

## ЛЕСНАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ НА ЭТАПЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ

*Л.Л. Мякинкова*, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. биол. наук, *llm@extech.ru*

*А.В. Маклецкая*, ст. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, *biom@extech.ru*

*В статье рассматриваются перспективы развития лесной биотехнологии в России с учетом условий современного этапа инновационного развития экономики страны, показана зависимость принятия решений о внедрении современных достижений биотехнологии от состояния финансового рынка, транспортной инфраструктуры, срока окупаемости проектов и проблем использования природного ресурсного потенциала страны.*

**Ключевые слова:** Лесная биотехнология, ГМ-древесные растения, биотопливо, биоconversion, фиторемедиация, фитоочистка, соматональная изменчивость, энтомоцидные биологические препараты, комплексная переработка древесной биомассы.

## FOREST BIOTECHNOLOGY AT THE STAGE OF INNOVATION DEVELOPMENT OF ECONOMY

*L.L. Myakinkova*, Head of Department, SRI FRCEC, Ph.D. of Biology, *llm@extech.ru*

*A.V. Makletskaya*, Senior Researcher, SRI FRCEC, *biom@extech.ru*

*The article discusses the prospects of development of forest biotechnology in Russia with regard to conditions of the present stage of development of innovative economy, shows the dependence of decision making on introduction of modern biotechnology developments on the state of the financial markets, transport infrastructure, the project payback period and problems of natural resource potential.*

**Key words:** Forest Biotechnology, GM-woody plants, biofuels, bioconversion, phytoremediation, phyto-purification, somaclonal variation, insecticidal Biologicals, complex processing of woody biomass.

Лес является возобновляемым источником горючего, строительных материалов и бумаги, при этом, лес – основной природный ресурс сохранения экологического благополучия на планете. Вклад производства лесоматериалов в глобальную индустрию в настоящее время составляет 4000 млрд долларов США, а в рынок труда – 3 млн рабочих мест. В ближайшем будущем специалисты прогнозируют рост потребности в лесоматериалах, в то время как крупнейшие промышленные регионы, такие как Япония и страны Европы, не в состоянии выращивать достаточное для удовлетворения своих нужд количество древесины.

Возможности лесной биотехнологии на этапе инновационного развития экономики характеризуются возрастанием внимания ученых и специалистов по промышленной биотехнологии к ряду научных направлений, перспективных с точки зрения получения масштабных экономических результатов.

В числе таких направлений достаточно перспективными являются следующие:

- создание методами биотехнологии форм древесных растений с новыми свойствами;
- разработка биопрепаратов для экологически безопасной защиты лесных массивов;
- повышение эффективности использования древесной биомассы в производстве биотоплива и получении тепловой и электрической энергии;
- разработка современных подходов к биоконверсии лигноцеллюлозного сырья.

В настоящее время биотехнологии используются при создании деревьев, устойчивых к различным заболеваниям и вредителям, что существенно повышает скорость их роста. Исследователи также заняты поисками путей использования биотехнологий для повышения эффективности трансформации растениями солнечной энергии в растительную массу (фотосинтеза) и перераспределения этой энергии на формирование преимущественно древесины. Все эти методы, направленные на повышение продуктивности искусственных лесопосадок, должны сократить объемы вырубки естественных лесных массивов. Следует учитывать, что создание новых пород деревьев с помощью биотехнологии – это длительный процесс, т. к. для выращивания деревьев требуется много времени. Это подтолкнуло ученых к поискам других методов повышения продуктивности. Например, они используют биотехнологические приемы в борьбе с грибковыми и другими заболеваниями древесных растений. Кроме того, ведется работа по улучшению микробиоценозов, населяющих корни деревьев и обеспечивающих усвоение ими питательных веществ, аналогично азотфиксирующим бактериям, снабжающим азотом растения бобовых культур. Нельзя также не отметить эффективность использования биопестицидов в защите лесонасаждений от вредителей, причем наблюдаемый в последнее время прогресс в работе с клетками насекомых подает большие надежды на появление в ближайшем будущем новых соединений для осуществления биологических методов борьбы с лесными вредителями. Возможно, наиболее важной областью применения биотехнологий в лесной индустрии с точки зрения экономики является изменение методов переработки древесины в продукты потребления. Ведутся активные работы по выведению улучшенных методами генной инженерии пород деревьев, в древесине которых будет повышено содержание целлюлозы, являющейся сырьем для целлюлозно-бумажного производства, и снижено содержание лигнина, удаляемого в процессе производства бумаги.

