

значительных изменений в вид полученных зависимостей в сравнении с аналогичными без учета комплексообразования.

На основании этого был осуществлен синтез карбоната кальция при варьировании условий: при варьировании концентраций лецитина в различных используемых растворителях (вода, консервированная медицинская желчь и водный раствор сухой желчи) [5].

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 075-03-2023-«Фундаментальная теория кристаллизации ОМА и физико-химических методов исследования патогенного минералообразования в организме человека с целью профилактики, блокирования патогенов и создания биомиметических систем доставки лекарств»).

Литература

1. Д. Г. Тихонов. Патогенез желчнокаменной болезни // Якутский медицинский журнал. 2015. С. 91-96.

2. О. А. Голованова. Желчные камни: монография. – Омск: Издат. Дом «Наука», 2012. – 126 с.

3. В.Д. Франке, А.Э. Гликин, Е.Н. Котельникова, Ю.В. Плоткина, А.И. Шугаев, А.В. Козлов. Кристаллогенезис желчных камней // СпБГУ, МАПО. СПб, 2008. С. 323-325.

4. G.E. Njeze. Gallstones // Nigerian journal of surgery. 2013. Vol. 19, No. 2. P. 49-55.

5. О. А. Голованова, С. С. Леончук. Синтез карбоната кальция в присутствии желчи, альбумина и аминокислот // Журнал неорганической химии. 2020. Т. 65. № 4. С. 1-9.

СПЕКТРОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ИММУНОАНАЛИЗ НА ОСНОВЕ ПЕРОКСИДАЗНОГО СЕРЕБРЯНОГО КОНЬЮГАТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИММУНОГЛОБУЛИНОВ ЧЕЛОВЕКА ПРОТИВ КЛЕЩЕВОГО БОРЕЛЛИОЗА

Дорожко Е.В., Михневич Е.И., Кукурина О.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Болезнь Лайма, или боррелиоз, является распространенным инфекционным заболеванием, вызываемым бактериями рода *Borrelia*. Основными переносчиками боррелий являются клещи рода *Ixodes*, которые при укусе и кровососании клещами передают бактерии и вызывают заболевание у млекопитающих, включая человека. Самым ранним проявлением болезни Лайма является появление типичной сыпи в форме яблока и головной боли [1]. Своевременное выявление специфических иммуноглобулинов класса G к возбудителям иксодовых клещевых боррелиозов для успешной диагностики заболевания проводят в основном методами ИФА [1].

В нашей работе мы улучшили качество коммерческого пероксидазного конъюгата (*Ab-HRP*), используемого в ИФА, путем введения в его состав наночастиц серебра (НЧ Ag) методом пассивной адсорбции [2]. Недавно мы внедрили электрохимический иммуносенсорный подход для определения антител к вирусу клещевого энцефалита (ВКЭ) [2-3]. Этот анализ основан на измерении электрохимического сигнала от НЧ Ag биоконъюгатов с антителами к ВКЭ. В этой работе мы решили не заменять ферментную метку конъюгата на коллоидный металл, а ввести НЧ Ag в состав коммерческого пероксидазного конъюгата (*Ab-HRP*) с получением нового конъюгата *Ab-HRP@AgНЧ*. Методика синтеза конъюгата *Ab-HRP@AgНЧ* оказалась нетрудоемкой и экспрессной. Использование конъюгата *Ab-HRP@АНЧ* позволило нам впервые зарегистрировать сразу два аналитических сигнала от конъюгата – вольтамперометрический от НЧ Ag и оптический от окисленной формы хромогена ,3',5,5'-тетраметилбензидин (ТМБ Ох) при каталитической работе пероксидазы хрена (HRP) в иммуноанализе IgG к возбудителям иксодовых клещевых боррелиозов (болезнь Лайма) в сыворотке крови человека. В качестве платформы для иммобилизации определяемых IgG использовали коммерческий доступный 96-луночный микротитровальный планшет с рекомбинантными антигенами к клещевому боррелиозу (ИФА «ЛаймБест-IgG, Вектор-Бест, Новосибирск).

