



# КОМИССИЯ ПО ГЕНЕТИЧЕСКИМ РЕСУРСАМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДОВОЛЬСТВИЯ И ВЕДЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

## Пункт 6 предварительной повестки дня

### МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ РАБОЧАЯ ГРУППА ПО ГЕНЕТИЧЕСКИМ РЕСУРСАМ МИКРООРГАНИЗМОВ И БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДОВОЛЬСТВИЯ И ВЕДЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

#### Первая сессия

Рим, 25–27 сентября 2024 года

### МИКРООРГАНИЗМЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ПИЩЕВАРЕНИИ ЖВАЧНЫХ

## СОДЕРЖАНИЕ

	Пункты
I. Введение.....	1–7
II. Общая информация.....	8–9
III. Обзор положения дел и тенденций.....	10–12
IV. Характеризация и сохранение.....	13–16
V. Устойчивое использование.....	17–20
VI. Политические, правовые и институциональные механизмы.....	21–25
VII. Пробелы, потребности и возможные меры.....	26–27
III. Проект решения.....	28

## I. ВВЕДЕНИЕ

1. На своей семнадцатой очередной сессии Комиссия по генетическим ресурсам для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства (Комиссия) утвердила "План работы по обеспечению устойчивого использования и сохранения генетических ресурсов микроорганизмов и беспозвоночных для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства" (План работы)<sup>1</sup>. Следуя Плану работы, на своей последней сессии Комиссия, опираясь на результаты, изложенные в проекте исследования<sup>2</sup>, рассмотрела вопрос о микроорганизмах, участвующих в пищеварении жвачных.
2. Комиссия положительно восприняла проект исследования и рекомендовала доработать его, обратив внимание на имеющиеся в нем пробелы, которые необходимо устранить, а затем опубликовать и распространить его в качестве информационно-справочного документа<sup>3</sup>. Она далее рекомендовала FAO должным образом учесть выводы исследования в своей работе, связанной с сохранением и устойчивым использованием микроорганизмов, участвующих в пищеварении жвачных<sup>4</sup>. В дальнейшем данное исследование было опубликовано (см. Информационно-справочный документ № 75<sup>5</sup>).
3. Комиссия предложила членам содействовать сохранению и устойчивому использованию микроорганизмов, участвующих в пищеварении жвачных, и обеспечить их надлежащий учет в соответствующих мерах политики на местном, национальном и региональном уровнях и при их разработке. Она рекомендовала FAO отслеживать события, связанные с разработкой мер политики в этой области, и информировать Комиссию о них. Она также предложила членам обеспечить комплексное управление генетическим разнообразием местных пород, кормов и микроорганизмов рубца и обеспечивать его сохранение на национальном уровне<sup>6</sup>.
4. Кроме того, Комиссия призвала соответствующие заинтересованные стороны, включая научные учреждения, к сотрудничеству в области сохранения и устойчивого использования микроорганизмов, участвующих в пищеварении жвачных, особенно в области наращивания соответствующего потенциала развивающихся стран и стран с переходной экономикой<sup>7</sup>.
5. Она предложила членам и заинтересованным сторонам активнее проводить исследования в области управления микробиомом рубца, в том числе в части, касающейся классификации и разведения жвачных и животноводства, эффективности производства, устойчивости к болезням и изменению условий окружающей среды, потенциального воздействия соответствующих микроорганизмов на здоровье животных и человека, а также инноваций в области кормов для смягчения последствий изменения климата. Она также отметила необходимость дальнейшего изучения местного разнообразия микроорганизмов рубца<sup>8</sup>.
6. Комиссия поручила Межправительственной технической рабочей группе по генетическим ресурсам микроорганизмов и беспозвоночных для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства (Рабочая группа) на своей первой сессии подготовить конкретные рекомендации по микроорганизмам, участвующим в пищеварении жвачных, и представить их на рассмотрение Комиссии<sup>9</sup>.

---

<sup>1</sup> CGRFA-17/19/Report, Приложение E.

<sup>2</sup> CGRFA-19/23/9.2/Inf.1.

<sup>3</sup> CGRFA-19/23/Report, пункт 79.

<sup>4</sup> CGRFA-19/23/Report, пункт 80.

