнего раствора. Установлено, что наиболее высокую избирательность к цисплатину проявляет катионит с карбоксильными группами. Присутствие фосфорсодержащих групп в составе крахмала приводит к снижению коэффициентов распределения более чем в 10 раз. На основании данных ИК-спектроскопии, а также результатов потенциометрического титрования катионитов в отсутствие и присутствии цисплатина сделано предположение, что процесс сорбции цисплатина на ОБЦ включает следующие стадии: диффузия нейтрального комплекса цисплатина в фазу окисленной целлюлозы, гетерогенный гидролиз сорбированного комплекса с образованием аквакатиона цис-диаммин-аквахлорплатины(II)⁺, связь цис-диаммин-аквахлорплатины(II)⁺ с карбоксильными группами по ионообменному механизму; частичное замещение молекулы воды в координационной сфере платины на карбоксил-ионы. Таким образом, сорбция цисплатина на ОБЦ имеет предположительно ионно-координационный характер. Показано, что скорость высвобождения цисплатина из ионообменных полисахаридов определяется, главным образом, прочностью связи сорбент–сорбат. Установлено, что полное высвобождение цитостатика из фазы ОБЦ в 0,1 моль/л раствор соляной кислоты достигается при температуре 40–50 °С и воздействии ультразвука. Этот факт свидетельствует о том, что кинетику высвобождения цитостатика из фазы ОБЦ в биологические среды будет определять скорость биодеградации полимерной матрицы, которую можно регулировать содержанием карбоксильных групп. В отличие от ОБЦ высвобождение комплекса платины из фазы ФК происходит в гораздо

более мягких условиях. Процесс высвобождения продуктов взаимодействия цисплатина с ФК в фосфатный буферный раствор, имитирующем биологические среды, состоит из нескольких стадий: первая фаза процесса продолжается до 20 мин. и заключается в быстрой десорбции цисплатина с поверхности ФК (20 %). В течение следующего периода (20 мин – 24 ч) высвобождение цитостатика переходит во вторую стадию, характеризующуюся практически постоянной скоростью. За этот период высвобождается еще около 40 % комплекса платины. На завершающем этапе скорость релиза вновь падает и зависит от скорости биодеградации полимера.

Разработаны методики синтеза пролонгированных форм цисплатина на основе ОБЦ и ФК. Исследование противоопухолевой активности цисплатина, иммобилизованного на ОБЦ и ФК, проведено на монослойной культуре опухолевых клеток *HeLa* (эпителиоидная карцинома шейки матки человека, клон «М» *HeLa*) в ГУ «РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова» (Минск, Беларусь). Установлено, что при включении цисплатина в состав ионообменных полисахаридов противоопухолевая активность цитостатика сохраняется.

Список литературы

1. Т. Л. Юркштович, П. М. Бычковский, Д. А. Адамчик. Межд. научн. конф. «Россия – Беларусь – Сколково: единое инновационное пространство». Минск. (2012) : 177.
2. Т. Л. Юркштович [и др.]. Сб. ст. Свиридовские чтения: (2017) 13 : 336.

Каталитическая активность палладий-полимерного нанокompозита в синтезе 1,1'-бифенила

А. В. Зураев, Ю. В. Григорьев, О. А. Ивашкевич

НИИ физико-химических проблем Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь, *e-mail: zuraev@bsu.by*

1,1'-Бифенил и его производные являются важными соединениями, представляющими собой перспективные базисные структуры с широким спектром применения: в качестве диэлектрических жидкостей, агентов теплопереноса, пестицидов и фармакологически-активных соединений. Однако их широкое применение часто сдерживается ввиду их высокой токсичности и сложности методов их получения [1]. Как правило, для получения 1,1'-бифенилов используют реакции образования углерод-углеродной связи, катализируемые различными нерециклируемыми комплексными соединениями на основе солей палладия. Наиболее