

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию
МОЛЧАНОВА ВЛАДИМИРА ПЕТРОВИЧА**

**«Прикладные аспекты процессов биоконверсии возобновляемого растительного сырья и органических отходов»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по
специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии)**

За вторую половину 20 века численность населения Земли практически утроилось (с 2 до 6 млрд человек) и уже на рубеже тысячелетий дефицит высокого ценного пищевого белка превысил 20 млн тонн в год, а кормового белка – 40 млн тонн в год. Реальным ли будет утройение населения планеты и прогрессивным ростом этих дефицитов за следующие 50 лет – вопрос довольно сложный, но по крайней мере в Российской Федерации, особенно в первые годы перестройки в связи с распадом промышленного животноводства, появился еще один дефицит – недостаток органических удобрений, за которым может последовать резкое падение плодородных почв несмотря на растущее производство минеральных удобрений. Поэтому все более актуальным в России и во всем мире становится конструирование нутриентов как пищевого, кормового, так и почвенного назначения с помощью биомассы одноклеточных микроорганизмов на основе дешевого органического сырья.

Диссертационная работа Молчанова В.П. посвящена созданию теоретических основ технологий биологической конверсии возобновляемого растительного сырья, а также и отходов органической природы, в компоненты удобрений и кормовых добавок, обогащённые биологически активными веществами, такими как витамины, аминокислоты, сахара.

Анализ современного состояния пищевой и сельскохозяйственной биотехнологии позволяет однозначно утверждать, что процессы биологической конверсии органических отходов и растительного сырья, уже сейчас играют важную роль, например, в производстве высокоэффективных удобрений, кормов для сельскохозяйственных животных, премиксов, биотоплива, фармацевтических препаратов, пищевых и химических веществ с высокой добавочной стоимостью. Более того, в условиях ожидаемого истощения природных ресурсов, данные технологии займут главенствующие позиции в таких областях, как химико-фармацевтическая промышленность, пищевая промышленность, сельское хозяйство и др.

В этой связи, очевидной является необходимость проведения физико-химических и кинетических исследований фундаментального характера процессов биологической конверсии материалов природного происхождения для целенаправленного получения биологически активных компонентов на основе органических отходов и трудногидролизуемого растительного сырья.

Исходя из вышеизложенного, можно утверждать, что тема диссертационной работы Молчанова В.П., безусловно, имеет актуальный характер. Цель и задачи, сформулированные автором диссертационной работы, находятся в русле современного направления развития биотехнологии.

Диссертационная работа Молчанова В.П. состоит из введения, девяти глав, заключения и списка использованных литературных источников общим числом 305. Текст диссертационной работы изложен на 316 страницах и содержит 55 рисунков и 63 таблицы.

Во введении автором обоснована актуальность избранной темы диссертации, сформулированы цель и задачи работы, приводятся сведения о научной новизне и практической значимости проведённых исследований.

В первой главе "Процессы биоконверсии как основное направление переработки растительного сырья и органических отходов" приводятся данные об объекте исследования – процессе биологической конверсии органических субстратов разной природы с одновременным образованием БАВ в ходе ферментации с использованием микроорганизмов, изначально находящихся в исходном сырье. Приводятся характеристики основных видов растительного сырья и органических отходов: торфа, соломы, опилок, льняной костры, льняных и хлопковых очёсов прядильных фабрик, жмыхов маслоперерабатывающих производств и др. Автор заявляет о целесообразности внесения в качестве добавок к органическим субстратам отходов пищевых производств или химических стимуляторов, провоцирующих интенсивное образование биологически активных компонентов в ходе биоконверсии (витаминов, аминокислот, сахаров). Здесь же автор подробно описывает биохимические механизмы, лежащие в основе процессов биоконверсии, а также основные методы их оптимизации и интенсификации и отмечает, что повышения экологической чистоты и экономической эффективности процессов утилизации отходов производства пищевых и кормовых продуктов необходимо создание новых методов биоконверсии путем использования более эффективных микроорганизмов, химических стимуляторов и технологических режимов процесса.

Во второй главе "Перспективы использования возобновляемого растительного сырья в промышленности и сельском хозяйстве" автор обоснованно указывает, что развитие ресурсосберегающих технологий связано с освоением нетрадиционных и возобновляемых сырьевых источников. Основное внимание среди сырья растительного происхождения авторомделено торфу как наиболее доступному и перспективному азотсодержащему компоненту для включения в состав компостируемых органических смесей. Ценность торфа, с точки зрения биоконверсии, обусловлена его составом. Он состоит из не разложившихся растительных остатков, продуктов разложения этих остатков в виде темного пластиичного вещества (перегноя, или гумуса) и минеральных веществ, остающихся после сгорания торфа в виде золы. Автор отмечает, что торф радикально решает проблему утилизации жидкого навоза на крупных животноводческих комплексах и птицефабриках и способствует решению проблем охраны окружающей среды,

торфяные компости по эффективности не уступают навозу, а все приемы эффективного использования торфа в качестве удобрения основаны на активизации органического вещества. Активаторами могут быть навоз, птичий помет, фекалии, минеральные компоненты, например, аммиачная вода.