В традиционных технологиях, для удаления лигнина требуются большие затраты энергии и агрессивные химикаты, поэтому изменение наследования соотношения целлюлоза – лигнин, наряду с ускорением роста деревьев, имеет еще целый ряд позитивных с точки зрения экологии последствий.

Учитывая то, что деревья активно поглощают углекислый газ, любой научный результат, позволяющий увеличить продуктивность лесного хозяйства и уменьшить масштабы вырубки существующих лесов, окажет положительный эффект на состояние атмосферы и снизит отрицательный эффект антропогенного воздействия на климат.

Заметный вклад биотехнологий в охрану окружающей среды связан также с заменой агрессивных химических реагентов, используемых в технологических процессах деревообрабатывающей промышленности на ферменты, применяемые для:

- предварительной обработки и размягчения древесных отходов перед приготовлением целлюлозы;
- удаления сосновой живицы из целлюлозной массы для повышения эффективности бумажного производства;
- замены хлора при отбеливании целлюлозной массы;
- обесцвечивания вторичной бумаги, изготавливаемой из макулатуры;
- использования отходов деревообработки с целью получения энергии и производства ценных органических соединений;
- очищения почв, загрязненных, используемыми в деревообработке, консервирующими веществами и каменноугольным дегтем.

Экономическая эффективность перечисленных направлений биотехнологии тесно связана с общей экономической ситуацией в нашей стране и не может рассматриваться изолированно.

Плантации леса для производства древесины начали выращивать в 19 веке в Европе и в середине 20 века в Северной Америке. Промышленные плантации леса стали главным источником деловой древесины в значительной степени из-за более высокой продуктивности

насаждений и меньшей себестоимости древесины по сравнению с древесиной, получаемой от рубки естественных лесов, связанной, отчасти, с соблюдением рекомендаций и законов, содержащих жесткие экологические нормы [1].

Традиционные методы размножения и селекции, применяемые в лесном хозяйстве, сводятся к простому отбору – выявляются деревья, превосходящие по некоторым признакам остальные деревья, так называемые плюсовые, и для размножения берут вегетативные побеги и семена этих деревьев.

Посадка генетически улучшенных древесных пород началась в 1970-х годах. В эти годы методы современной биотехнологии, включая культуру ткани и генетическую модификацию, начали убедительно внедряться в лесное хозяйство. Так как большинство деловой древесины в мире производится на возобновляемых лесонасаждениях, то потенциальные выгоды от использования в посадке быстрорастущих саженцев с требуемыми генетическими изменениями стали очевидными [2].

Генетической модификации может быть подвергнута любая порода деревьев.

В Пушкинском филиале ИБХ РАН создают трансгенные формы некоторых видов лесных пород, преимущественно лиственных – осин, берез, тополя, отличающихся от исходных форм более интенсивным ростом – так называемые «быстрорастущие деревья».

Ученые Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН, используя соматическую изменчивость в культуре *in vitro* и методы генетической инженерии работают над созданием новых форм древесных растений устойчивых к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам, с ускоренным накоплением биомассы с улучшенными характеристиками [3].

Выгода от выращивания генетически улучшенных деревьев заключается не только в снижении стоимости производства древесины, вследствие уменьшения срока выращивания, что в свою очередь приведет к более низким ценам для потребителей при покупке древесины и лесоматериалов, но и в том, что у биотехнологии в лесном хозяйстве есть потенциал возможности решения наиболее важных проблем охраны окружающей среды.

