

2. Прищепов, М.А. Основы термозависимого резистивного электронагрева в технологических процессах сельско-хозяйственного производства / М. А. Прищепов. – Минск : БАТУ, 1999. – 295 с.

3. Прищепов, М.А. Усовершенствованные электродные электронагреватели текучих термолабильных сред с секционированными и зонированными электродными системами / М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский. – Минск : БАТУ, 2025. – 224 с.

4. Прищепов, М.А. Повышение качества обработки термолабильных сред в электродных электронагревательных установках / М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский // Перспективы и направления развития энергетики АПК : матер. Междунар. науч.-техн. конф. / БАТУ. – Минск, 2006. – С. 69–71.

УДК 537.868.3

**Крылова Н.Г., к.ф.-м.н., доцент, Крутов А.В., к.т.н., доцент,
Ковалев В.А., к.т.н., доцент, Дворник Г.М., к.п.н., доцент**
*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск*

КОНСТРУКТИВНЫЕ И МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ СЕНСОРАМ ДЛЯ МОНИТОРИНГА УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ МОЛОКА

Объемы производства молока в Республике Беларусь составляют свыше 9 млн. тонн в год, что предъявляет высокие требования к контролю его качества. Качество молокопродукции напрямую зависит от здоровья животных. Наиболее негативное влияние оказывают различные болезни коров, которые приводят к снижению молочной продуктивности, изменению состава и свойств молока, что в конечном итоге снижает его конкурентоспособность. При заболевании маститом в молоке увеличивается количество соматических клеток, рН, концентрация белков, в том числе альбумина. Одновременно снижается содержание жира, лактозы и казеина. Важным диагностическим признаком является увеличение удельной электропроводности в маститном молоке до 1,3 См/м при норме 0,46 См/м, что обусловлено изменением ионного состава, в первую очередь, увеличением концентрации ионов хлора и натрия [1]. Такое молоко непригодно для переработки и употребления.

Ранняя диагностика заболеваний позволяет не только предотвратить их дальнейшее развитие, но и обеспечить получение высококачественного сырья. В связи с этим, в молочном производстве крайне востребован оперативный мониторинг качества молока, важнейшей составляющей которого является экспресс-анализ нарушений функции вымени.

Развитие и внедрение методов оценки качества молока, основанных на детектировании как native-компонентов (лактоза, казеин), так и чужеродных химических и биохимических соединений (антибиотики, токсины), связано с совершенствованием конструкций биосенсоров. Электрохимические биосенсоры способны отслеживать изменения диэлектрических свойств биосистемы, окислительно-восстановительного потенциала, осуществлять непрерывный мониторинг клеточного метаболизма и реагировать на появление токсичных включений.

Ключевыми преимуществами этих методов являются высокая скорость анализа и возможность проведения анализа непосредственно на ферме путем интеграции в системы автоматизированного доения. Для этого биосенсоры и преобразователи сигналов должны быть миниатюрными, надежными и дешевыми в производстве. Решению этих задач способствует применение наноматериалов и аддитивных технологий, таких как 3D-печать, для изготовления биосенсорных устройств [2].

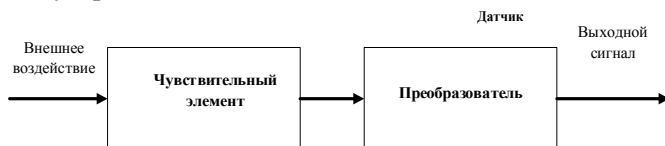


Рисунок. Схема биосенсорного устройства

Типичный биосенсор содержит две основные составляющие: биорецептор и преобразователь (см. рисунок).

Биорецептор отвечает за селективное распознавание целевого аналита (субстрата). Он должен характеризоваться высокой специфичностью, доступностью и безопасностью использования. В качестве рецепторов могут использоваться:

естественные рецепторы: ферменты, антитела, нуклеиновые кислоты. Они отличаются высокой специфичностью, но зачастую дороги и чувствительны к условиям внешней среды.