В третьей главе "Кинетическое моделирование и оптимизация процессов биоконверсии" рассмотрены методы описания кинетики химических и биотехнологических процессов, в том числе, применительно к процессу, являющемуся объектом исследования - микробной ферментации природного органического сырья. Описаны биотехнологические основы исследуемого процесса, способы его интенсификации; приводятся возможные направления использования конечного продукта биоконверсии, характеризующегося высоким содержанием свободных аминокислот. Автор обосновывает целесообразность использования в исследуемом процессе химических и биохимических стимуляторов – предшественников молекул БАВ. Одними из используемых в исследовании стимуляторов процесса биоконверсии смеси органических отходов животноводства и трудногидролизуемого сырья растительного происхождения являются аскорбинаты различных металлов.

В четвёртой главе "Методы и методики экспериментов и анализов" автором приводятся лабораторные методики конверсии природного органического сырья, описание используемого экспериментального оборудования, описание аналитической части исследования, которая включает методы определения химического состава ферментируемой смеси и микробиологические исследования субстрата в динамике процесса биоконверсии.

В пятой главе работы "Исследование влияния химических стимуляторов на процесс биоконверсии органического сырья" приводятся результаты экспериментальных исследований. Автором описаны определённые экспериментальным путём оптимальные условия процесса ферментации торфонавозных смесей. Выявлено, что максимальное накопление свободных аминокислот в конечном продукте биоконверсии происходит при температуре инкубации 37 °С и массовом соотношении исходных компонентов для смеси «торф-навоз» 1:1. Получены данные об аминокислотном составе смеси до и после проведения инкубации в указанных выше условиях. Исследовано влияние добавок аскорбинатов кальция, калия, натрия, кобальта, цинка и железа на образование свободных аминокислот, самыми активными из которых оказались аскорбинаты железа и цинка. В контрольной пробе без биостимуляторов происходило увеличение содержания свободных аминокислот в среднем в 14,7 раза. Исследования аминокислотного состава продукта ферментации показали увеличение общего содержания свободных аминокислот в 37,6 раза в опытах с аскорбинатом железа и в 36,1 раза в опытах с аскорбинатом цинка. Данный факт автор связывает с участием катионов цинка в формировании структуры ДНК-матрицы белкового синтеза и стимулированием катионами железа деятельности многих окислительно-восстановительных ферментов, переноса кислорода и других процессов метаболизма.

Кроме того, приводятся данные микробиологических исследований: общее количество микроорганизмов, численность их отдельных групп, ферментативная активность процесса. Экспериментально подтверждена взаимосвязь между процессом синтеза аминокислот в ферментируемой смеси и ростом численности группы аминокислотсинтезирующих микроорганизмов. Определены оптимальные параметры для активного развития микрофлоры и, как следствие, максимального накопления аминокислот.

Приведённые в данной главе научные результаты могут быть использованы для математического моделирования и выбора оптимального технологического режима при проведении биоконверсии в промышленном масштабе.

В шестой главе диссертации "Экспериментальное исследование перспектив использования процессов биоконверсии для утилизации отходов пищевой промышленности" приводятся данные исследования процесса биоконверсии смеси органических отходов и трудногидролизуемого сырья растительного происхождения с внесением в исходную смесь в качестве биостимуляторов отходов пищевых производств. В качестве последних были использованы отходы молокоперерабатывающей промышленности, крахмалопаточного и хлебопекарного производства (обрат, картофельная мезга и сухари, соответственно).

Автором было показано, что максимальный выход аминокислот наблюдается при добавлении 10 % (масс.) хлебопекарных отходов, а сама добавка вызывает изменение не только количественного, но и качественного состава фонда аминокислот: в итоговом продукте значительно возрастает содержание аспарагиновой кислоты, треонина, фенилаланина и серина при снижении доли остальных аминокислот. Данный факт является практически значимым, поскольку обогащение продукта биоконверсии неизменными аминокислотами повышает его биологическую активность.

В седьмой главе диссертационной работы "Кинетическое моделирование и обсуждение механизмов образования аминокислот в процессе биоконверсии" на основании экспериментальных данных предложены кинетические модели, описывающие динамику накопления аминокислот и процесс развития популяции микроорганизмов. Теоретическая и практическая значимость полученных результатов подтверждена тем фактом, что они позволили осуществить серию опытно-промышленных испытаний процесса на базе Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственного использования мелиорированных земель и получить Свидетельство РФ на полезную модель "Система измерения параметров и автоматизации построения кинетических моделей процессов биоконверсии".