Использование конъюгата *Ab-HRP@AgНЧ* расширяет аналитические возможности постановки ИФА IgG к возбудителям иксодовых клещевых боррелиозов (болезнь Лайма) в отношении используемой приборной базы. В период эпидемического подъема заболеваемости и нагрузки на планшетные спектрофотометры можно использовать недорогие электрохимические анализаторы. Кроме того, введение НЧ Ag в состав пероксидазного конъюгата *Ab-HRP* открывает возможность увеличения срока использования конъюгата *Ab-HRP@AgНЧ* в будущих тест-системах. Введенное серебро не меняет электрохимическую активность со временем хранения и может использоваться в качестве маркерной электрохимической метки конъюгата в методе вольтамперометрии в случае инактивации фермента HRP конъюгата *Ab-HRP@AgНЧ*.

Значение каталитической активности *Ab-HRP@AgНЧ* ниже, чем у *Ab-HRP*. Такой результат вполне ожидаемый, так как НЧ Ag могут закрывать активные центры ферментной метки и мешать взаимодействию субстрат-фермент. Однако падение значения каталитической активности не критическое, HRP сохраняет достаточный уровень активности.

Для апробации конъюгата *Ab-HRP@AgНЧ* анализ IgG человека к возбудителям иксодовых клещевых боррелиозов проводили в соответствии с твердофазным непрямым неконкурентным типом анализа с использованием коммерческого набора реагентов D-1452 АО «Вектор-Бест» (г. Новосибирск, Кольцово) согласно схеме (рис. 1). Набор содержит планшет с иммобилизованными рекомбинантными антигенами *Borrelia burgdorferis*,

положительные контрольные образцы (K^+), содержащие специфические IgG человека против клещевого боррелиоза и отрицательные контрольные образцы (K^-), содержащие не специфические IgG человека. Коммерческий конъюгат *Ab-HRP*, входящий в состав набора использовался для синтеза конъюгата *Ab-HRP@AgHЧ*.

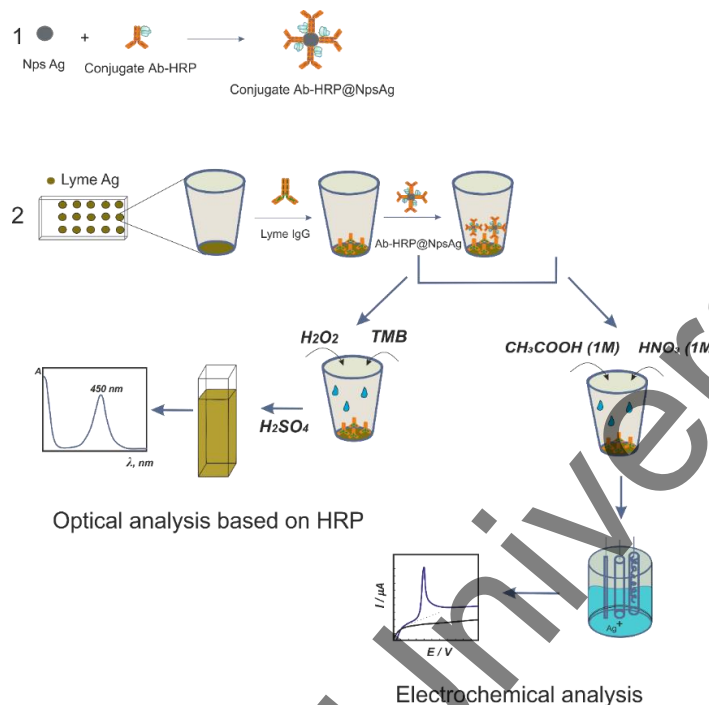


Рис. 1 Схематическая иллюстрация иммуноанализа IgG к возбудителям иксодовых клещевых боррелиозов (болезнь Лайма) спектрофотометрическим и вольтамперометрическим методами.

