

## ПРОБЛЕМА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОЗАМИ И ЕЕ РЕШЕНИЕ

Скобельский Г.Ф., студент

*Научные руководители: Костюк Н.Н., Меженцев А.А.*

*Белорусский национальный технический университет*

*В работе представлен вариант решения проблемы заболеваемости сельскохозяйственных животных микроэлементозами. Предлагается организовать малотоннажное производство комплексонов биогенных металлов высокой степени чистоты, которые могут быть использованы в качестве кормовых добавок и ветеринарных препаратов.*

*Ключевые слова: микроэлементоз, хелат, комплексонат биогенного металла, синтез хелатов.*

В настоящее время в сельскохозяйственном секторе республики необходимо решить две противоречащие друг другу задачи. С одной стороны, поддерживать продовольственную безопасность государства и наращивать экспортный потенциал сельскохозяйственной продукции, а с другой – сохранить экологию землепользования. Ключ решения проблемы – коренная модернизация всех используемых в сельском хозяйстве технологий, повышение эффективности растениеводства и животноводства путем тесного взаимодействия аграриев с наукой [1,2].

Основой, определяющей высокий уровень эффективности растениеводства, который бы наиболее существенно нивелировал действия неблагоприятных погодных условий, является плодородие почв [3]. Химизация сельского хозяйства, проводимая путем использования минеральных, органических удобрений и известкования кислых почв, является основным путем повышения эффективного и потенциального плодородия почв Беларуси [4].

В республике зональные биогеохимические провинции пространственно совпадают с зональными типами почв. К зональным биогеохимическим явлениям относится недостаточность в почвах и растениях таких важных элементов, как кобальт, фтор, бром, йод, медь, цинк и др. [5,6].

Интенсификация сельского хозяйства усиливает потребность растений в микроэлементах. Наиболее важными являются медь, бор, цинк и молибден. Рост урожайности увеличивает вынос их из почвы, а увеличение производства концентрированных минеральных удобрений, не содержащих микроэлементы, не восполняет их запасы в почве [7]. В частности существует негативная тенденция снижения запасов подвижного фосфора в пахотных

почвах 80 районов республики в силу того, что дозы внесения фосфорных удобрений не компенсируют вынос этого элемента с урожаем [3].

Потребность сельскохозяйственных культур в микроэлементах удовлетворяется за счет поставок в республику микроудобрений в основном в виде неорганических солей меди, цинка, марганца, молибдена. Наряду с простыми микроудобрениями широкое применение получили органоминеральные и хелатные соединения микроэлементов [8]. На рынке удобрений Беларуси активно действуют фирмы-поставщики из Бельгии, Германии, Нидерландов, Норвегии, Польши, России, Украины, Франции, [9].

Недостаток микроэлементов в почве приводит к их недостатку в растениях. Поэтому, в связи с тем, что отечественное животноводство опирается на собственную кормовую базу на основе местного растительного сырья, велика вероятность недостатка микроэлементов в рационе животных. Это негативно сказывается на продуктивности отечественного животноводства в связи с их заболеваемостью микроэлементозами [10].

Для профилактики и лечения микроэлементозов высокоэффективные препараты на основе комплексонов биогенных металлов [11-14]. Для этого необходимы высокочистые соединения. В связи с этим, выходом из сложившейся ситуации для профилактики и лечения микроэлементозов животных является разработка технологии синтеза комплексонов биогенных металлов и ее масштабирование для получения кормовых добавок и ветеринарных препаратов.

В таблице представлены наиболее востребованные методы синтеза хелатов переходных металлов [15].

Как видно из представленных данных в таблице, при синтезе хелатов металлов используются шесть основных типов химических реакций. К ним относятся методы на основе обмена лигандов (№ 1 и 2, таблица), кислотно-основные превращения (№ 3-5, таблица) и электрохимический метод синтеза (№ 6, таблица).