Например, ученые Вашингтонского Университета вывели сорт ГМО-тополя, который может деструктурировать определенные промышленные яды, отравляющие природу, перерабатывая их в безвредные вещества. Применение растительного мира для борьбы с отравлением природы, называемое фиторемедиацией или фитоочисткой, служит новым и весьма перспективным методом решения проблемы промышленных загрязнений. До сегодняшнего дня фиторемедиация выглядела довольно сомнительной идеей, т. к. отравленные участки земли, в основном, содержат не одно, а часто разные отравляющие вещества. Но разработанный сорт тополей решает проблему борьбы с немалым количеством органохимических ядов, в т. ч. хлороформом, бензолом, трихлорэтиленом, перерабатывая их посредством органических преобразований в воду, CO<sub>2</sub> и определенные соли, не наносящие вреда.

Лабораторные испытания определили, что генетически модифицированные тополя в 100 раз эффективнее абсорбируют из почвы трихлорэтилен, по сравнению с исходными формами тополя. ГМО-деревья также могут извлекать токсины из воздуха и перерабатывать их в неопасные метаболиты внутри листьев. Первые опыты должны показать, что такие тополя как таковые не могут принести никакого вредного воздействия на природу и людей [4].

Определенные риски применения ГМО-деревьев будут заключаться в генетическом обмене между трансгенными и дикорастущими деревьями, а также выращивании деревьев с одинаковым генотипом, что будет являться потенциальной проблемой для окружающей среды.

Потенциальные риски применения трансгенных форм растений рассматриваются в виде ряда проблем:

– Использование трансгенных растений, возможно, повлияет на здоровье человека. Проблема безопасности продуктов питания не рассматривается для растений, таких как деревья или хлопок, которые обычно не являются источниками пищи. Однако целлюлоза

все больше и больше используется в качестве наполнителя в продуктах питания, и их безопасность стала поводом для беспокойства.

– Влияние трансгенных растений на естественные экосистемы приведет к генетическому обмену между ними и дикорастущими популяциями. В случаях, где плантационные древесные виды являются интродуцентами, генетический «ауткроссинг» (скрещивание особей из разных линий) в естественной окружающей среде, не был бы катастрофичен. Там, где генетический обмен нежелателен, выращивание стерильных деревьев или сортов (разновидностей) с одновременным цветением уменьшат вероятность их миграции в естественные биоценозы.

Для генов, которые влияют на форму дерева или свойства волокна, миграция в среду также незначительно повлияет на приживаемость и сохранность, и поэтому едва ли будет иметь существенные или неблагоприятные последствия. Однако последствия могут быть различными, если включается ген выживания. Например, миграция гена *Bacillus thuringiensis* (Bt) в природу, который делает растение токсичным к определенным вредителям, мог бы создать более серьезную проблему, если бы это изменило относительное конкурентное положение дикой растительности по отношению к вредителям. В конечном счете, серьезность этой проблемы зависит от возможности передачи гена выживания в природу, масштаба передачи и сравнительного изменения в конкурентоспособном равновесии внутри естественной среды обитания. Вредители адаптируются через естественный отбор к модифицированным генам.

Поэтому подход к увеличению продолжительности действия трансгенных средств борьбы с вредителями будет состоять в установке «резерватов», т. е. мест, где произрастают деревья без гена Bt, ослабляя возможность вредителей к развитию устойчивости через естественный отбор [5, 6].

Сроки получения дохода от внедрения трансгенных древесных пород даже при ускоренных процессах ее созревания остаются достаточно длительными, поэтому решение об инвестициях в такие программы будет в большой степени зависеть от общей экономической ситуации в стране и, прежде всего от действующих и прогнозируемых значений банковского процента.

Стоимость денег с течением времени изменяется с учетом нормы прибыли на финансовом рынке.

