

ВИДЫ ТОПОЛЕЙ ДЛЯ ПЛАНТАЦИОННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ В РАМКАХ ЛЕСОКЛИМАТИЧЕСКОГО ПРОЕКТА

О.А.Дёмшин, А.А.Попова, П.М.Евлаков

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

Аннотация. Данная статья описывает проблему плантационного разведения тополей (род *Populus*), которая является перспективным направлением для лесоклиматических проектов, направленных на секвестрацию углерода. Благодаря высокой скорости роста (1–3 м/год) и способности поглощать **5–12 тонн CO₂/га/год**, тополя эффективно снижают выбросы парниковых газов. В России наиболее востребованы *Populus nigra* (южные регионы), *Populus balsamifera* (Сибирь) и *Populus alba* (городское озеленение). Плантации тополя также способствуют восстановлению деградированных земель, защите почв от эрозии и улучшению качества воздуха. Однако для успешной реализации проектов необходимы устойчивые к болезням и климатическим стрессам гибриды, а также комплексный мониторинг состояния насаждений.

Ключевые слова: лесоклиматический проект, плантационное разведение тополей.

POPLARS SPECIES FOR FOREST CLIMATE PROJECT PLANTATION CULTIVATION

O.A.Demshin, A.A.Popova, P.M.Evlakov

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia

Abstract. This article describes the problem of plantation cultivation of poplars (genus *Populus*), which is a promising area for forest-climatic projects aimed at carbon sequestration. Due to the high growth rate (1-3 m/year) and the ability to absorb 5-12 tons of CO₂/ha/year, poplars effectively reduce greenhouse gas emissions. In Russia, *Populus nigra* (southern regions), *Populus balsamifera* (Siberia) and *Populus alba* (urban landscaping) are the most in demand. Such plantations also contribute to the restoration of degraded lands, protection of soils from erosion and improvement of air quality. However, successful project implementation requires disease- and climate-stress-resistant hybrids, as well as comprehensive monitoring of plant conditions.

Keywords: climate project, plantation cultivation of poplars.

Введение.

Тенденция изменения климата на планете, вызванная в основном значительным накоплением парниковых газов в атмосфере, в перспективе может привести к необратимым экологическим последствиям. Чтобы предотвратить экологические катастрофы, мировое сообщество достигло соглашений, направленных на сокращение антропогенного воздействия на атмосферу Земли и достижение углеродной нейтральности. Для этого разрабатываются и внедряются различные организационные механизмы, призванные снизить выбросы парниковых газов. Платационное разведение тополей в рамках лесоклиматического проекта — это перспективное направление, которое может способствовать смягчению последствий изменения климата за счет поглощения углекислого газа (CO₂) из атмосферы.

Материалы и методы исследования.

Для подбора ассортимента тополей проанализированы российские и зарубежные источники по эколого-биологическим особенностям тополей и вопросам лесоклиматических проектов.

Результаты исследования и их обсуждение.

Тенденция изменения климата на планете, вызванная в основном значительным накоплением парниковых газов в атмосфере, в перспективе может привести к необратимым экологическим последствиям. Чтобы предотвратить экологические катастрофы, мировое сообщество достигло соглашений, направленных на сокращение антропогенного воздействия на атмосферу Земли и достижение углеродной нейтральности. Для этого разрабатываются и внедряются различные организационные механизмы, призванные снизить выбросы парниковых газов. Платационное разведение тополей в рамках лесоклиматического проекта — это перспективное направление, которое может способствовать смягчению последствий изменения климата за счет поглощения углекислого газа (CO₂) из атмосферы.

Климатический проект — комплекс мероприятий, обеспечивающих сокращение (предотвращение) выбросов парниковых газов или увеличение поглощения парниковых газов [1].