Методы 1 и 2 основываются на обмене лигандов в растворе. Используются как водные растворы, так и органические растворители. Целевой продукт, получаемый в результате реализации методов синтеза на базе обменно-лигандных процессов, как правило, нуждается в дальнейшей очистке. Наиболее эффективна очистка методом сублимации, но она применима только для узкого круга летучих веществ. Очистка целевого продукта путем перекристаллизации требует тщательного контроля. В обоих случаях значительно снижается его выход.

Методы с 3 по 5 основываются на кислотно-основных реакциях. Их характерной особенностью, является выделение в качестве побочного продукта воды. В связи с этим, даже при использовании органических растворителей, остается опасность гидратации и гидролиза целевого продукта.

Поэтому при получении летучих хелатных соединений f-элементов методы 6-8 имеют ограниченную применимость. С химической точки зрения для d-элементов проблема не столь актуальна, так как гидратная вода может быть удалена из состава хелатов путем нагревания. Однако при получении вещества в больших количествах это приведет к повышенным энергозатратам.

Таблица методов синтеза хелатов переходных металлов.

Наименование метода синтеза	Стадии	Наиболее существенные характеристики метода синтеза
1. Обмен лигандов в водном растворе	1,2	Многokратная перекристаллизация без гарантии глубокой очистки целевого продукта, опасность его гидратации и гидролиза.
2. Обмен лигандов в неводном растворе	1,2	Трудности с подбором растворителя, необходимость соблюдения мер защиты более высокого уровня.
3. Взаимодействие лиганда с оксидом металла	1	Медленное протекание реакции, повышенные энерго- и трудозатраты, опасность гидратации и гидролиза целевого продукта.
4. Взаимодействие лиганда с гидроксидом (карбонатом) металла	2	Проблемы получения чистых гидроксидов металлов, повышенный расход воды, опасность гидратации и гидролиза целевого продукта.
5. Прямое взаимодействие металла и лиганда	1	Трудности подбора растворителя, слабая активность ряда металлов и недостаточная кислотность лигандов.
6. Электрохимический синтез	1	Необходимость дополнительного оборудования и расхода электроэнергии.

Методы 3 и 5 ограничены слабой химической активностью большинства переходных металлов и их оксидов, а также слабой кислотностью большинства хелатообразующих лигандов.

Для получения гидратированных хелатов d-элементов перспективно применения кислотно-основных реакций лиганда с гидроксидами и карбонатами металлов (№ 4) в водной среде. Необходимым условием чистоты

целевого продукта является индивидуальной для каждого металла схема синтеза, предусматривающая получение в качестве исходного (или промежуточного) вещества соответствующего чистого гидроксида или карбоната металла. Побочными продуктами данных реакций являются вода и двуокись углерода. Поэтому хелаты металлов высокой степени чистоты потенциально можно получать на основе данных кислотно-основных взаимодействий.

Электрохимический метод синтеза (№ 6, таблица) является по своей сути универсальным методом получения любых типов хелатов металлов с высокой степенью чистоты. Высокая эффективность метода обусловлена как отсутствием загрязняющих побочных веществ, так и чистотой используемого окислителя и восстановителя – электрического тока. Процесс электрохимического синтеза имеет ряд специфических черт – использование электрического тока в окислительно-восстановительных процессах получения хелатов металлов при совмещении в одновременном акте, как окисления-восстановления, так и формирования координационного соединения. Для реализации электролиза необходимо специальное оборудование, однако его нельзя отнести к разряду дефицитного или дорогостоящего.

Таким образом, одним из методов решения проблемы заболеваемости сельскохозяйственных животных микроэлементами в Республике Беларусь является организация малотоннажного производства хелатов (комплексонатов) биогенных металлов. Они могут быть использованы как кормовые добавки, так и в качестве ветеринарных препаратов. Наиболее перспективными направлениями синтеза комплексонатов биогенных металлов являются методы в основе которых лежат кислотно-основные взаимодействия и электролиз. Все они позволяют получать хелаты биогенных металлов высокой степени чистоты без дополнительной очистки.