Основным инструментом оценки стоимости денег во времени выступает процентная ставка (ставка процента) – удельный показатель, в соответствии с которым в установленные сроки выплачивается сумма процента в расчете на единицу денежного капитала.

Для принятия решения об инвестировании в лесопромышленность, базирующуюся на использовании трансгенных растений, необходимо оценить будущую себестоимость древесины с учетом прогнозируемой инфляции. Для этого может быть использована оценка стоимости денег по простым процентам.

Если принять, что используемая процентная ставка инфляции, выраженная десятичной дробью равна 0,06, то в течение времени роста трансгенного леса (предположим 15 лет), то будущая стоимость вложенных денежных средств, при их наращении по простым процентам, может составить

$$S = P \cdot (1 + 15 \cdot 0,06) = 1,9 .$$

Определив себестоимость продукции в будущем и полагая норму прибыли равной таковой в настоящее время можно оценить прогнозную сумму валового дохода от реализации инвестиционного проекта. Эту величину необходимо сопоставить с доходом, который мог бы быть получен от простого помещения изначально израсходованных средств на долгосрочный депозит в банке. В этом случае необходимо использовать расчеты по сложным процентам.

При оценке стоимости денег во времени по сложным процентам необходимо иметь в виду, что на результат оказывает большое влияние не только используемая ставка процента (ниже процентной ставки по кредитам, в то же время в России она достаточно высокая), но

и число интервалов выплат в течение одного и того же общего платежного периода. Если принять, что выплаты процентов осуществляются ежегодно по ставке 10 %, в течение времени роста трансгенного леса (предположим 15 лет), то будущая стоимость вложенных денежных средств, при их наращении по сложным процентам может составить

$$S_c = P \cdot (1 + 0,1)^{15} = P \cdot 4,6.$$

Полученные цифры объясняют то, что даже трансгенные леса при существующем состоянии экономики в России не могут быть экономически выгодными для инвесторов.

Однако есть еще одна сторона лесной экономики, которая не может не заинтересовать инвесторов. В России около 40 тыс. гектаров леса ежегодно гибнет от вредителей, в том числе леса вблизи городов и населенных пунктов. Восстановление экологически важных лесных массивов требует больших финансовых вложений.

Применение средств химии губительно сказывается на биоразнообразии лесных сообществ. Актуально изыскание биотехнологических средств защиты леса от вредных организмов – препаратов, в которых действующим началом являются патогенные микроорганизмы или продукты их жизнедеятельности.

По сравнению с химическими средствами защиты растений – пестицидами – биопрепараты малотоксичны и менее опасны для человека, животных и окружающей среды, не нарушают природных связей в биоценозе, обладают избирательным действием (не действуют на полезных насекомых – энтомофагов), не способствуют возникновению резистентности у насекомых – вредителей леса.

Энтомоцидные биологические препараты, предназначенные для защиты растений от вредных насекомых, бывают бактериальными, грибными, вирусными, в зависимости от микроорганизма, использованного для приготовления биологических препаратов.

Бактериальные и вирусные препараты действуют после попадания в организм насекомого. Чем больше попадает препарата вместе с кормом, тем выше гарантия заболевания и гибели насекомого, поэтому эти биопрепараты применяют, в основном, в период наиболее активного питания личинок.

Препараты, созданные на основе грибных энтомопатогенов, поражают вредителей преимущественно контактно, через наружные покровы, поэтому могут действовать в любой фазе развития насекомых.

Биологические препараты не вызывают столь быстрой гибели вредителей, как химические инсектициды. Массовая смертность насекомых наблюдается, как правило, через 5–15 суток после внесения препарата, в зависимости от его дозы, вида вредителя и метеорологических условий. При обработке вирусными препаратами вирус долгие годы может находиться в биотопе, в т. ч. включаться в циркуляцию внутри популяции хозяина и становиться впоследствии одним из факторов смертности вредителя. Споры бактерий после внесения в лесной биоценоз бактериальных препаратов долго не сохраняются, в отличие от вирусов они не передаются от родительских организмов потомству и поэтому не способны вызывать естественно возникающих бактериальных эпизоотии в популяциях лесных насекомых.