искусственные рецепторы: пептидные нуклеиновые кислоты, липосомы, полимеры с молекулярными отпечатками, аптамеры, искусственные ферменты, наноструктуры [3]. Именно искусственные рецепторы находят все более широкое практическое применение благодаря их стабильности и невысокой стоимости.

Преобразователь (трансмисмиттер) преобразует акт биохимического узнавания в измерительный электрический сигнал. Для задач мониторинга электропроводности молока наиболее релевантными являются электрохимические преобразователи. Применение наноматериалов (углеродные нанотрубки, графен, металлические наночастицы) позволяет значительно усилить сигнал и улучшить характеристики преобразователя, выступая в качестве его ключевого компонента [3].

При разработке биосенсора для мониторинга молока необходимо обеспечить детектирование аналитического сигнала, отвечающее строгим метрологическим требованиям [3]:

1. Чувствительность и точность: Сенсор должен надежно детектировать изменения удельной электропроводности в диагностически значимом диапазоне (0,15 – 1,4 См/м) с высокой точностью.

2. Воспроизводимость: Результаты измерений должны быть стабильными и повторяемыми от одного измерения к другому. Они являются положительными, если наибольшее из двух полученных значений абсолютной погрешности не превышает $\pm 0,2\%$.

3. Селективность: Сенсор должен реагировать именно на изменения, связанные с маститом (рост концентрации ионов Cl^- и Na^+), и минимизировать влияние других компонентов молока (жир, белки).

4. Стабильность: Характеристики сенсора должны оставаться неизменными в течение заявленного времени и в условиях переменных факторов внешней среды (температура, pH).

5. Время жизни биосенсора: Параметр критически важен для коммерциализации. Сенсор должен сохранять свою работоспособность в течение длительного времени.

Список используемой литературы

1. Lopes, A.M. Milk characterization using electrical impedance spectroscopy and fractional models / A.M. Lopes, J. A. Machado, E. Ramalhova // Food Anal. Methods – 2018. – Vol. 11. – P. 901–912.

2. Remaggi, G., Zaccarelli, A., Elviri, L. 3D Printing Technologies in Biosensors Production: Recent Developments // Chemosensors. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2022. Vol. 10, No. 2. P. 65.

3. Евтюгин, Г. А. Электрохимические (био)сенсоры на основе супрамолекулярных структур : монография / Г. А. Евтюгин, И. И. Стойков – Казань : Казан. ГМУ, 2016. – 296 с.

УДК 628.1

**Гаркуша¹ К.Э., к.т.н., доцент, Кравцов¹ А.М., к.т.н., доцент,
Пучко² Ю.В., главный энергетик**

*¹Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск*

²СПК «Агрокомбинат Снов», Минская обл., Несвижский р-н, аг. Снов

ОПЫТ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Водоснабжение производственного, животноводческого, растениеводческого и коммунального секторов АПК является важнейшей задачей, которая непосредственно влияет на эффективность сельского хозяйства и привлекательность жизни в сельской местности. О важности развития сельскохозяйственного водоснабжения свидетельствует тот факт, что в среднесрочном комплексном прогнозе научно-технического прогресса [1] эта проблема находится на первом месте в рейтинге приоритетности в разделе «Сельское хозяйство».

В сельскохозяйственном водоснабжении имеется две основные проблемы [2, 3], первая из которых - использование систем водоснабжения с высокой степенью морального и физического износа сооружений, оборудования и коммуникаций. Как правило, эти системы не могут обеспечить надежное водоснабжение потребителей и качество воды, соответствующее современным требованиям. Часто эти системы вообще не имеют оборудования для водоподготовки и контроля качества воды.

Вторая проблема - недостаток квалифицированных специалистов в области проектирования и эксплуатации систем водоснабжения в сельском хозяйстве. Эти системы представляют собой сложный комплекс сооружений, включающий такие элементы, как водозаборные сооружения, установки водоподготовки, насосные станции, резерву-