<sup>5</sup> Huws, S.A., Oyama, L.B. & Creevey, C.J. 2024. *Sustainable use and conservation of microorganisms of relevance to ruminant digestion*. Background Study Paper No. 75. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cd0155en>

<sup>6</sup> CGRFA-19/23/Report, пункт 81.

<sup>7</sup> CGRFA-19/23/Report, пункт 82.

<sup>8</sup> CGRFA-19/23/Report, пункт 83.

<sup>9</sup> CGRFA-19/23/Report, пункт 84.

7. В настоящем документе, подготовленном с учетом результатов уже проделанной по поручению Комиссии работы<sup>10</sup>, обобщена краткая информация о положении дел и тенденциях в области сохранения, использования, доступа и распределения выгод, представлен перечень основных региональных, международных и других организаций и учреждений, занимающихся вопросами микроорганизмов, участвующих в пищеварении жвачных, и анализируются пробелы и потребности в данной области.

## II. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

8. Разведение жвачных животных для производства животноводческих продуктов имеет самое непосредственное отношение к двум наиважнейшим задачам нашего времени: повышению продовольственной безопасности и улучшению питания растущего населения планеты и смягчению последствий изменения климата. Микроорганизмы, обитающие в рубце – самой объемной камере преджелудка жвачных животных, имеют ключевое значение и для пищеварительных возможностей жвачных, и для роли жвачных как источников метана.

9. Состав микробиома рубца (сообщества микроорганизмов, обитающих в рубце) влияет как на получение животным питательных веществ, так и на количество метана, выделяемого в процессе переваривания корма. Это позволяет допустить возможность манипулирования микробиомом рубца в целях как улучшения питания животного, так и снижения выбросов метана.

## III. ОБЗОР ПОЛОЖЕНИЯ ДЕЛ И ТЕНДЕНЦИЙ

10. Рубец представляет собой сложную, динамичную экосистему, состоящую из анаэробных бактерий, простейших, анаэробных грибов, метаногенных архей и бактериофагов. Хотя благодаря внедрению передовых технологий в последние годы удалось достичь значительного прогресса в исследованиях микробиологии рубца, таксономия и функции обитающих в нем микроорганизмов все еще слабо изучены.

11. Анализ микробиомов рубца животных различных видов и животных из различных регионов мира выявил доминирование в микробиомах основного, "ядерного" сообщества микроорганизмов. Вариации обусловлены главным образом рационом хозяина, но также и его видом, породой и индивидуальной генетикой. Наличие географически специфичных небольших групп микроорганизмов рубца, вероятно, связано с ассоциированными с особенностями климата вариациями кормовых растений или адаптацией пород к местным условиям. Представляется вероятным, что микроорганизмы таких "малых групп" играют важную роль, позволяя животным приспосабливаться к местным условиям окружающей среды, и представляют собой резервуары генетического разнообразия, которые необходимо поддерживать и, возможно, использовать в дальнейшем.

12. Глобальные тенденции к индустриализации животноводства и унификации методов содержания животных означают высокий риск утраты локализованного разнообразия микроорганизмов рубца. Например, замечено, что добавление в рацион легко перевариваемых углеводов – общая практика в более индустриализированных системах – ассоциируется с упрощением состава микробного сообщества рубца, что ведет к сокращению бактериального разнообразия и снижению концентрации целлюлозолитических микробов. Сходным образом, повышение эффективности кормов у жвачных (одна из ключевых задач сельскохозяйственного производства жвачных животных, учитывая необходимость устойчиво обеспечивать продовольствием растущее население мира) связано со снижением разнообразия микробиома рубца. Стратегии, включающие использование кормовых добавок для снижения выделения

---

<sup>10</sup> Huws, S.A., Oyama, L.B. & Creevey, C.J. 2024. *Sustainable use and conservation of microorganisms of relevance to ruminant digestion*. Background Study Paper No. 75. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cd0155en>; McSweeney, C. & Mackie, R. 2012. *Microorganisms and ruminant digestion: state of knowledge, trends and future prospects*. Background Study Paper No. 61. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome. FAO. <https://www.fao.org/4/me992e/me992e.pdf>.

метана жвачными, связывают с изменениями их микробиомов, которые могут провоцировать дальнейшую унификацию в глобальном масштабе.