Результаты определения IgG к клещевому боррелиозу в образцах сыворотки крови человека с использованием конъюгата *Ab-HRP@AgHЧ* представлены в табл. 1

Табл. 2 Сравнительные результаты спектрофотометрического и вольтамперометрического определения IgG к клещевому боррелиозу в образцах сыворотки крови человека с использованием конъюгата *Ab-HRP@AgHЧ*

Метод	K^+ , интенсивность сигнала	K^- , интенсивность сигнала	Критические значения
Спектрофотометрический	2.8 ± 0.25 (a.u.)	0.1 ± 0.01 (a.u.)	$OP_{\text{крит}} = *OP_{\text{cp}}(K^-) + 0,2$
Вольтамперометрический	0.350 ± 0.034 (мкА)	0.050 ± 0.005 (мкА)	$I_{\text{крит}} = **I_{\text{cp}}(K^-) + 0.04$

* $OP_{\text{крит}}(K^-)$ – среднее значение оптической плотности для отрицательных контрольных (K^-) образцов в сыворотки крови человека;
 ** $I_{\text{cp}}(K^-)$ – среднее значение тока окисления серебра для отрицательных контрольных (K^-) образцов в сыворотки крови человека.

Из табл. 1 видно, что исследуемая сыворотка крови человека расценивается как положительная, если значение оптической плотности в соответствующей лунке равно или превышает $OP_{\text{крит}}$ или интенсивность тока окисления серебра равна или превышает $I_{\text{крит}}$. Если значения оптической плотности и интенсивности тока окисления в соответствующей лунке меньше $OP_{\text{крит}}$ и $I_{\text{крит}}$, то сыворотка крови человека расценивается как отрицательная. Таким образом, конъюгат *Ab-HRP@AgNPs* хорошо себя зарекомендовал для определения IgG к клещевому боррелиозу в сыворотке крови человека. Полученные результаты ясно показали возможность одновременной регистрации как оптической плотности ТМБ (Ох), так и тока окисления серебра конъюгата *Ab-HRP@AgNPs*.

Литература

1. Burgdorfer, W.; Barbour, A.G.; Hayes, S.F.; Benach, J.L.; Grunwaldt, E.; Davis, J.P. Lyme disease—a tick-borne spirochetosis? *Science* 1982, 216, 1317–1319.
2. YekaterinaKhristunova, ElenaKorotkova, BohumilKratochvil, JiriBarek, ElenaDorozhko. Preparation and Investigation of Silver Nanoparticle–Antibody Bioconjugates for Electrochemical Immunoassay of Tick-Borne Encephalitis//*Sensors* (Basel). 2019 May 7;19(9):2103.
3. Ekaterina Khristunova, Jiri Barek, Bohumil Kratochvil, Elena Korotkova, Elena Dorozhko, Vlastimil Vyskocil Electrochemical immunoassay for the detection of antibodies to tick-borne encephalitis virus by using various types of bioconjugates based on silver nanoparticles //*Bioelectrochemistry* 135 (2020) 107576.

АУЫР КӨМІРСУТЕКТІ ҚАЛДЫҚТАРЫНАН МҰНАЙЛЫ КОКС АЛУ

Елжас Н.Б., Аубакиров Е.А.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті

E-mail: Kingofhimselfworld@gmail.com

Бүгінгі таңда әлемде ауыр мұнай қалдықтарын кокстеу қуаттылығы жылына 262,7 млн т-ны құрайды. Мұнайды өңдеу арқылы жоғары октанды және дизелді отындар алу басты мақсат болып тұр. Экономикасы дамыған елдерде ауыр мұнай қалдықтарынан газойльді өнімдер алуды экономикалық тиімді және әмбебап баяу кокстеу процесі арқылы жүзеге асырады. Баяу кокстеу процесі арқылы мұнайлы кокстың түзілуімен қатар сұйық және газтәріздес өнімдерде алынады. Баяу кокстеу арқылы алынған кокстың сапасы келесі көрсеткіштерменшайыр, асфальт, күкірт, коксты (10-20%) және механикалық қоспалардың құрамымен анықталады [1].