В восьмой главе "Рекомендации по использованию продукта биоконверсии в сельском хозяйстве" автором аргументировано утверждается, что создание полноценных кормов для сельскохозяйственных животных является одной из главных проблем в отрасли. В нашей стране менее 40 % используемых кормов отвечают требованиям по сбалансированности состава питательных веществ. Новые

возможности в этой области открывают процессы ферментации с использованием БАВ, что позволяет не только снизить себестоимость продукции, но и решить многие энергосберегающие и экологические проблемы. Благодаря действию биологически активных веществ происходит активизация микроорганизмов и их ферментов и осуществляется преобразование некондиционного сырья в высококачественные продукты. Автором диссертационной работы всесторонне проанализированы технологические решения, лабораторные и экспериментальные исследования данных процессов, а также опыт отечественных и зарубежных специалистов. В итоге, автором предложена технология производства кормовых добавок на основе биоконверсии малоиспользуемых или неиспользуемых отходов пищевой промышленности, животноводческих и других производств. Продукция отвечает всем стандартам по питательности, содержанию БАВ, минеральных веществ, сертифицирована и является экологически чистой.

В последней, девятой главе диссертационной работы Молчанова В.П. "Разработка и апробация технологии биоконверсии растительного сырья и органических отходов с получением продукции сельскохозяйственного назначения" приводится описание принципиальной и технологической схемы биоконверсии смесей возобновляемого растительного сырья и органических отходов с их обогащением биологически активными компонентами. Практическая значимость разработанной технологии была подтверждена результатами работы опытно-промышленных установок для биоконверсии на базе Тверского государственного технического университета, Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель и ООО "Наукоемкое производство". Были решены вопросы рационального подбора состава субстратных смесей, установления оптимальных технологических режимов, организации контроля за проведением процесса биоконверсии природного органического сырья. Универсальный характер опытной установки по утилизации отходов животноводства и пищевой промышленности позволяет использовать не только местное сырье, но и применять технологическое оборудование других производств (комбикормовых заводов). Технико-экономическая оценка разработанной автором технологии показывает, что разрабатываемое производство является высокорентабельным и имеет небольшой срок окупаемости, что позволяет его рекомендовать к внедрению в условиях России.

Основные научные результаты диссертационной работы Молчанова В.П., определяющие её новизну, состоят в следующем:

1. Впервые проведено фундаментальное комплексное исследование, направленное на решение важной народнохозяйственной задачи по биоконверсии возобновляемого растительного сырья и органических отходов с добавлением биологически активных соединений.

2. Установлены фундаментальные закономерности протекания процесса биоконверсии при варьировании широкого спектра параметров, аппаратурного оформления и технологических режимов. Изучена кинетика накопления аминокислот, а также исследован качественный и количественный аминокислотный

состав конечных продуктов и ферментируемой смеси в динамике процесса биоконверсии природного органического сырья. Выполнено исследование ультразвукового воздействия на выход сахаров в продуктах биоконверсии растительного сырья и органических отходов.

3. Получены данные о влиянии добавок биостимуляторов, интенсифицирующих процесс ферментации, на кинетику накопления аминокислот, аминокислотный состав продуктов биоконверсии и развитие популяции микроорганизмов. Полученные данные использованы для определения наиболее эффективных биостимуляторов и нахождения оптимальных концентраций, внесение стимуляторов в которых способствует максимальному накоплению аминокислот в продукте биоферментации.

4. Проведено кинетическое моделирование процесса накопления аминокислот и развития микробной популяции, осуществляющей процесс биоконверсии. Показано, что образование аминокислот напрямую связано с ростом численности группы аминокислотсintéзирующих микроорганизмов. Сделаны выводы относительно возможных механизмов биосинтеза аминокислот и активации этих процессов с применением исследованных биостимуляторов.

5. Решена важнейшая народнохозяйственная задача по созданию новой ресурсосберегающей, безотходной и экологически чистой технологии утилизации отходов методом биоконверсии при использовании торфонавозных смесей в качестве основного субстрата. Проведена серия опытно-промышленных испытаний процесса биоконверсии на базе Тверского государственного технического университета, Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель и ООО "Наукоемкое производство". Определены технико-экономические и технологические показатели эффективности возможного производства по утилизации отходов путем их биоконверсии с торфонавозными смесями на модульной установке.

6. Результаты диссертационной работы были использованы при выполнении различных научно-технических проектов. В частности, проект "Разработка технологии получения витаминизированных кормовых добавок методом биоконверсии сельскохозяйственных и пищевых отходов с добавлением биологически активных соединений" (программа "Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники" Министерства образования России), проект "Разработка биокаталитической технологии утилизации органогенных отходов с получением кормовых добавок" (программа "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы" Министерства образования и науки России) и др.