#### IV. ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ И СОХРАНЕНИЕ

13. Вышеописанные тенденции подчеркивают необходимость сохранить и каталогизировать сообщества микроорганизмов рубца. Одним из важнейших шагов в этом направлении стало создание каталога Hungate Collection<sup>11</sup> – флагманского проекта Глобального научно-исследовательского альянса по вопросу о парниковых газах в сельском хозяйстве (ГНА), в рамках которого собран 501 геном бактерий и архей рубца. При этом геномы многих микроорганизмов рубца остаются недоступными.

14. Внедрение последних технологических достижений помогло в соотнесении микробиома рубца с фенотипом хозяина. Тем не менее это не привело к существенному прогрессу в плане подтверждения функций конкретных микроорганизмов. Чтобы достичь результатов в этой области, необходимо обеспечить расширение каталога чистых культур микроорганизмов рубца.

15. Находящиеся в открытом доступе коллекции культур, например Немецкая коллекция микроорганизмов и клеточных культур (DSMZ) Института им. Лейбница<sup>12</sup> в Германии и коллекция American Type Culture Collection<sup>13</sup> в Соединенных Штатах Америки, имеют важнейшее значение для поддержания глобального микробного генетического разнообразия и обеспечения открытого доступа к данным заинтересованным сторонам. В то же время многие изоляты не депонированы в коллекциях культур, поскольку юридическое обязательство такого депонирования отсутствует. Опасения по поводу прав интеллектуальной собственности ведут к тому, что многие культуры микробов, имеющих потенциальную коммерческую ценность, остаются в частных хранилищах даже после патентования и публикации.

16. В целом наблюдается общая недостаточность знаний о микроорганизмах рубца, ассоциированных с конкретными районами, и очень немногие из таких микроорганизмов представлены в культурах.

#### V. УСТОЙЧИВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

17. Как отмечено выше, эффективное управление микробиомом рубца может способствовать сокращению выбросов метана системами животноводства жвачных. Изменение рациона животного-хозяина – самый легкий способ добиться немедленного изменения микробиома рубца и количества выделяемого метана. Возможные меры включают как те, что снижают выбросы на единицу продукции, так и те, что ведут к абсолютному снижению выбросов. В первую группу входят повышение энергетического уровня питания, использование кормовых культур на ранних стадиях укосной спелости и соответствующее повышение переваримости фуража и уменьшение соотношения фураж/концентраты в рационе. Во вторую группу входит добавление в рацион ингибиторов метана (например, 3-нитрооксипропанол [3-NOP, коммерческое название – Bovae<sup>®</sup>], который ингибирует фермент, катализирующий последнюю стадию метаногенеза в рубце), содержащих танины кормовых растений, акцепторов электронов (химические соединения или микробы, утилизирующие доступный для метаногенеза водород), масел и жиров либо семян масличных культур. Несмотря на полученные многообещающие результаты, механизмы действия многих основанных на изменении рациона подходов остаются неясными.

18. Как показали исследования, геном хозяина влияет на микробиом рубца, и недавние мировые данные свидетельствуют о возможности выведения пород жвачных со сниженным уровнем выбросов метана. Такой подход потенциально может снизить выбросы метана на 30 процентов в расчете на суточные выбросы метана (г/сутки), метаноотдачу (г/кг сухого вещества в корме) и интенсивность выбросов метана (г/кг или л произведенного продукта),

<sup>11</sup> <https://genome.jgi.doe.gov/portal/HungateCollection/HungateCollection.info.html>

<sup>12</sup> <https://www.dsmz.de/>

<sup>13</sup> <https://www.atcc.org/>

но и в этом случае для подтверждения эффективности и применимости таких подходов и прояснения механизмов, лежащих в основе наблюдаемых эффектов, необходимы дальнейшие исследования.

19. Помимо своей роли в смягчении последствий изменения климата, микробиом рубца (и микробиом желудочно-кишечного тракта жвачных в целом) имеет значение и для осуществления подхода "Единое здоровье"<sup>14</sup>. Бактерии рубца несут гены устойчивости к противомикробным препаратам, которые могут легко передаваться другим бактериям. Кроме того, рубец – это источник новых биоактивных соединений, которые можно использовать для улучшения здоровья человека и животных и оздоровления окружающей среды.