Бактериальные препараты выпускают на основе бактерий группы *Vt*. Препараты группы *Vt* представляют собой спорово-кристаллический комплекс, т. е. содержат в качестве активного начала, кроме жизнеспособных спор, белковые кристаллы эндотоксина или экзотоксина.

Попадая в кишечник насекомого с пищей, кристаллы растворяются, токсин всасывается, при этом резко нарушается перистальтика кишечника – наступает его паралич, вследствие чего гусеницы прекращают питание. Затем споры прорастают, и бактерии, размножаясь, вызывают заболевание – септицемию. Гибель от септицемии наступает на 5–10 сутки. Если насекомое заглатывает много кристаллов, гибель от токсикоза происходит в течение 1–2 суток. Гусеницы, погибающие только от токсикоза, обычно быстро обезвоживаются, ссыхаются,

уменьшаясь в размерах; полного разложения тканей при этом не происходит. После обработки бактериальными препаратами смертность насекомых может наблюдаться и на последующих стадиях метаморфоза.

Бактериальные препараты на основе *Bt* используют как инсектициды. Препараты выпускают в виде порошков (П), суспензионных концентратов (СК), суспензионных концентратов масляных (СК-М), жидкостей (Ж). Кроме активного начала, бактериальные препараты содержат различные наполнители – тальк, каолин, бентонит и др.

Обработку вегетирующих растений бактериальными препаратами против личиночных стадий активно живущих насекомых проводят способом авиационного или наземного аэрозольного опрыскивания. Эффективность применения этих препаратов во многом зависит от погодных условий в период обработок, состояния популяции вредителя и особенностей древесной породы. Наибольший эффект достигается при обработке в период питания гусениц младших возрастов (I–III), когда дневная температура воздуха достигает 18 °С. В листовых насаждениях обработку проводят при наличии достаточно развитой листвы.

Патогенность и токсичность бактериальных препаратов для теплокровных животных невелика, однако бактериальные препараты могут вызывать аллергические заболевания у людей.

Вирусные препараты оказывают только кишечное воздействие, отличаются высокой видоспецифичностью (обычно к ним восприимчивы один, реже – два–три близкородственных вида). В качестве активного начала они содержат особые белковые образования – полиэдры (имеют форму многогранников) или гранулы (имеют овальную форму), внутри которых заключены вирусные частицы (вирионы). Заглатываемые с кормом полиэдры растворяются в щелочной среде кишечника насекомого, вирусы проникают в клетки ткани и поражают ядра (ядерный полиэдроз) или цитоплазму (цитоплазмальный полиэдроз) живых клеток. Вирусными заболеваниями (виروزами) поражаются личинки (гусеницы) и куколки. По мере развития болезни у гусениц снижается активность передвижения и питания, цвет тела меняется (светлеет или темнеет), ткани разжижаются, гусеницы часто повисают, прикрепившись к веткам, листьям, хвое. Покровы тела разрываются, при этом вытекает бурая жидкость без запаха, насыщенная полиэдрами. Эта жидкость, попав на листья (хвою), становится источником заражения др. насекомых в популяции вредителя. От заражения до гибели гусениц проходит 10–15 суток, иногда больше, это зависит от погодных условий, активности питания личинок.

Для защиты леса от гусениц непарного шелкопряда (*Lymantria dispar*) успешно применяется вирусный препарат вирин-ЭНШ.

Грибные препараты содержат в качестве активного начала споры несовершенных грибов и оказывают кишечное и контактное воздействие на насекомых, вызывая микозы. Одним из главных экологических факторов, влияющих на инсектицидную активность грибов, является высокая влажность окружающей среды. Для нужд сельского и лесного хозяйства выпускается препарат «Боверин» на основе штаммов грибов, вызывающих каменистую грибковую болезнь гусениц (*muscardine*). Существуют эффективные штаммы энтомопатогенных грибов против лесных вредителей.

