

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Кузнецова Александра Евгеньевича  
на тему «Высокоэффективные экологически чистые совмещенные системы  
микробиологического синтеза и очистки сточных вод с оксидативным стрессовым  
воздействием» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности  
03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнология)

Согласно Рио-де-Жанейрской декларации по окружающей среде и развитию, принятой на конференции ООН в 1992 г., в 21-веке биотехнология должна представлять собой комплексную область деятельности, в которой новые методы современной биотехнологии соединены с устоявшейся практикой традиционных биотехнических мероприятий. Разработка новых решений в этой области основана на международных принципах, призванных обеспечить экологически безопасное использование биотехнологии и содействовать становлению рациональных методов применения биотехнологии. Оптимальные решения многих проблем подсказаны самой природой. Таким образом, цель диссертационного исследования – обоснование и разработка научных основ совершенствования микробиологических процессов культивирования с учетом приоритетов экологически чистого производства и воспроизведения совмещенных процессов при построении биотеногенных экосистем по принципам функционирования природных экосистем – соответствует мировым тенденциям развития и является актуальной.

В соответствии с поставленной целью автор работы определил несколько направлений исследований, которые сформулировал в виде обобщающих задач: - исследование способов минимизации вторичных отходов при проведении процессов биосинтеза и биодеструкции путем изменения схем и режимов биотехнологических процессов; исследование процессов автоселекции микроорганизмов под одновременным воздействием абиотических факторов; исследование гибридных систем культивирования и биологической очистки, с учетом одновременно протекающих физико-химических, химических, фотохимических, биологических процессов, для выбора наиболее перспективных вариантов; - исследование процессов ферментации и биологической очистки в условиях регулируемого оксидативного стресса; и, как следствие, - научно-методологическое обоснование совершенствования микробиологических процессов культивирования с учетом приоритетов экологически чистого производства.

На основании представленной в автореферате информации можно заключить, что проделана огромная работа и получены результаты, обладающие несомненной научной новизной и большой практической значимостью. Среди значимых результатов, обладающих научной новизной, особенно следует отметить новое направление в области реализации микробиологических процессов, сформулированное автором, - контролируемый оксидативный стресс. Александр Евгеньевич Кузнецов впервые продемонстрировал, что использование факторов оксидативного стресса и антистрессорных, протекторных факторов в определенных условиях улучшает ростовые и биосинтетические характеристики культивируемых микроорганизмов, что обосновано автором, в том числе, с помощью известных молекулярно-генетических и биохимических механизмов реакции микроорганизмов на стресс. Это явление является основой для интенсификации всех биотехнологических процессов. Полученные результаты широко реализованы на практике. Некоторые предложенные решения не имеют отечественных и мировых аналогов. На разработанные способы совершенствования биотехнологических процессов получено девять патентов. Несомненно важнейшим практическим выходом является тот факт, что результаты диссертации Кузнецов А.Е. с соавторами использовал при подготовке учебных пособий по экологической биотехнологии «Научные основы экобиотехнологии» (М.: Мир) и «Прикладная экобиотехнология» в 2-х т. (М.: Бином), которые рекомендованы в качестве основной учебной литературы студентам Тульского государственного университета (думаю, что и других университетов, которые реализуют профиль «Экобиотехнология» при

подготовке студентов-биотехнологов). Научная новизна и практическая значимость работы подтверждены публикациями (110 публикаций, из них 19 – в изданиях, индексируемых международными базами данных ISI Web of Science и Scopus, 15 - в изданиях, рекомендованных ВАК), 9 патентами и 3 учебными пособиями.