Одним из видов лесоклиматических проектов являются углеродные плантации, представляющие собой площади, занятые искусственными насаждениями, созданными с целью ускоренного выращивания древесно-кустарниковых пород с запланированными характеристиками конечного продукта.[2]

Платационное разведение быстрорастущих древесных пород, таких как тополя, представляет собой эффективный способ увеличения углеродного стока. Тополя обладают уникальными характеристиками, которые делают их идеальным выбором для таких проектов. Выбор конкретного вида или гибрида зависит от климатических условий, типа почв и целей проекта[3]. В зависимости от сроков реализации проектов (краткосрочные, среднесрочные, долгосрочные) важно подбирать виды с разными темпами роста и продолжительностью жизни. В таблице 1 предоставлена классификация видов тополей по скорости роста и применимости для проектов.

Таблица 1.

Классификация видов Тополей по скорости роста и применимости для лесоклиматических проектов.

Вид тополя	Скорость роста (м/год)	Продолжительность жизни (лет)	Рекомендуемый срок проекта	Потенциал секвестрации и CO ₂ (тонн/га/год)	Оптимальные регионы
<i>Populus nigra</i> (Тополь чёрный)	2.0–3.0	30–50	Краткосрочный (10–20 лет)	8–12	Юг РФ, поймы рек
<i>Populus balsamifera</i> (Тополь бальзамический)	1.8–2.5	40–60	Краткосрочный/Среднесрочный	7–11	Сибирь, Дальний Восток
<i>Populus tremula</i> (Оси́на)	1.5–2.0	50–70	Среднесрочный (20–40 лет)	5–8	Европейская часть РФ, Урал
<i>Populus alba</i> (Тополь белый)	1.2–1.8	60–80	Среднесрочный/Долгосрочный	6–10	Южные и центральные регионы
<i>Populus suaveolens</i> (Тополь душистый)	1.0–1.5	70–100	Долгосрочный (40+ лет)	4–7	Сибирь, зоны с экстремальным климатом

Можно сделать вывод, что для краткосрочных проектов (10-20 лет) оптимальны *P. nigra* и *P. balsamifera* — их высокая скорость роста обеспечивает быструю секвестрацию углерода [4]. Для **среднесрочных проектов** (20–40 лет) подходят *P. tremula* и *P. alba*, сочетающие умеренный рост с устойчивостью к болезням и климату. Для **долгосрочных проектов** (40+ лет) выбирают *P. suaveolens* и *P. alba* — они медленнее растут, но дольше сохраняют углерод в биомассе.[5]

Тополь (род *Populus*) обладают разной степенью адаптации к климатическим условиям, что критично для успешной реализации лесоклиматических проектов. В РФ, с её разнообразием климатических зон (от субтропиков до арктических территорий), выбор видов должен учитывать устойчивость к экстремальным температурам, засухам, переувлажнению и другим стрессам. В таблице 2 представлена классификация видов тополей по климатической адаптивности.

Таблица 2.

Классификация видов Тополей по климатической адаптивности.

Вид тополя	Климатическая зона	Устойчивость к экстремальным условиям
<i>Populus nigra</i> (Тополь чёрный)	Юг РФ, поймы рек	Высокая засухоустойчивость, слабая морозостойкость
<i>Populus balsamifera</i> (Тополь бальзамический)	Сибирь, Дальний Восток	Высокая морозостойкость (-50°C), устойчивость к переувлажнению
<i>Populus tremula</i> (Осина)	Европейская часть РФ, Урал	Устойчивость к резким перепадам температур, бедным почвам
<i>Populus alba</i> (Тополь белый)	Южные и центральные регионы	Засухоустойчивость, устойчивость к засолению почв
<i>Populus suaveolens</i> (Тополь душистый)	Сибирь, зоны с экстремальным климатом	Экстремальная морозостойкость, устойчивость к вечной мерзлоте

Из приведенной классификации видно, что для **южных регионов** оптимальны *P. nigra* и *P. alba*, адаптированные к засухам и высоким температурам. Для **Сибири и Дальнего Востока** ключевые виды — *P. balsamifera* и *P. suaveolens*, выдерживающие морозы до -50°C и вечную мерзлоту. Для **центральной России** подходят *P. tremula* и *P. alba*, устойчивые к резким климатическим изменениям [6,7].

