снижаются. Увеличение содержания олова до 20000 ppm сильно снижает скорость реакции и конечное давление, что может говорить об ингибировании контактной массы в присутствии большого количества Sn, что отмечается для работ по хлорному синтезу [4]. Дополнительные опыты с другими источниками олова, взятым в эквивалентных (по содержанию Sn) количествах подтвердили, что эффект активации связан именно с действием олова в его активных формах, а не хлора в составе $SnCl_2$.

Ряд дополнительных экспериментов и исследования контактных масс методами РФА, РФЭС и СЭМ и позволили установить, что механизм действия добавки олова заключается в ускорении стадии восстановления Cu^{2+} в CuO до каталитически активной Cu^0.

Также следует отметить аномально высокую толерантность механохимического реактора высокого давления к большим загрузкам олова и других добавок, что не характерно для других способов проведения реакции. Это обстоятельство делает механохимический подход удобным для глубокого изучения особенностей протекания реакции в присутствии различных промоторов.

Таким образом, использование оксида меди (II) с добавкой олова позволяет достигать скоростей реакции, сопоставимых со скоростью процесса с CuCl, который является одним из самых активных катализаторов данного процесса.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 18-73-10153.

Литература

1. *Temnikov M. N.* [et al.] Direct synthesis of alkoxysilanes: current state, challenges and prospects // Russ. Chem. Rev. 2023. V. 92(7): RCR5081.
2. *Temnikov M., Zhemchugov P. [et al.]* Mechanochemistry — a new powerful green approach to direct synthesis of alkoxysilanes // Green Chem. 2018. V. 20(9). P. 1962–1969.
3. *Krizhanovskiy, I.N. Temnikov M.N. [et al.]* Direct synthesis of tetraalkoxysilanes in a high-pressure mechanochemical reactor // React. Chem. Eng., 2022. V. 7(3). P. 769–780.
4. *Pakuła D., Marciniec B., Przekop R.* direct synthesis of silicon compounds—from the beginning to green chemistry revolution // AppliedChem, 2023. V. 3(1). P. 89–109.

УДК 544.72

Использование олигосахаридов в качестве узнающих элементов биосенсоров на основе ОПТЭЗ

П. Н. Караман, Е. Ю. Пойманова, В. Б. Крылов, Е. В. Агина

Институт синтетических полимерных материалов Н. С. Ениколопова РАН

В мире постоянно возрастает спрос на новые биологические и химические сенсоры, так как такие устройства позволяют проводить идентификацию биологических объектов и химических соединений. Органические электролитические транзисторы (ОЭТ) являются перспективной платформой для сверхчувствительного, быстрого и надежного обнаружения биологических молекул для недорогих биоэлектронных датчиков в местах оказания медицинской помощи [1]. Преимущество по сравнению с другими технологиями обнаружения, такими как электрохимические или оптические, заключается в способности давать ответ без меток с использованием простой электронной схемы считывания, которую можно легко миниатюризировать и удешевить, также используя, например, технологии печатных схем и гибкие материалы подложек [2]. С помощью биосенсоров на основе ОЭТ можно детектировать очень низкие концентрации аналитов, что в медицине позволяет определять биомаркеры заболеваний на ранних стадиях. Одним из таких заболеваний является аспергиллез — грибковое заболевание человека, животных и птиц, вызываемое аспергиллами — плесневыми грибами рода Aspergillus, выявление которого на ранних стадиях особенно критично для групп риска и для исключения рецидивов заболевания. На данный момент стандартом для определения плесневых грибов является тестом на основе лизата амебоцитов Limulus (LAL), недостатком которого является большое количество ложноположительных результатов.

Данная работа направлена на изучение отклика биорецепторного слоя в ОЭТ-биосенсоре на биотинилированные олигосахариды, родственные галактоманнану или β-(1→3)-D-глюкану, входящие в состав клеточной стенки гриба Aspergillus, с помощью моноклональных антител 7B8 или 5H5 в качестве платформы для экспресс-тестирования грибкового заболевания человека аспергиллеза [3]. Исследовано распределение мест связывания аналитов на поверхности ОЭТ-биосенсора на основе малых молекул, подтверждающие создание крупномасштабного биораспознающего слоя, реализующегося за счет

биотинстрептавидинового взаимодействия. Продемонстрирован специфический отклик ОЭТбиосенсора на полисахариды бета-глюкан и галактоманнан посредством моноклональных антител (5H5, 7B8). Показана селективность устройства. Обнаруженные с помощью биосенсора количества полисахаридов сопоставимы с результатами, получаемыми иммуноферментным анализом на основе антител, и конкурировать с тестом LAL.

Работа выполнена при поддержке проекта Госзадания № FFSM-2022-0001

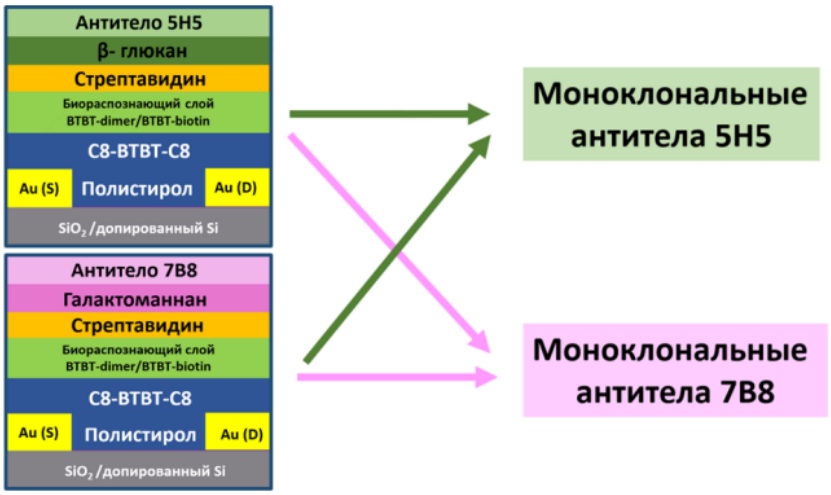

Рис. 1. Схема специфических и неспецифических связываний олигосахаридов с моноклональными антителами

Литература

1. *Shaposhnik P. A.* [et al.]. Modern bio and chemical sensors and neuromorphic devices based on organic semiconductors // Russian Chemical Reviews. 2020. V. 89. P. 1483–1506.
2. *Пойманова Е. Ю., Шапошник П. А., Караман П. Н.* Органические электролитические транзисторы на основе 2,6-диоктилтетратиеноацена как удобная платформа для создания жидкостных биосенсоров // Известия академии наук. Серия химическая. 2022. С. 2116-2122.
3. *Poimanova E. Yu.* [et al.]. Biorecognition Layer Based On Biotin-Containing [1]Benzothieno[3,2-b][1]benzothiophene Derivative for Biosensing by Electrolyte-Gated Organic Field-Effect Transistors // ACS Applied Materials & Interfaces. 2022. V. 14. P. 16462–16476.