Поражает огромный объем проделанной работы (диссертация изложена на 708 стр.; список цитируемой литературы содержит 1941 ссылку, причем около 90% на работы зарубежных авторов!). Во введении автором сформулированы важные направления совершенствования биотехнологических процессов в рамках экологически рационального подхода: сочетание по времени и месту абиотических и биотических реакций. Первая глава посвящена анализу существующих технологий, приемов, методов проведения процессов ферментации и биологической очистки сточных вод, включая различные подходы для извлечения продуктов биосинтеза, например, мембранные биотехнологии. Во второй главе автор подробно рассматривает влияние абиотических факторов на микробные популяции, анализирует биохимические и молекулярно-биологические механизмы ответа микроорганизмов на стресс, что важно для обоснования поставленных задач диссертационного исследования и полученных автором результатов. В третьей главе описаны объекты исследований и обосновано их использование в этой работе. Представлен разнообразный спектр микроорганизмов, в зависимости от исследуемого биопроцесса (молочнокислые бактерии для получения лактата; дрожжи рода *Candida* для получения кормового белка; дрожжи-сахаромицеты – производители этанола; галобактерии – продуценты ценного фотоактивного белка бактериородопсина; рекомбинантные штаммы промышленно важных бактерий *Bacillus subtilis* – эффективные продуценты витамина B<sub>2</sub>). Для процессов биологической очистки сточных вод акцент сделан на характеристику специфических стоков (фенол-, азот-, фосфорсодержащие стоки; стоки пивоваренных заводов; хозяйственно-бытовые стоки). Проведен анализ существующих проблем биологической очистки и путей повышения эффективности очистки, включая внесение стрессового агента (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), и воздействие антистрессовым фактором – видимым светом. В четвертой главе автор описывает условия проведения экспериментов и методы анализа. В работе использовался широкий спектр микробиологических и биотехнологических методов (стандартных и модифицированных); методов микробиологического, биохимического анализа, которые позволяют контролировать морфологию и физиолого-биохимическое состояние микроорганизмов и их популяций (дыхательную и бродильную активность микроорганизмов, содержание белка, содержание бактериородопсина, в том числе его накопление в клетках). В таблице 1 автореферата все исследуемые процессы сгруппированы в девять вариантов культивирования в соответствии с объектами и целями культивирования, что еще раз подчеркивает объем и многогранность исследования. Важным методическим приемом, который отработывал автор для адаптации микроорганизмов, является последовательный пассаж культур, что позволило получить важные результаты по ответу микроорганизмов на стресс. Используемые методы и подходы, вместе с подробным анализом литературных данных, позволяют решить поставленные задачи полностью. В пятой главе описаны результаты и приведено обсуждение экспериментов по микробиологическому синтезу (молочной кислоты, кормовой биомассы, этанола, бактериородопсина, рибофлавина). Значительная часть работы выполнена по выяснению возможностей открытого автором подхода, названного «контролируемый оксидативный стресс» на примере всех перечисленных выше процессов. Это огромная работа, имеющая большое практическое значение, так как полученные результаты заложили научную основу для целенаправленной разработки методов направленного культивирования, позволили разработать малозатратные ресурсосберегающие и экологические технологии получения ценных биотехнологических продуктов. В шестой главе приведены результаты исследований биологической очистки сточных вод, которые убедительно доказывают применимость контролируемого оксидативного стресса и к этому биотехнологическому процессу. В

выводах, изложенных на 2,5 страницах автореферата, еще раз суммированы все важнейшие результаты работы, включая практические разработки.

Результаты работы имеют практическую значимость и соответствуют паспорту специальности 03.01.06 – Биотехнология по пп. 2 и 3.

Однако необходимость изложения большого объема полученных автором результатов на ограниченном пространстве автореферата привела к тому, что информацию сложно воспринимать даже при внимательном чтении. Это касается и мелкого шрифта текста, и отсутствия списка сокращений, и общего изложения материала. Вероятно, Александру Евгеньевичу следовало бы продумать, как еще больше обобщить результаты, и использовать для этого больше схем и таблиц, подобных таблице 1. Все это, конечно, не влияет на общее прекрасное впечатление от работы.

Диссертационная работа Кузнецова Александра Евгеньевича является законченным научным исследованием, в котором разработана новая научная концепция контролируемого оксидативного стресса как эффективного подхода для совершенствования микробиологических процессов культивирования с учетом приоритетов экологически чистого производства и воспроизведения совмещенных процессов при построении биотенногенных экосистем по принципам функционирования природных экосистем, удовлетворяет предъявляемым к докторским диссертациям критериям, установленным п.9 положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842. Автор – Кузнецов Александр Евгеньевич – заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии).

Доктор химических наук  
доцент,  
заведующая кафедрой,  
кафедра биотехнологии  
ФГБОУ ВО «Тульский государственный  
университет»  
300012 г.Тула, пр.Ленина, 92.  
тел. (раб) +7(4872) 25 79 29

11.03.2021

Понаморева Ольга Николаевна

тел. (моб) +7(915) 783 80 13  
E-mail: olgaponamoreva@mail.ru

*Легков Понаморевой ОН завкафедрой  
Ученый секретарь Леф 11.03.2021*

