

УДК 579.66

**РЕШЕНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ
РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ОПОРНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ
КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ – СИБИРСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ ИМЕНИ АКАДЕМИКА
М.Ф. РЕШЕТНЕВА**

© Э.Ш. Акбулатов, А.В. Любяшкин, Т.В. Рязанова, Ю.Д. Алашкевич, Е.В. Исаева, Ю.А. Литовка,
И.Н. Павлов*

*Сибирский государственный университет науки и технологий имени
ак. М.Ф. Решетнева, пр. Мира, 82, Красноярск, 660049 (Россия),
e-mail: forester24@mail.ru*

Специальный выпуск журнала «Химия растительного сырья» издается по случаю 65-летия кафедры «Химическая технология древесины и биотехнология», 90-летия Сибирского государственного технологического университета и 60-летия Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. Объединение двух крупнейших и социально-экономически значимых для региона высших учебных заведений Красноярского края обеспечило создание в 2016 г. Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева. Это первый опорный университет Восточной Сибири, осуществляющий подготовку высококвалифицированных специалистов по более чем 100 программам для лесной, деревообрабатывающей и химической отрасли, авиационной и космической промышленности, машиностроения, научных и финансовых организаций, международных и российских бизнес-структур, масс-медиа. Во вступительной статье представлены краткий исторический экскурс, основные направления и перспективы научной деятельности кафедры «Химическая технология древесины и биотехнология», связанные с решением проблемы глубокой комплексной переработки растительного сырья с привлечением современных биологических и химических технологий.

Ключевые слова: биоконверсия, растительные отходы, комплексная переработка, биотехнология, химическая технология, биоэкономика, биологические ресурсы.

В 2020 г. исполняется 65 лет кафедре «Химическая технология древесины и биотехнология». Это важное событие в череде юбилейных мероприятий двух университетов, обеспечивших создание на своей базе Опорного университета Красноярского края – 90-летие Сибирского государственного технологического университета и 60-летие Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. Объединение стало мощным драйвером технологического и социально-экономического развития

Акбулатов Эдхам Шукриевич – ректор, кандидат технических наук, тел. (391) 264-00-14, e-mail: akbulatov_esh@sibsau.ru

Любяшкин Алексей Викторович – директор Института химических технологий, кандидат химических наук, тел. (391) 227-66-00, e-mail: lyubyashkinav@sibsau.ru

Рязанова Татьяна Васильевна – доктор технических наук, профессор кафедры химической технологии древесины и биотехнологии, тел. (391) 227-36-54, e-mail: tatyana-htd09@mail.ru

Окончание на С. 304.

территории и сформировало новый уровень центра компетенций в области инженерно-технического образования. Благодаря расширению возможностей междисциплинарных исследований, такое объединение, безусловно, позволило усилить возможность решения фундаментальных и прикладных задач по всем научным направлениям, реализуемым на кафедрах университета. Этим знаковым юбилейным датам и посвящен специальный вы-

* Автор, с которым следует вести переписку.

пуск журнала «Химия растительного сырья», в котором представлены материалы научных исследований, выполненных на кафедре химической технологии древесины и биотехнологии в течение последних лет.

Одним из определяющих факторов успешного развития кафедры является высокопрофессиональный профессорско-преподавательский состав, а также признанное научное лидерство всех заведующих кафедрой с момента ее создания. Первым заведующим был назначен кандидат химических наук В.М. Резников, позднее – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой органической химии Белорусского технологического института, известный химик-органик, внесший существенный вклад в химию лигнина.

С 1963 по 1990 гг. кафедру возглавлял доктор химических наук, профессор Э.Д. Левин, создавший научную школу по комплексной химической переработке древесины и получению биологически активных веществ, которую в настоящее время продолжают развивать его ученики. Под руководством Э.Д. Левина защищено 36 кандидатских диссертаций и 2 докторские диссертации.

С 1992 по 2002 гг. кафедру возглавлял доктор химических наук, профессор С.М. Репях – заслуженный деятель науки Российской Федерации, известный ученый в области химии древесины, экологии, биохимии. Он является автором более 200 опубликованных научных работ, в том числе 4 монографии, 23 патента и авторских свидетельства. Под его руководством защищено 3 докторских диссертации и 15 кандидатских диссертаций.