7. Созданы и успешно испытаны опытно-промышленные установки для биоконверсии на базе Тверского государственного технического университета, Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель и ООО "Наукоемкое производство". Решены практические вопросы рационального подбора состава субстратных смесей, установления оптимальных технологических

режимов, организации контроля за проведением процесса биоконверсии природного органического сырья.

Результаты диссертационной работы прошли аprobацию на международных и всероссийских научно-технических конференциях. По материалам диссертации опубликовано более 80 работ, в том числе 17 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК. Предложенные кинетические модели и технологические решения легли в основу опытно-конструкторских разработок "Система измерения параметров и автоматизации построения кинетических моделей процессов биоконверсии" и "Технологическая линия производства кормовой добавки из органического сырья", которые были защищены охранными документами РФ на полезные модели.

Содержание автореферата соответствует основным идеям и выводам диссертации.

Диссертация Молчанова В.П., несомненно, представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, однако у оппонента имеется ряд вопросов, замечаний и дополнений, касающихся содержания работы:

1. Не совсем привычным является рассредоточение использованных литературных данных по разным главам диссертации вместо монолитного обзора литературы, хотя ГОСТу РФ такой метод не противоречит.

2. Возможно в связи с такой специфической формой изложения материала вся микробная биоконверсия перерабатываемых материалов связана в основном с прокариотической микрофлорой и все модели превращений исходных материалов построены именно для прокариотов, что безусловно само по себе очень интересно и может быть универсально для всего микромира, однако известно, что в биотехнологической промышленности, особенно крупнотоннажной при биоконверсии растительного сырья очень большую роль сыграли микроорганизмы эукариотические. О них в работе речи не идет вообще.

3. В работе излишне детально описаны методики выполняемых экспериментальных исследований, в том числе методики микробиологических анализов. Вместо этого было бы логичнее более подробно остановиться на описании полученных результатов и на их обсуждении.

4. Возможно, в рамках диссертационного исследования стоило бы выполнить идентификацию микроорганизмов, которые в составе консорциума вносят наибольший вклад в процесс утилизации органических отходов в ходе биоконверсии и в образование в ферментируемой смеси биологически активных компонентов.

5. Глава 8 диссертационной работы содержит избыточное количество литературных данных. Вероятно, эти данные автору следовало бы сократить или перенести в одну из первых глав, а главу 8 полностью посвятить описанию ожидаемой эффективности конечного продукта биоконверсии в случае его использования в растениеводстве в качестве удобрения и в животноводстве в качестве кормовой добавки.

6. С какой целью в разработанной технологической схеме предусмотрен этап пастеризации продуктов ферментации? И каково влияние предлагаемых методов пастеризации на остаточное содержание микроорганизмов в конечном продукте биоконверсии? Не было бы более интересно вообще в процессе ферментации отказаться от термической обработки перерабатываемого субстрата?

7. Имеется ли документальное подтверждение эффективности созданных технологических решений, основанное на результатах их апробации в опытно-промышленном масштабе?

Указанные вопросы и недостатки не влияют на высокую оценку работы в целом. Цель проводимых автором исследований, теоретические и экспериментальные методы решения поставленных задач, а также заключительные выводы логически связаны и оптимальны.

Полученные в диссертации данные могут быть рекомендованы к использованию на базе компании "Верофарм", ЦНИИ лесной генетики и селекции, компании "ЭФКО", ОАО МК "Воронежский", Институт биофизики клетки РАН (г. Пущино), ОАО "Воронежские дрожжи" и в других исследовательских и образовательных организациях.

По своей актуальности, научной новизне и практической значимости диссертационная работа Молчанова В.П., соответствует п. 9 "Положения о порядке присуждения ученых степеней" (Постановление Правительства Российской Федерации 24 сентября 2013 года № 842). Представляемая диссертация является законченным научно-квалификационным исследованием. Разработана технология биологической конверсии возобновляемого растительного сырья, а также и отходов органической природы, в компоненты удобрений и кормовых добавок, что можно классифицировать как решение крупной научной проблемы, имеющей важное значение для развития экономики страны. Автор диссертационной работы, Молчанов Владимир Петрович, бесспорно, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии).

Официальный оппонент:

Доктор технических наук, профессор кафедры
«Биотехнология и технология продуктов биоорганического синтеза»
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Московский государственный университет пищевых производств»

Борисенко Евгений Георгиевич

125080, г. Москва, Волоколамское ш., 11

+7 (499) 750-01-11

e-mail: biotech@mgupp.ru

21.09.2018

И.о. проректора по НР

Бабин Юрий Владимирович