20. В течение многих лет антибиотики, благодаря тем преимуществам, которые они могли обеспечить за счет профилактики заболеваний и повышения эффективности кормов, использовались в животноводстве как стимуляторы роста. После того, как во многих странах запретили использование антибиотиков для профилактики заболеваний и стимулирования роста животных, возросло значение альтернативных подходов, включая использование пробиотиков (бактериальных микробиологических препаратов прямого действия). Хотя использование этого подхода у жвачных все еще находится на стадии разработки, отмечена связь применения пробиотиков с улучшением здоровья молодняка, повышением надоев молока и ускорением роста, позволяя предположить, что пробиотики могут стать реальной альтернативой кормовым антибиотикам.

## VI. ПОЛИТИЧЕСКИЕ, ПРАВОВЫЕ И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

21. Политические и правовые механизмы, имеющие значение для управления микроорганизмами рубца, включают механизмы, связанные с изменением климата, механизмы, связанные с сохранением и использованием биоразнообразия для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства, механизмы, связанные с безопасностью пищевых продуктов и кормов, и механизмы, связанные с маркетингом.

22. Меры политики, связанные с климатом, оказывают все большее влияние на доступность финансирования работы с микроорганизмами рубца, при этом многие организации, предоставляющие финансирование, придают приоритетное значение работе по оптимизации состава микробиома рубца в целях снижения выбросов метана. В то же время нормативно-правовые механизмы могут стать барьером на пути внедрения таких технологий, поскольку получение разрешения на их использование занимает значительное время. Маркировка продуктов, содержащая информацию о том, что они произведены со сниженным "метановым следом", зачастую не регулируется нормативно-правовыми актами. Если потребители не могут или не готовы взять на себя затраты на такие инновации в виде повышения рыночных цен, может возникнуть необходимость в государственных мерах поддержки или обеспечении их обязательного внедрения. В некоторых странах сдерживающим фактором могут быть финансовые последствия мер политики по одобрению и использованию снижающих выбросы метана кормовых добавок. Такие стратегии, как продвижение использования бобовых кормов и кормов, содержащих танины, могут быть менее дорогостоящими, но их влияние на выбросы метана ниже.

23. Нагойский протокол регулирования доступа к генетическим ресурсам и совместного использования на справедливой и равной основе выгод от их применения к Конвенции о биологическом разнообразии (Нагойский протокол) повысил уровень бюрократических формальностей, связанных с обменом микроорганизмами жвачных, что вызвало

---

<sup>14</sup> "Подход «Единое здоровье» – это единый комплексный подход, нацеленный на обеспечение устойчивого баланса и создание оптимальных условий для поддержания здоровья людей, животных и экосистем. В его основе лежит признание того факта, что между здоровьем человека, домашних и диких животных, растений и окружающей среды в целом, включая экосистемы, существуют тесная взаимосвязь и взаимозависимость". One Health High-Level Expert Panel (OHHLEP), Adisasmito, W.B., Almuhairei, S., Behravesh, C.B., Bilivogui, P., Bukachi, S.A. *et al.* 2022. One Health: A new definition for a sustainable and healthy future. *PLoS Pathogens*, 18(6): e1010537. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1010537>

обеспокоенность тех, кто участвует в использовании и сохранении таких микроорганизмов в глобальном масштабе.

24. Большинство финансирующих учреждений и научных журналов проводят политику открытого доступа, которая гарантирует, что при подаче статей на рассмотрение все данные, на которых основываются авторы, должны находиться в открытом доступе. Однако авторы публикаций, включающих исследования новых микробных изолятов, не должны до публикации обеспечивать открытый доступ к изолятам посредством их депонирования в коллекции культур. Это означает, что открытый доступ к совместному использованию изолятов для дальнейшего исследования и общественной пользы ограничен. Это серьезная проблема, и сложившаяся ситуация требует изменений. В то же время следует отметить, что такие изменения потребуют совершенствования инфраструктуры существующих коллекций культур, позволяющего ответственным за хранение коллекций организациям содержать возросшее число изолятов и обеспечивать к ним доступ.

25. Главные учреждения и сети, связанные с сохранением и устойчивым использованием микроорганизмов, участвующих в пищеварении жвачных, включают коллекции культур, упомянутые в разделе IV, ГНА (также обсуждавшийся в разделе IV), Исследовательскую группу по животноводству и Сеть по геномике микроорганизмов рубца при ГНА и ряд университетов и научно-исследовательских институтов в разных регионах, которые располагают потенциалом для выделения, культивирования и хранения культур микроорганизмов рубца и содержат собственные коллекции. Вероятно, своими коллекциями располагает и частный сектор, но информация о них не является общедоступной. Помимо упомянутых выше проектов ГНА, несколько крупных проектов содействуют сотрудничеству заинтересованных сторон на международном уровне, включая проекты Рамочной программы ЕС по научным исследованиям и инновациям "Горизонт 2020" MASTER ("Применение микробиомов в устойчивых продовольственных системах через технологии и предпринимательство")<sup>15</sup> и Holoruminant<sup>16</sup>. Ряд заинтересованных сторон из развивающихся стран сообщают, что отсутствие финансирования не позволяет им участвовать в международном сотрудничестве.