С 2002 по 2017 гг. кафедру, с открытием новой специальности «биотехнология», возглавляла доктор технических наук, профессор Т.В. Рязанова – известный ученый в области химии растительного сырья, технологии его химической и биотехнологической переработки, экологии. Она является автором более 360 опубликованных научных работ, в том числе 4 монографии, 5 учебных пособий, 15 патентов и авторских свидетельств. Под ее руководством защищено 15 кандидатских диссертаций и 2 докторские диссертации.

С 2017 по 2019 гг. кафедру возглавлял доктор химических наук, профессор П.В. Миронов – известный ученый в области биохимии растений и биотехнологии, автор более 250 опубликованных научных работ, в том числе 6 монографий, ряд учебных пособий и патентов. Под его руководством защищено 6 кандидатских диссертаций и 1 докторская диссертация.

В настоящее время кафедру возглавляет доктор биологических наук, профессор Игорь Николаевич Павлов, заместитель директора по научной работе Института леса им. В.Н. Сукачева Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр» Сибирского отделения Российской академии наук. Основные публикации представлены в журналах Scientific Reports (Nature Publishing Group), Sustainability, BMC Genomics, Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, Сибирский экологический журнал, Прикладная биохимия и микробиология и др. Под его руководством защищено 5 кандидатских диссертаций и 1 докторская диссертация.

Всего за годы существования кафедры было подготовлено 15 докторов наук и 91 кандидат наук.

Ключевым моментом успешного развития исследований в области химических технологий и биотехнологии является наличие современного оборудования. На кафедре длительное время успешно функционирует Центр коллективного пользования, на базе которого выполняются фундаментальные и прикладные исследования по научно-исследовательским проектам и грантам, хозяйственным договорам; осуществляется подготовка докторских, кандидатских и магистерских диссертаций, выпускных квалификационных работ бакалавров в интересах Института химических технологий и всех заинтересованных сотрудников университета. Однако в со-

Алашкевич Юрий Давыдович – доктор технических наук, профессор кафедры машин и аппаратов промышленных технологий, тел. (391) 227-36-54, e-mail: alashkevichud@sibsau.ru

Исаева Елена Владимировна – доктор технических наук, профессор кафедры химической технологии древесины и биотехнологии, тел. (391) 227-36-54, e-mail: isaevaelena08@mail.ru

Литовка Юлия Александровна – доктор биологических наук, профессор кафедры химической технологии древесины и биотехнологии, тел. (391) 227-36-54, e-mail: litovkajul@rambler.ru

Павлов Игорь Николаевич – доктор биологических наук, заведующий кафедрой химической технологии древесины и биотехнологии, тел. (391) 227-36-54, e-mail: forester24@mail.ru

временных условиях стремительного научно-технического прогресса невозможно, да и не нужно стремиться к концентрации оборудования в одной организации. Важным аспектом эффективного решения конкретных задач является объединение технического и кадрового потенциала различных подразделений университета, научных организаций и промышленных предприятий. Так, значительная часть исследований кафедры по биотехнологическому направлению выполняются в тесном сотрудничестве с Институтом леса им. В.Н. Сукачева СО РАН; лабораторией геномных исследований и биотехно-

логии ФИЦ КНЦ СО РАН; Красноярским региональным инновационно-технологическим бизнес-инкубатором (Региональный центр инжиниринга «Биотех»); Красноярским региональным центром коллективного пользования ФИЦ КНЦ СО РАН.

Результаты работы кафедры имеют реальный практический выход и внедряются в технологический процесс в условиях промышленных предприятиях. Так, в 1982–1993 гг. на Тарутинском заводе дубильных экстрактов была проведена опытно-промышленная апробация технологии и наработки опытных партий дубильных экстрактов из коры лиственницы. В 1996–1997 гг. в Допчурском леспромхозе Иркутской области была внедрена технология древесной зелени (экстракция сжиженными углеводородами, бензином) и получен концентрат стеринов, хлорофиллокаротиновой пасты и др.

