

**Аннотация проекта (ПНИЭР), выполняемого в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы»**

**Номер Соглашения о предоставлении субсидии/государственного контракта:** 14.616.21.0013

**Название проекта:** Разработка технологии оценки и прогнозирования экологических эффектов выращивания лесных плантаций на основе биотехнологических форм деревьев с заданными свойствами (увеличенная скорость роста, усиленная ассимиляцией азота почвы, пониженное содержание лигнина, повышенное содержание целлюлозы).

**Основное приоритетное направление:** Рациональное природопользование

**Исполнитель:** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биоорганической химии им. академиков М.М.Шемякина и Ю.А. Овчинникова Российской академии наук

**Руководитель проекта:** Шестибратов Константин Александрович

**Должность:** старший научный сотрудник

**E-mail:** vglebedev@mail.ru

**Ключевые слова:** *лесная биотехнология, математическое моделирование, круговорот азота и углерода, трансгенные растения, рациональное природопользование, прогнозирование экологических эффектов, целлюлоза, лигнин.*

### **Цель проекта**

1. Прогнозирование экологических эффектов лесных плантаций, созданных с использованием пород с заданными характеристиками (повышенная продуктивность, пониженное содержание лигнинов, повышенная доля целлюлозы, усиленная ассимиляция азота почвы).
2. Разработка метода использования трансгенных растений осины и березы с заданными свойствами в качестве биологических моделей, используемых для прогнозирования круговоротов азота и углерода в искусственных лесных экосистемах, созданных с использованием форм деревьев с заданными характеристиками (как трансгенных, так и нетрансгенных).

### **Основные планируемые результаты проекта**

1. - Перечень критериев для проведения оценки и прогнозирования экологических эффектов искусственных лесных экосистем;
  - базовые региональные сценарии условий функционирования лесных плантаций, созданных с использованием трансгенных клонов осины и березы с заданными характеристиками в качестве биологических моделей прогноза круговоротов азота и углерода в искусственных лесных экосистемах;
  - методы транскриптомного анализа биотехнологических форм осины и березы;
  - результаты транскриптомного анализа образцов с тепличных растений, контейнерных растений открытой площадки и полевых растений биотехнологических форм осины и березы;
  - математические модели оценки и прогнозирования продуктивности древостоя, круговоротов азота и углерода в искусственных лесных

экосистемах, созданных с использованием деревьев с заданными характеристиками;

- стандартные региональные прогнозные модели на основе метода использования трансгенных клонов осины и березы с заданными характеристиками в качестве биологических моделей при прогнозировании круговоротов азота и углерода в искусственных лесных экосистемах;
- технология оценки и прогнозирования экологических эффектов лесных плантаций, созданных на основе деревьев с заданными характеристиками;
- онлайн-репозиторий для обеспечения свободного доступа к версиям прогнозных моделей;
- программный продукт для оценки и прогнозирования экологических эффектов лесных плантаций, созданных на основе деревьев с заданными характеристиками;
- интернет-портал для обеспечения доступа к окончательной версии программного продукта по оценке и прогнозированию экологических эффектов лесных плантаций, созданных на основе деревьев с заданными характеристиками;
- учебное пособие по пользованию разработанной системы моделей по оценке и прогнозированию экологических эффектов лесных плантаций.

2. Разработанный метод разложения растительных остатков для использования в последующем моделировании обладает рядом преимуществ:

- высокая точность оценки скорости разложения, определяемая через эмиссию углекислого газа, анализируемой с помощью газового хроматографа;

- большая длительность эксперимента (один год), позволяющая оценить скорость разложения не только быстроразлагаемой, но и медленно разлагаемой фракции растительных остатков;

- нейтральный субстрат для разложения в отличие от почвенного субстрата неопределенного состава позволяет сравнивать результаты различных экспериментов;

- несколько параметров физических условий разложения (температура и влажность) позволяет использовать полученные данные для моделирования в условиях изменяющегося климата;

- использование нескольких типов органов растений (листья или хвоя, стебли, корни) позволяет более точно оценить влияние растительного опада на плодородие почвы и круговорот азота и углерода.