Биологические фунгициды – биологически активные вещества органического происхождения, подавляющие жизнеспособность или вызывающие гибель микроорганизмов. Они продуцируются микроорганизмами (бактериями, актиномицетами, грибами), а также растениями (фитонциды) и животными. Обладают избирательным действием на микроорганизмы. Биологические фунгициды применяют для борьбы с грибными болезнями растений. Проникая в корни и листья, они распространяются по тканям растений и передают им антибиотическую активность. В тканях находятся в неизменном виде или превращаются в более активные вещества, которые воздействуют на обмен веществ растений, повышая их устойчивость к патогенным микроорганизмам. Биологические фунгициды могут повышать всхожесть семян, ускорять рост растений, стимулировать образование корней.

Экономическая эффективность биопрепаратов для защиты лесных массивов оказывается высокой, их выпуск коммерчески выгоден при организации соответствующих лесозащитных мероприятий на федеральном и региональном уровнях.

В РФ с ее огромными расстояниями и слаборазвитой транспортной инфраструктурой отдаленных районов исключительную важность представляет снижение расходов на дальнепривозное топливо, для чего необходимо развитие местных возобновляемых источников энергии, среди которых немалую роль может играть лесная биоэнергетика в силу больших объемов, разнообразия, дешевизны и доступности биомассы, из которой может быть произведена энергия.

На текущий момент в мире промышленно освоены технологии производства моторного биотоплива первого поколения – из зерновых, масличных культур, сахарного тростника. Однако технологии первого поколения требуют значительных энергетических ресурсов и создают угрозу продовольственной безопасности в мире. В связи с этим, в развитых странах, включая Евросоюз, рассматривается вопрос об ограничении производства биотоплива первого поколения. Перспективными в данной сфере для развития в России до 2020 г. являются технологии производства биотоплива второго поколения (то есть из непродовольственной биомассы: древесины, соломы, биоотходов, энергоемких растений), не требующего существенных изменений в конструкции автомобилей. На текущем этапе при производстве жидкого биотоплива в основном используются технологии гидролиза и пиролиза. Относительно недавно появилась и уже промышленно освоена признанная очень перспективной технология Biomass-to-Liquid (BTL), основанная на так называемом процессе Fischer-Tropsch (Фишера-Тропша), в результате которой все растение перерабатывается в жидкое топливо. Данные виды топлива перспективны с точки зрения показателей по сжиганию и выбросам.

Социально-экономический эффект от реализации целенаправленных мер по развитию биоэнергетики и биотоплива заключается в существенном снижении уровня загрязненности воздуха в городах, что ведет к снижению уровня заболеваемости жителей, существенной экономии затрат на тепло и электроэнергию предприятиями и организациями, у которых образуются большие объемы органических отходов за счет внедрения локальных установок по производству биогаза и преобразования его в тепло и электроэнергию [6].

Экономически эффективной также является комплексная глубокая химическая переработка биомассы таких уникальных древесных пород как лиственница сибирская с целью производства препаратов для медицины и ветеринарии, биологически активных добавок к пище, продуктов для косметической промышленности непосредственно в регионе произрастания сырья по принципу био-рефайнинга (biorefinery) с производством наукоемкой продукции с высокой добавленной стоимостью [7].