С 1996 г. по разработанной на кафедре технологии гидролитической переработки зерна работали: «Красноярский БХЗ», ОАО «МИБИЭКС», «Зиминский гидролизный завод» и «Тулунский гидролизный завод». В 2001–2002 гг. наработаны опытные партии биосорбентов и испытаны в производственных условиях в ОАО «Сургутнефтегаз» и КРНУ ОАО «Сибтранснефть». С 2008 г. ООО «НПФ «Экосорб» по разработанной на кафедре технологии производит сорбенты типа «Унисорб» и «Унисорб-Био» для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов. С 2005 г. и по настоящее время на предприятии ЗАО «Сибирский лесохимический завод» производят канифоль для кабельного производства.

В настоящее время наиболее масштабными прикладными исследованиями, выполненными сотрудниками кафедры в интересах крупных промышленных предприятий, являются: 1. Исследование и разработка новых технологий микробиологической очистки промышленных оборотных вод с использованием системы прудов-кондиционеров (окислителей), отбор и селекция (с использованием различных способов рекомбинирования генов, гибридизации, мутации на селективные средах и пр.) штаммов микроорганизмов, эффективно разлагающих токсичные вещества (АО «Полюс Красноярск»); 2. Исследование и разработка методов мониторинга объектов размещения промышленных отходов, в т.ч. с использованием микробиологических, биохимических и молекулярно-генетических методов (ПАО «ГМК «Норильский никель»; ООО «Медвежий ручей»).

Новое и чрезвычайно перспективное направление, в котором позволяет участвовать профессионализм сотрудников кафедры, – это фундаментальные основы селекции биотехнологически значимых штаммов микроорганизмов для получения полилактида из углеводсодержащего сырья для последующего производства биоразлагаемых пластиков. Важность данного исследования определяется все возрастающей проблемой обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО). На территории Красноярского края ежегодный объем отходов, образующихся в результате жизнедеятельности, составляет 1,5–2 млн тонн.

В крупных городах возможно организовать обособленное складирование ТКО в расчете на дальнейшую эффективную переработку, однако в малых населенных пунктах оборот ТКО затруднен, что дополнительно усугубляется удаленностью населенных пунктов друг от друга, а также низкими характеристиками либо отсутствием транспортной инфраструктуры. В этой связи исследования, направленные на создание технологии производства компонентов биоразлагаемых упаковочных материалов, приобретают особую актуальность, при этом попутно будет решаться задача переработки ежегодно образующихся излишков продукции растениеводства.

В целом, на современном этапе развития человечества одной из ключевых задач является формирование благоприятной среды обитания при сохранении экономического роста. Нынешняя линейная экономическая модель, основанная на использовании ископаемых ресурсов, привела к тому, что наша цивилизация перешла определенные границы своего безопасного развития. Существует необходимость в создании новых, более устойчивых ресурсоэффективных и циклических технологий, продуктов и услуг, основанных на использовании биологических ресурсов. основополагающими принципами циркулярной экономики замкнутого цикла являются предотвращение образования, повторное использование и переработка отходов, что выгодно отличает ее от линейной экономики (создание, использование, захоронение отходов).

Понятие биоэкономики было введено в конце 1970-х гг. математиком Н. Джорджеску-Регеном, который интерпретировал ее как экономику, совместимую с возможностями биосферы и обеспечивающую коэволюцию экономики и биосферы. Именно биоэкономика замкнутого цикла может обеспечить сохранение биоразнообразия и смягчение последствий глобальных климатических изменений, а эти процессы, в свою очередь, необходимы для успешного развития биоэкономики. Одним из ключевых элементов биоэкономики, безусловно, являются биотехнологии, основанные на использовании биологических систем, живых организмов и/или продуктов

их жизнедеятельности для решения технологических задач. Лес, как чрезвычайно сложная экосистема и составная часть биосферы, занимает около трети площади суши и может составить основу всей потенциальной эффективной биоэкономики. На долю России приходится 22% от всего запаса мировых лесных ресурсов, что определяет благоприятные условия для развития именно лесной биоэкономики замкнутого цикла.