Отличие разрабатываемой версии модели прогнозирования экологических эффектов от других моделей и ее преимущества при выполнении задач проекта заключается в следующем:

- модель разработана специально для лесных почв, которые в отличие от сельскохозяйственных почв с регулярной распашкой характеризуются наличием специфического органического горизонта – лесной подстилки.

Модель также может применяться для лугов и пастбищ;

- модель ориентирована на структуры входных данных, которые соответствуют материалам российской лесной таксации и почвенных исследований в лесных экосистемах. Модель также соответствует Европейскому стандарту данных лесного мониторинга ICPForest;

-структура модели позволяет оценивать скорости преобразования органического вещества почвы совместно с оценкой эмиссии диоксида углерода, доступных растениям соединений азота по лабораторным экспериментам с разложением опада в зависимости от температуры, влажности, химического состава (азота, лигнина и зольности), что позволит применить ее для уникальной задачи сравнения круговорота элементов в плантациях трансгенных деревьев;

-методика вычисления потока опадов является уникальной и позволяет анализировать в модели смешанные леса и местообитания с высоким биоразнообразием. Число анализируемых фракций опада в модели не ограничено. Она позволяет учесть не только изменение скорости роста, но и перераспределение прироста между различными органами дерева, в то время как все разработанные в мире модели динамики органического вещества почвы (ОрВП) в качестве входного потока опадов используют сильно усредненные значения, что резко снижает точность прогноза.

### **Краткая характеристика создаваемой/созданной научной (научно-технической, инновационной) продукции**

1. Технология оценки и прогнозирования экологических эффектов лесных плантаций, созданных на основе деревьев с заданными характеристиками.
2. Впервые в качестве биологических моделей для получения информации, необходимой для прогнозирования экологических эффектов искусственных лесных экосистем, использованы трансгенные деревья с заданными свойствами.
3. Полученные результаты превышают мировой уровень работ в области моделирования последствий долговременного выращивания деревьев на лесных плантациях целевого назначения, так как до настоящего времени модели с использованием деревьев с заданными характеристиками (повышенная продуктивность, усиленная ассимиляция азота, пониженное содержание лигнинов, повышенное содержание целлюлозы) не использовались.
4. Заявленные результаты достигаются путем использования трансгенных растений осины и березы с заданными характеристиками в качестве биологических моделей. Риском является недостаточное количество выращенного растительного материала для данных моделей в случае неблагоприятных погодных условий, так как растения для данных целей выращиваются в условиях открытой площадки. Для предотвращения данного риска количество высаженных растений будет увеличено.

### **Назначение и область применения, эффекты от внедрения результатов проекта**

1. Результаты данного проекта могут быть использованы при проведении экологической экспертизы проектов по искусственным лесным насаждениям, а также для оценки экологических эффектов лесных плантаций целевого назначения. В качестве возможных потребителей ожидаемых результатов

выступают лесных хозяйства, предприятия лесной и деревообрабатывающей промышленности, природоохранные организации и научно-исследовательские институты.

2. Разработанная модель прогнозирования экологического эффекта лесных плантаций целевого назначения позволит на научной основе проводить закладку данных плантаций, что позволит в соответствующем масштабе уменьшить вырубку естественных лесонасаждений.

3. Использование разработанной математической модели для применения на лесных плантациях целевого назначения, заложенных трансгенными деревьями с заданными характеристиками, позволит за счет более эффективного лесопользования и учета содержания питательных веществ в почве достичь значительного экономического эффекта. Метод использования трансгенных клонов осины и березы с заданными характеристиками в качестве биологических моделей при прогнозировании круговоротов азота и углерода в лесных экосистемах может быть применен для повышения точности прогнозирования круговорота азота и углерода в лесных насаждениях, в том числе и для прогнозирования в условиях меняющегося климата.

4. Полученные результаты будут стимулировать развитие международных интеграционных процессов в научной сфере, поддерживать и развивать кооперацию между российскими и зарубежными исследовательскими организациями. Создание онлайн-репозитория позволит широкому кругу пользователей с помощью разработанной модели быстро оценивать и прогнозировать экологические эффекты на основе определённых экспериментальных данных.