## VII. ПРОБЕЛЫ, ПОТРЕБНОСТИ И ВОЗМОЖНЫЕ МЕРЫ

26. Основываясь на выводах Информационно-справочного документа № 75, можно выделить следующие пробелы и потребности:

- *Научно-исследовательская работа.* Еще очень многое предстоит сделать для расширения знаний о микробиоме рубца и его функциях. В числе приоритетных задач – совершенствование методов культивирования микроорганизмов рубца и изучение возможностей использования пробиотиков для снижения выбросов метана.
- *Коллекции культур.* Журналам необходимо настаивать на том, чтобы микроорганизмы, использованные в публикуемых в журналах исследованиях, депонировались в коллекциях культур с открытым доступом. В связи с этим необходимо расширить возможности коллекций культур, чтобы они могли разместить новые культуры.
- *Политические механизмы.* Следует пересмотреть и при необходимости обновить соответствующие политические, правовые и институциональные механизмы, включая те, что относятся к доступу и распределению выгод и интеллектуальной собственности, с тем чтобы обеспечить благоприятную среду для исследований и сотрудничества в области микроорганизмов рубца и управления ими. Необходимо также выработать меры политики, которые будут способствовать внедрению разработанных на основе этих исследований инноваций, снижающих выбросы метана.

<sup>15</sup> <https://www.master-h2020.eu/>

<sup>16</sup> <https://holoruminant.eu/>

27. Кроме того, можно выделить следующие возможные меры:

- создание глобальной группы экспертов для определения приоритетных направлений деятельности в области управления микроорганизмами, участвующими в пищеварении жвачных, и выявления угроз устойчивому использованию и сохранению данных микроорганизмов;
- выделение достаточных ресурсов для глобальных исследовательских инициатив в области культивирования, каталогизации, характеристики микроорганизмов рубца и управления данными микроорганизмами;
- продвижение политики, обеспечивающей депонирование всех чистых культур изолятов в коллекциях с открытым доступом до публикации любых данных, относящихся к соответствующим микроорганизмам;
- наращивание потенциала организаций, управляющих общедоступными коллекциями культур, с тем чтобы они могли удовлетворять запросы, число которых возрастет в результате политики, требующей депонирование изолятов;
- содействие финансированию исследований в области управления микробиомом рубца, особенно связанных с селекцией жвачных и инноваций в области рационов;
- содействие политическим и правовым инновациям, облегчающим международный обмен образцами микроорганизмов рубца; и
- стимулирование глобального сотрудничества, в особенности сотрудничества с участием стран с низким и средним уровнем дохода.

#### **VIII. ПРОЕКТ РЕШЕНИЯ**

28. Рабочей группе предлагается подготовить для Комиссии рекомендации по следующим вопросам:

- i) необходимость укрепить и усовершенствовать действующие глобальные институциональные механизмы, связанные с устойчивым использованием и сохранением микроорганизмов, участвующих в пищеварении жвачных животных, в том числе в части, касающейся установления приоритетов и содействия сотрудничеству на глобальном уровне;
- ii) необходимость усовершенствовать действующие правовые и политические механизмы, связанные с одобрением применения ингибиторов метана, а также с обменом образцами микроорганизмов рубца, что должно положительно отразиться на соответствующих процессах;
- iii) важность оказания ФАО поддержки странам в разработке или усовершенствовании их национальных мер политики, правовых и институциональных механизмов, связанных с управлением микроорганизмами рубца;
- iv) необходимость более оптимального обеспечения ресурсами глобальных исследовательских инициатив в области культивирования, каталогизации, характеристики микроорганизмов рубца и управления данными микроорганизмами; и
- v) необходимость стимулировать депонирование микробных изолятов рубца в коллекциях культур с открытым доступом и наращивать потенциал таких коллекций, с тем чтобы они могли удовлетворять растущее число запросов.