Проблемой лесопромышленного комплекса сибирских регионов и, в частности, Красноярского края является низкая величина добавленной стоимости, получаемой при переработке одного кубического метра древесины. Удаленность от основных рынков сбыта пиломатериалов и полуфабрикатов, даже если речь идет о клееных деревянных конструкциях, означает, что затраты на транспортировку продукции, отсутствие возможности перерабатывать отходы и низкосортную древесину в значительной мере снижают финансовую эффективность деятельности предприятий и лесного комплекса в целом. В этой связи актуальной для сибирских и дальневосточных регионов является задача развития лесохимических производств. Анализ рыночной конъюнктуры свидетельствует, что наибольшая маржинальность может быть достигнута при производстве новых видов продукции. Создание таких технологий на основе сибирского сырья позволит рассчитывать на повышение экономической эффективности лесного комплекса и, как следствие, – привлечение средств инвесторов в данный сектор экономики. По экспертным оценкам, минимальный объем инвестиций в развитие лесного комплекса Красноярского края, который будет способствовать его гармоничному развитию, должен составить в ближайшие 10 лет 300–400 млрд рублей. Одним из таких новых видов продукции является наноцеллюлоза, создание технологии производства которой позволяет на порядок повысить стоимость продукции, получаемой из одного кубометра по сравнению с обычной целлюлозой (исследования кафедры Машин и аппаратов промышленных технологий). Мировой рынок сбыта наноцеллюлозы динамично растет и достигнет, по оценкам экспертов, в 2021 г. 530 млн долларов.

Среди ключевых проблем, ограничивающих экономическое развитие лесного комплекса, является крайне низкий уровень переработки древесины. В отходы лесопильного производства в настоящее время попадает не менее 30–40% от всего объема заготовленной древесины. Сопоставимое количество отходов образуется на лесосеках. С помощью современных биотехнологий возможно существенное сокращение безвозвратных потерь в виде отходов до уровня не более 1%. Под воздействием ферментов или живых культур микроорганизмов древесное сырье можно конвертировать в высокоусвояемые кормовые продукты с использованием таких технологий, как ферментативный гидролиз древесного сырья, дрожжевание осажаренной древесины, ферментно-дрожжевая обработка сырья и пр. Глубокая биоконверсия растительных отходов позволит параллельно решить не менее сложную проблему возрастания дефицита дешевых и качественных кормовых добавок для сельскохозяйственных животных.

Переход к неистощимому промышленному лесопользованию невозможен без реализации крупных инвестиционных проектов финансово-промышленными группами. Лесосырьевая база является объективным ресурсом, который может выступить обеспечением для привлечения инвесторами финансовых средств, необходимых для реализации проектов. Этот ресурс, являющийся гарантией успешности бизнеса, как никакой другой, нуждается в особой охране от болезней и вредителей. Только за последние 5 лет в Красноярском крае в результате неблагоприятного биотического воздействия погибло более 200 млн кубометров древесины на корню. В дальнейшем, в связи с интенсивным перемещением заготовленной древесины и посадочного материала, а также накоплением площадей погибших лесов следует ожидать стремительного ухудшения их санитарного и лесопатологического состояния. Основопологающими причинами болезней и гибели древостоев являются глобальные климатические изменения, высокая антропогенная нагрузка, массовое размножение насекомых-вредителей и эпифитотии фитопатогенных грибов. В современных реалиях активного трансграничного переноса возбудителей болезней и вредителей требуются не только мониторинговые исследования по контролю за численностью популяций фитопатогенов, но и разработка новых биологических препаратов для защиты растений, основанных, в первую очередь, на конкурентном биологическом контроле.

Разработка и внедрение мероприятий, не допускающих ухудшения качества лесосырьевой базы в результате развития болезней и вредителей леса, является важной задачей (в том числе экономической), в решении которой помимо государства в ближайшем будущем будут заинтересованы инвесторы, намеревающиеся реализовывать крупные инвестиционные проекты. Имеющиеся на кафедре научные результаты по разработке биоинсектицидов для ограничения численности сибирского шелкопряда доказывают эффективность

отдельных биоконтрольных штаммов-энтомопатогенов как для ограничения массового размножения вредителя во время вспышки, так и для превентивной обработки лесов.

В последнее десятилетие на территории Красноярского края динамично реализуются проекты добычи нефти в приполярных и заполярных районах (Ванкорская и Юрубчено-Тахомская группы месторождений). В ближайшее время намечено реализовать проект освоения Паяхской группы месторождений. Ежегодный объем добычи нефти в крае в 2019 г. составил 24 млн тонн; в ближайшее время его планируется довести до 75 млн тонн. В этой связи существенное значение имеет создание технологии производства высокоэффективных сорбентов из растительного сырья в комплексе с криофильными микроорганизмами, активно ферментирующими нефть. Биопрепараты на основе нефтеокисляющих микроорганизмов, необходимы для предотвращения экологического ущерба от возможных разливов/утечек скважинной жидкости и нефти, которые неизбежно возникают в процессе эксплуатации месторождений. Особое значение решение этих задач имеет в условиях инфраструктурно-необустроенных территорий и суровых климатических условиях северных широт.