### **Литература:**

1. Лукашенко А.Г. Стратегия будущего / А.Г. Лукашенко // Первый съезд ученых Республики Беларусь (Минск, 1-2 нояб. 2007 г.): сб. материалов. – Мн.: Белорус. наука, 2007. – С. 18-42.

2. Приказ Министерства сельского хозяйства и продовольствия республики Беларусь от 30 октября 2024 г. № 257 О стратегиях развития животноводства // [https://mshp.gov.by/ru/documents\\_animal-ru/view/strategija-razvitiija-ultrasovremennogo-svinovodstva-na-20252034-gody-strategija-obespechenija-10204/](https://mshp.gov.by/ru/documents_animal-ru/view/strategija-razvitiija-ultrasovremennogo-svinovodstva-na-20252034-gody-strategija-obespechenija-10204/) (Дата обращения 14.04.2026)

3. Привалов Ф.И. Научные системы земледелия: опыт, предложения, перспективы / Ф.И. Привалов // Первый съезд ученых Республики Беларусь

(Минск, 1-2 нояб. 2007 г.): сб. материалов. – Мн.: Беларус. наука, 2007. – С. 205-208.

4.Клебанович Н.В. Известкование почв Беларуси / Н.В. Клебанович, Г.В. Василюк. – Мн.: БГУ, 2003. - 322 с.

5.Микроэлементы в почвах БССР и эффективность микроудобрений. Мн., Изд. БГУ, 1970. – 196 с.

6.Лукашев К.И. Химические элементы в почвах / К.И. Лукашев, Н.Н. Петухова. - Мн.: Изд-во «Наука и техника», 1970. - 232 с.

7.Богданкевич И.М. Исследование почв колхозов и совхозов БССР на обеспеченность подвижными формами микроэлементов / И.М. Богданкевич, И.А. Кожуро. // Почвенные исследования и применение удобрений. – Мн.: «Ураджай», 1988. – Вып. 19. – С. 91-96.

8.Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]. – Мн.: Беларус. наука, 2007. - 390 с.

9.Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений разрешенных к применению на территории Республики Беларусь / Р.А. Новицкий [и др.]. - Справочное издание. – Мн.: РУП «Издательство «Белбланквыд», 2008. – 460 с.

10. Обмен микроэлементов и микроэлементозы животных / А.П. Курдеко [и др.]. – Горки.: 2009. - 144 с.

11. Дятлова, Н.М. Комплексоны и комплексопаты металлов / Н.М. Дятлова, В.Я. Темкина, К.И. Попов – М.: Химия, 1988. - 544 с.

12. Синтез и результаты исследования токсичности этилендиаминтетраацетатмеди(II) натрия / Н.Н. Костюк [и др.] // Эпизоотология. Иммунобиология. Фармакология. Санитария. – 2006. - № 1. - С. 57-61.

13. Арсанукаев Д.Л. Стимуляция роста молодняка черно-пестрой породы микроэлементами / Д.Л. Арсанукаев // Зоотехния. – 2005. - № 4. – С. 9-10.

14. Емельянов В.В. Лечебно-профилактическая эффективность новых ветеринарных препаратов "Цинковет" и "Купровет" при микроэлементозах у свиней / В. В. Емельянов, А. А. Мацинович, А. П. Демидович // Сельское хозяйство - проблемы и перспективы : сборник научных трудов. - Гродно, 2007. - Т. 2: Зоотехния. Ветеринария. - С. . 222-228.

15. Костюк Н.Н. «Систематизация и оценка методов синтеза хелатов переходных металлов с целью их масштабирования» /Н.Н. Костюк, Т.А. Дик //Материалы международной научно-технической конференции «Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии», Минск, 26-28 ноября 2014 г., ч. 2, с. 191-195.