Тополь (род *Populus*) обладают разной устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессам, что критично для долгосрочной эффективности лесоклиматических проектов. В РФ ключевыми стрессорами являются засухи, морозы, переувлажнение, засоление почв, болезни (ржавчина, бактериальный некроз) и вредители (тополевая моль, листовёртка). Таблица 3 демонстрирует классификацию видов тополей по устойчивости к стрессам, их применимости для проектов разной длительности.

Таблица 3.

Устойчивость видов тополей к основным стрессам.

Вид тополя	Устойчивость к засухе	Устойчивость к морозам	Устойчивость к переувлажнению	Устойчивость к болезням и вредителям	Рекомендуемый срок проекта
<i>Populus nigra</i> (Тополь чёрный)	Высокая	Низкая	Высокая	Средняя (уязвим к ржавчине)	Краткосрочный (10–20 лет)
<i>Populus balsamifera</i> (Тополь бальзамический)	Средняя	Очень высокая (-50°C)	Высокая	Высокая	Краткосрочный/Среднесрочный

<i>Populus tremula</i> (Осина)	Средняя	Высокая (-40°C)	Низкая	Очень высокая	Среднесрочный (20–40 лет)
<i>Populus alba</i> (Тополь белый)	Очень высокая	Средняя (-30°C)	Средняя	Высокая	Среднесрочный/Долгосрочный
<i>Populus suaveolens</i> (Тополь душистый)	Низкая	Экстремальная (-60°C)	Очень высокая	Средняя (уязвим к листовёртке)	Долгосрочный (40+ лет)

Наибольшей универсальностью обладает *P. balsamifera*, устойчивый к морозам, переувлажнению и болезням. Для **засушливых регионов** идеален *P. alba*, а для зон с экстремальными морозами — *P. suaveolens*. *P. tremula* (Осина) выделяется очень высокой устойчивостью к болезням, но плохо переносит переувлажнение.

Тополя рода (*Populus*) применяются в лесоклиматических проектах не только для секвестрации углерода, но и для решения сопутствующих задач: восстановления деградированных земель, создания защитных лесополос, промышленных плантаций и городского озеленения [8]. Выбор вида зависит от целевого использования, сроков проекта и экологических условий. В таблице 4 приведена классификация видов тополей по типу использования и срокам проектов.

Таблица 4.

Классификация видов тополей по типу использования и срокам проектов.

Вид тополя	Тип использования	Рекомендуемый срок проекта	Особенности применения	Потенциал секвестрации CO ₂ (тонн/га/год)
<i>Populus nigra</i> (Тополь чёрный)	Промышленные плантации	Краткосрочный (10–20 лет)	Быстрый рост для получения биомассы и древесины.	8–12
<i>Populus balsamifera</i> (Тополь бальзамический)	Восстановление нарушенных земель	Краткосрочный/Среднесрочный	Устойчивость к эрозии, подходит для рекультивации карьеров.	7–11
<i>Populus tremula</i> (Осина)	Защитные лесополосы	Среднесрочный (20–40 лет)	Укрепление почв, защита от ветровой эрозии.	5–8
<i>Populus alba</i> (Тополь белый)	Городское озеленение	Среднесрочный/Долгосрочный	Устойчивость к загрязнению, декоративность.	6–10
<i>Populus suaveolens</i> (Тополь душистый)	Защита вечной мерзлоты	Долгосрочный (40+ лет)	Стабилизация грунтов в Арктике и Сибири.	4–7

Исходя из данных таблицы 4 можно сделать вывод, что **промышленные плантации** требуют видов с высокой скоростью роста (*P. nigra*, *P. balsamifera*), ориентированных на быструю секвестрацию углерода. **Городское озеленение** эффективно с *P. alba*, который сочетает устойчивость к загрязнению и долгосрочное усвоение CO₂. **Защита вечной мерзлоты** в Сибири возможна только с использованием морозостойких видов, таких как *P. suaveolens*.

