

Сведения о выполненных работах и  
полученных научных результатах в 2022 году

по проекту «**Исследование и разработка оптического полиметилметакрилатного сенсора для колориметрического определения глюкозы**»,  
поддержанному Российским научным фондом

Соглашение № 22-23-00590

Руководитель: Гавриленко Наталия Айратовна, канд. хим. наук

Для изучения закономерностей формирования наночастиц серебра в объеме полиметакрилатной матрицы использовано термическое восстановление, химические реакции окисления-восстановления и УФ-облучение. На основании проведенных исследований определены оптимальные условия иммобилизации наночастиц серебра без потери способности давать реакцию с перекисными соединениями, сопровождающуюся оптическим эффектом. Получение наночастиц в ПММ проводили путем иммобилизации  $Ag^+$  из водного раствора  $AgNO_3$  за счет координации ионов серебра сложноэфирными группами, приводящими к образованию структур  $ROC = O \cdots Ag^+ \cdots O = COR$ , с последующим их восстановлением в ПММ. Восстановление наночастиц серебра в ПММ осуществляли тремя способами: химическим, термическим и фотовосстановлением. После восстановления в течение 1 минуты присутствует широкая полоса поглощения в области от 340 до 450 нм со слаборазрешенными максимумами, что свидетельствует о наличии дисперсий, содержащих агрегаты или несферические наночастицы серебра. При дальнейшем экспонировании интенсивность этой полосы падает и через 7 минут наблюдается появление широкой полосы поглощения с максимумом при  $\lambda = 430-460$  нм. Установлено, что для аналитического применения подходят наночастицы серебра, полученные термическим восстановлением. Изучены спектры поглощения ПММ- $Ag_0$  в зависимости от срока хранения которые показали незначительные изменения в связи с устойчивостью аналитической системы ПММ- $Ag_0$  во времени.

Для оценки активности НЧ  $Ag$  в ПММ, сравнивали величины  $\Delta A_{425}/A_0$  при определении глюкозы с добавлением и без добавления пероксидазы (ПОД). Значение  $\Delta A/A_0$ , полученное с использованием ПОД очень близко к значению, полученному без ее использования, поскольку наночастицы серебра в способны проявлять пероксидазоподобную активность. Вследствии определение глюкозы с помощью аналитической системы ПММ- $Ag_0$  можно проводить без использования фермента, что упрощает методику анализа и позволяет снизить его стоимость.

Для определения влияния глюкозооксидазы на процесс выделения перекиси водорода и окисление наночастиц серебра проведены модельные эксперименты. Показано, что минимальные пределы обнаружения и определения получены при использовании ПММ- $Ag_0$  с  $A_0 = 1,0 \div 1,1$  и ПММ- $Ag_0$  сохраняют свои свойства при взаимодействии с пероксидом водорода в течение длительного времени. Линейный диапазон определяемых содержаний составляет от 0,1 - 0,8 ммоль/л, значение предела

обнаружения ниже, чем значение концентрации глюкозы в образце мочи, который является положительным для диабета (2,8–5,6 ммоль/л). Таким образом, разработанная колориметрическая система ПММ-Ag0 обладает большим потенциалом для применения в тестировании на глюкозу. Кроме того, ПММ-Ag0 не только обладает каталитической эффективностью в качестве миметиков пероксидазы, но и является недорогим и стабильным материалом по сравнению с природными ферментами.

Разработанный метод сравнен с модельной системой CUPRAC (Cu (II) – неocupроин – ПММ) в варианте определения суммарной антиоксидантной активности соков. Интервал результатов меняются в пределах случайных погрешностей, при переходе к разным веществам-стандартам. Оба метода обработки и получения аналитического сигнала дают близкие значения концентрации глюкозы. Предложенную аналитическую систему ПММ-Ag0 рекомендовано использовать для оценки содержания глюкозы в соках. Оценка применимости сенсорной системы ПММ-Ag0 для определения глюкозы в образцах сыворотки крови проведена в соответствии с разработанной методикой. Показано, что сенсор ПММ-Ag0 может быть использован для обнаружения глюкозы в образцах человеческой сыворотки, причем аналитический сигнал можно получать как методом твердофазной спектрофотометрии, так и методом колориметрии цифрового изображения.

Обработка цифрового изображения позволяет использовать аналитическую систему ПММ-Ag0 как объект сканирования и выделения колориметрического сигнала с помощью камеры смартфона. При интерпретации колориметрических данных в роли аналитического параметра использовали как цветовые координаты (R, G, B), так и величины, вычисляемые на основе этих координат. Для оценки изменения аналитического сигнала с помощью смартфона получены цифровые сканированные изображения ПММ-Ag0 после контакта с растворами глюкозы ( $C = 0,1-0,8$  ммоль/л). Оптимальными колориметрическими параметрами для определения глюкозы являются величина эффективного поглощения по синему цветовому каналу (AB) и цветовое отношение (CR). В качестве аналитического сигнала можно использовать величину цветового различия, эффективное поглощение по blue каналу, оптический коэффициент потемнения и цветовое отношение. Предлагаемый колориметрический сенсор апробирован для определения глюкозы в различных образцах соковой продукции. Относительное среднеквадратичное отклонение не превысило 15 %. Пределы обнаружения, полученные путем колориметрии цифрового изображения сопоставимы с пределом обнаружения метода твердофазной спектрофотометрии. Таким образом, подтверждены возможности использования смартфона для обработки и получения аналитической информации при определении глюкозы с использованием наночастиц серебра в полиметакрилатной матрице.