### **Текущие результаты проекта**

В ходе выполнения 1-го этапа проекта были получены следующие результаты:

1. Проведена работа по подбору и анализу научной литературы в соответствии с темой проекта.
2. Проведены патентные исследования по ГОСТ 15.011-96.
3. Проведены работы по подготовке образцов асептических культур биотехнологических форм осины и березы.
4. Получена опытная партия микрорастений *in vitro* биотехнологических форм осины и березы методом клонального микроразмножения.
5. Разработаны Программа и методики исследовательских испытаний опытной партии микрорастений *in vitro* биотехнологических форм осины и березы.
6. С помощью метода ПЦР проведен анализ образцов биотехнологических форм осины и березы.
7. Сформирован перечень критериев для проведения оценки и прогнозирования экологических эффектов влияния на окружающую среду трансгенных клонов осины и березы с заданными характеристиками.
8. Разработаны базовые региональные сценарии условий функционирования (сроки роста, способы эксплуатации) лесных плантаций, созданных с

использованием трансгенных клонов осины и березы с заданными характеристиками в качестве биологических моделей прогноза круговорота азота и углерода в искусственных лесных экосистемах..

9. Проведен анализ методов и подходов оценки и прогнозирования экологических эффектов искусственных лесных экосистем.

10. Создан онлайн-репозиторий для обеспечения доступа к версиям прогнозных моделей, находящий по адресу [www.forestbiotech.ru](http://www.forestbiotech.ru).

11. Выполнено материально-техническое обеспечение работ по получению опытной партии микрорастений *in vitro*.

12. Разработан бизнес-план проекта, включающий пути коммерциализации планируемых результатов.

13. Университетом Гёттингена проведена пробоподготовка растительных образцов биотехнологических форм осины и березы для проведения транскриптомного анализа, а также разработаны методы и подходы для транскриптомного анализа биотехнологических форм осины и березы..

В ходе выполнения 2-го этапа проекта были получены следующие результаты:

1. Проведена работа по адаптации и доращиванию трансгенных растений осины и березы в условиях открытого полигона контейнеризированных культур ФИБХ РАН.

2. Проведен анализ экспрессии рекомбинантных генов на уровнях транскрипции и трансляции в тканях биотехнологических форм осины и березы с разными целевыми признаками.

3. Биометрические исследования в условиях открытого полигона контейнеризированных растений позволили выделить линии трансгенных растений, характеризующихся ускорением роста и повышенной продуктивностью.

4. Заложен долгосрочный модельный эксперимент в условиях открытого полигона с использованием контейнеризированных растений осины и березы..

5. Разработана математическая модель оценки и прогнозирования продуктивности древостоя, круговоротов азота и углерода в искусственных лесных экосистемах, созданных с использованием деревьев с заданными характеристиками.

6. Проведено материально-техническое обеспечение работ по молекулярно-биологическому анализу растительных образцов..

7. Проведена работа по патентованию результатов исследований и разработок..

8. Иностраным партнёром (Университетом Гёттингена, Германия) проведён транскриптомный анализ образцов с тепличных растений биотехнологических форм осины и березы..

В ходе выполнения 3-го этапа проекта были получены следующие результаты:

1. Проведён анализ растительных образцов биотехнологических форм осины и березы с целью определения содержания азота, углерода, лигнинов,

целлюлозы и пентозанов.

2. Проведена работа по закладке долгосрочных экспериментов по разложению растительных образцов (листьев, стеблей, корней) биотехнологических форм осины и берёзы.
3. Проводятся работы по закладке полевого модельного эксперимента (опытной лесной культуры) на сертифицированном испытательном полигоне.
4. Проводятся работы по построению стандартных региональных прогнозных моделей на основе метода использования трансгенных клонов осины и берёзы с заданными характеристиками в качестве биологических моделей при прогнозировании круговоротов азота и углерода в искусственных лесных экосистемах.
5. Проводятся дополнительные патентные исследования.
6. Проведены работы по материально-техническому обеспечению работ по анализу растительных образцов с целью определения содержания азота, углерода, лигнинов, целлюлозы и пентозанов.
7. Проводятся мероприятия, направленные на освещение и популяризацию промежуточных и окончательных результатов ПНИ.
8. Иностранном партнёром (Университетом Гёттингена, Германия) проведён транскриптомный анализ образцов с контейнерных растений открытой площадки биотехнологических форм осины и берёзы..