В связи с особой важностью указанных направлений для экономики Красноярского края приоритетными направлениями научных исследований, разрабатываемых на кафедре для биоэкономики замкнутого цикла, являются:

– лесная микробиология и микология: биотехнологические основы разработки интегрированной системы защиты важнейших лесообразующих хвойных пород Сибири от фитопатогенных грибов и насекомых-вредителей; технологии получения и применения полифункциональных микробных инсекто-фунгицидных биопрепаратов, ферментов и биологически активных веществ;

– разработка химических технологий и биотехнологий комплексной переработки возобновляемого растительного сырья с получением БАВ – средств защиты растений, стимуляторов роста растений, препаратов лекарственного назначения, белковых пищевых и кормовых продуктов;

– разработка технологий синтеза и применения полимерных сорбентов-поропластов, в том числе модифицированных продуктами химической и микробиологической переработки растительного сырья с целью получения эффективных средств для сбора разливов нефти с поверхностей водоемов, почвы.

Особое внимание уделяется фундаментальным основам будущих инноваций, а именно геномным исследованиям микроорганизмов – продуцентов биопрепаратов для биоремедиации и защиты растений, а также для биоконверсии растительных отходов. В основе – имеющееся невероятно высокое, но малоисследованное бактериальное и грибное биоразнообразие бореальных лесов. Понимание функциональной активности геномов и отдельных генов у перспективных природных штаммов-продуцентов будет основой дальнейшего развития CRISPR-редактирования геномов микроорганизмов.

Поступила в редакцию 21 июля 2020 г.

Принята к публикации 26 октября 2020 г.

Для цитирования: Акбулатов Э.Ш., Любяшкин А.В., Рязанова Т.В., Алашкевич Ю.Д., Исаева Е.В., Литовка Ю.А., Павлов И.Н. Решение фундаментальных задач глубокой переработки растительного сырья в опорном университете Красноярского края – Сибирском государственном университете науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева // Химия растительного сырья. 2020. №4. С. 303–308. DOI: 10.14258/jcrpm.2020048438.

Akbulatov E.Sh., Lyubyashkin A.V., Ryazanova T.V., Alashkevich Yu.D., Isaeva E.V., Litovka Yu.A., Pavlov I.N. * SOLUTION OF THE FUNDAMENTAL TASKS OF DEEP PROCESSING OF PLANT WASTE IN THE RESHETNEV SIBERIAN STATE UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, pr. Krasnoyarskiy Rabochiy, Krasnoyarsk, 660037 (Russia), e-mail: forester24@mail.ru

A special issue of the journal "Chemistry of Plant Raw Materials" published on the 65th anniversary of the department "Chemical Technology of Wood and Biotechnology", the 90th anniversary of the Siberian State Technological University and the 60th anniversary of the Siberian State Aerospace University. The combination of the two largest and socio-economically significant universities ensured the creation in 2016 of the Reshetnev Siberian State University of science and technology. This is the first supporting university in Eastern Siberia, providing training for highly qualified specialists in more than 100 programs for the forestry, woodworking and chemical industries, aviation and space industry, mechanical engineering, scientific and financial organizations, international and Russian business structures, and the media. The introductory article presents a brief historical excursion, the main directions and prospects of scientific activity of the department "Chemical technology of wood and biotechnology". They are related to solving the problem of deep complex processing of plant materials with the involvement of modern biological and chemical technologies.

Keywords: bioconversion, plant waste, integrated processing, biotechnology, chemical technology, bio economics, biological resources.

Received July 21, 2020

Accepted October 26, 2020

For citing: Akbulatov E.Sh., Lyubyashkin A.V., Ryazanova T.V., Alashkevich Yu.D., Isaeva E.V., Litovka Yu.A., Pavlov I.N. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 4, pp. 303–308. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020048438.

* Corresponding author.