К таким продуктам относятся экстрактивные вещества древесины и коры с комлем лиственницы – Пикнолар, пектин, воск, дигидрокверцетин, арабиногалактан и др. Они могут быть использованы для обеспечения России импортозамещающими высокоэффективными, недорогими медицинскими препаратами и некоторыми другими дефицитными продуктами, а именно:

– препаратами, используемыми для лечения ОРВИ и гриппозных инфекций, вызванных вирусами А и В, на разных стадиях болезни (противовоспалительное, противовирусное, противоотечное, иммуностабилизирующее действие);

– препаратами для улучшения мозгового кровообращения (лечение и профилактика инсульта, отека мозга);

– сердечно-сосудистыми препаратами (профилактика и лечение инфаркта миокарда);

– средствами для лечения бронхо-легочных заболеваний;

– гастро- и гепатопротекторами;

– ангиопротекторами;

– радиопротекторами;

– иммунокорректорами;

- регуляторами липидного обмена;
- носителями для наночастиц медицинского назначения;
- пребиотиками для желудочно-кишечного тракта (растворимое пищевое волокно, используемое в кисломолочной и хлебобулочной промышленности);
- пектинами для пищевой промышленности.

Лиственница – главная лесообразующая порода России. Лиственничные леса занимают площадь 278 млн га, что составляет около 40 % всей лесопокрытой площади нашей страны, в то время как сосновые леса занимают 16 %, а еловые – 12 %, в связи с чем, создание системы комплексной переработки древесины лиственницы является важной экономической и инвестиционно-перспективной задачей.

### **Выводы**

Учитывая перспективы и экономические проблемы лесной биотехнологии на этапе инновационного развития экономики России, можно сделать следующие выводы.

В настоящее время биотехнология уже проникла в лесное хозяйство, современные методы культуры ткани для клонирования семян и генетически модифицированные организмы предвещают достаточно большие экономические выгоды. Биотехнология также имеет применения, уникальные для лесного хозяйства, такие как модификация волокна, редукция и экстракция лигнина, а также стерильность, которая является важным фактором для предотвращения «попадания» модифицированных генов в окружающую среду. Важные экологические проблемы, в том числе восстановление естественной среды, измененной под воздействием болезней и вырубкой естественных лесов для деловой древесины, также можно решать с помощью биотехнологии. Однако широкое внедрение биотехнологии в лесное хозяйство России затрудняется рядом организационных и экономических факторов.

Выращивание генно-модифицированных культур в России законодательно не запрещено. Вместе с тем, согласно статье 50 Федерального закона № 7-ФЗ от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды», производство, разведение и использование растений, животных и других организмов, созданных искусственным путем, запрещено без получения положительного заключения государственной экологической экспертизы. Подзаконные акты, регулирующие вопросы проведения государственной экологической экспертизы генно-модифицированных культур, не приняты, поэтому на практике она не проводится. Таким образом, в настоящее время выращивание генно-модифицированных культур в промышленных масштабах на территории Российской Федерации не ведется.

Основной проблемой инновационного развития лесной биотехнологии является отсутствие механизма формирования массы денежных средств, которые могут использоваться длительное время с достаточно приемлемой стоимостью, поэтому внедрение лесных биотехнологий с долгими сроками окупаемости должно опираться на хорошо обоснованные экономические расчеты.

В нашей стране весьма актуально и экономически оправдана разработка биопрепаратов для экологически безопасной защиты лесных массивов, сохранение которых не зависит от наличия свободных «длинных денег» на финансовых рынках.

В регионах расположенных далеко от систем транспортировки углеводородного сырья актуальны работы в области биотехнологий использования древесной биомассы для производства биотоплива и получения тепловой и электрической энергии.

Россия обладает огромными ресурсами уникальных древесных пород, не используемыми в настоящее время из-за удаленности мест их произрастания от транспортных магистралей, поэтому создание на основе биотехнологических исследований систем комплексной глубокой химической переработки древесной биомассы непосредственно в регионе произрастания сырья по принципу био-рефайнинга (biorefinery) с производством наукоемкой продукции с высокой добавленной стоимостью является одним из важнейших направлений лесной биотехнологии на этапе инновационного развития отечественной экономики.



### Список литературы

1. Carson M., Walter C. and Walter S. The future of forest biotechnology. In Robert Kellison, Susan McCord, and Kevan M.A. Gartland (eds.). Forest biotechnology in Latin America. Raleigh, Institute for Forest Biotechnology, 2004.
2. Walter C. and Killerby S. A global study on the state of forest tree genetic modification. In Preliminary review of biotechnology in forestry: Including genetic modification. Forest Genetic Resources Working Papers. Rome: Forestry Department, FAO, 2004.
3. Воронин В.И. Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук. Из материалов экспертного анализа перспектив развития лесной биотехнологии, Москва, РИНКЦЭ, 2012 г.
4. Friedman S., Charbley S. Environmental and social aspects of the intensive plantation/reserve debate. In S.H. Strauss and H.D. Bradshaw (eds.), Forest biotechnologies: Technical capabilities, ecological questions, and social issues in genetic engineering of plantation trees. Washington, DC: Resources for the Future, 2004.
5. Голосова М.А. Насекомые – вредители леса. Биологическое регулирование популяций. М., 2004 г.
6. Мурзин Д.Ю., Пармон В.Н., Симакова И.Л. Развитие научных основ каталитических методов переработки компонентов и биомассы в ценные химические соединения и альтернативное топливо. Материалы конференции «Опыт и результаты исследований, проводимых под руководством приглашенных ученых-соотечественников», Москва 2011 г.
7. Бабкин В.А. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского Сибирского отделения Российской академии наук. Из материалов экспертного анализа перспектив развития лесной биотехнологии, Москва, РИНКЦЭ, 2012 г.

### References

1. Carson M., Walter C. and Walter S. The future of forest biotechnology. In Robert Kellison, Susan McCord, and Kevan M.A. Gartland (eds.). Forest biotechnology in Latin America. Raleigh, Institute for Forest Biotechnology, 2004.
2. Walter C. and Killerby S. A global study on the state of forest tree genetic modification. In Preliminary review of biotechnology in forestry: Including genetic modification. Forest Genetic Resources Working Papers. Rome: Forestry Department, FAO, 2004.
3. Voronin V. (2012) *Sibirskiy institut fiziologii i biokhimii rasteniy Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk. Iz materialov ekspertnogo analiza perspektiv razvitiya lesnoy biotekhnologii* [Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, RAS Siberian Branch. Expert analysis of materials development prospects of forest biotechnology]. *RINKTsE* [SRI FRCEC], Moscow.
4. Friedman S., Charbley S. Environmental and social aspects of the intensive plantation/reserve debate. In S.H. Strauss and H.D. Bradshaw (eds.), Forest biotechnologies: Technical capabilities, ecological questions, and social issues in genetic engineering of plantation trees. Washington, DC: Resources for the Future, 2004.
5. Golosova M. (2004) *Nasekomye – vrediteli lesa. Biologicheskoe regulirovanie populyatsiy* [Insects - forest pests. Biological control populations], Moscow.
6. Murzin D., Parman V., Simakov I. (2011) *Razvitie nauchnykh osnov kataliticheskikh metodov pererabotki komponentov i biomassy v tsennyye khimicheskie soedineniya i al'ternativnoe toplivo. Materialy konferentsii «Opyt i rezul'taty issledovaniy, provodimykh pod rukovodstvom priglashennykh uchenykh-sootchestvennikov»* [Development of scientific bases of catalytic components and methods of processing biomass into valuable chemicals and alternative fuels. Proceedings of the conference «The experience and the results of research conducted under the guidance of visiting scientists – compatriots»], Moscow.
7. Babkin V. (2012) *Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethnoe uchrezhdenie nauki Irkutskiy institut khimii im. A.E. Favorskogo Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk. Iz materialov ekspertnogo analiza perspektiv razvitiya lesnoy biotekhnologii* [Federal State Institution of Science, The Favorskiy Irkutsk Institute of Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. Expert analysis of materials development and prospects of forest biotechnology]. *RINKTsE* [SRI FRCEC], Moscow.