Плантационное разведение тополей (род *Populus*) является стратегически важным инструментом для реализации лесоклиматических проектов в Российской Федерации, направленных на секвестрацию углерода и адаптацию к климатическим изменениям.

Выводы или заключение.

Подводя итог, можно сделать основные выводы:

1. **Высокая эффективность секвестрации CO₂:**
Тополя, благодаря быстрому росту (1–3 м/год) и высокой биомассе, способны поглощать **5–12 тонн CO₂/га/год**. Наибольший потенциал демонстрируют виды:
 - *Populus nigra* (8–12 тонн CO₂/га/год) — для южных регионов;
 - *Populus balsamifera* (7–11 тонн CO₂/га/год) — для Сибири и Дальнего Востока.
2. **Адаптивность к климатическим условиям:**
 - **Южные регионы:** *P. nigra* и *P. alba* устойчивы к засухам и засолению почв.
 - **Сибирь и Арктика:** *P. suaveolens* и *P. balsamifera* выдерживают морозы до -60°C и вечную мерзлоту.
 - **Центральная Россия:** *P. tremula* и *P. alba* устойчивы к резким климатическим колебаниям.
3. **Экологические и социальные преимущества:**
 - Восстановление деградированных земель (*P. balsamifera*) и создание защитных лесополос (*P. tremula*) предотвращают эрозию почв и повышают биоразнообразие.
 - Городское озеленение (*P. alba*) улучшает качество воздуха и снижает эффект «тепловых островов».

Плантационное разведение тополей — это не только вклад в углеродную нейтральность, но и многофункциональный инструмент для устойчивого развития регионов РФ. Дальнейшие исследования должны быть направлены на селекцию гибридов, устойчивых к экстремальным условиям, и интеграцию тополей в циркулярную биоэкономику.

Список литературы

1. Об ограничении выбросов парниковых газов: Федеральный закон от 02.07.2021 № 296 // Справочная правовая система «Консультант Плюс». — URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992/

2. Морковина, С. С. Управление реализацией лесоклиматических проектов в РФ: перспективы и риски / С. С. Морковина, Е. А. Панявина, И. С. Зиновьева // Естественно-гуманитарные исследования. – 2022. – № 40(2). – С. 198-203. – EDN UFXKBU
3. Царев А.П., Плугатарь Ю.В., Царева Р.П. Селекция и сортоиспытание тополей : монография [под общ. ред. А.П. Царева]. Симферополь: ИТ “АРИАЛ”, 2019. 252 с. – URL:<https://elibrary.ru/item.asp?id=44730074>
4. Dillen, S.Y. Growth and Physiology / S.Y. Dillen, S.B. Rood, R. Ceulemans // Genetics and genomics of Populus. – Luxemburg.: Springer Science + Business Media, 2010. – P. 39-63
5. Гарус И. А., Рунова Е. М., Орлова Ю. В. Оценка состояния тополя бальзамического (*Populus Balsamifera* L.) в зеленых насаждениях Братска // Природообустройство. - 2023. - №4.
6. Машкина Ольга Сергеевна, Табацкая Татьяна Михайловна, Морковина Светлана Сергеевна, Панявина Екатерина Анатольевна Выращивание посадочного материала тополя белого (*Populus alba* L.) на основе коллекции *in vitro* и оценка его себестоимости // Лесотехнический журнал. 2016. №1.
7. Бакулин В. Т. Интенсивность роста тополя белого в Западной Сибири и возможность использования его в зеленом строительстве и селекции // Региональные геосистемы. 2011. №3-1 (98).
8. Царев А.П., Царева Р.П., Царев В.А., Евлаков П.М. Гибридизация тополей: монография [под общ. ред. А.П. Царева]. М-во науки и высшего образования РФ, ФБГОУ ВО “ВГЛУ”. Воронеж, 2021. 289 с. – URL:<https://elibrary.ru/item.asp?id=48706906>.

References

1. On limiting greenhouse gas emissions: Federal Law No. 296 dated 07/02/2021 // Consultant Plus Legal Reference System. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992/
2. Morkovina, S.S. Managing the implementation of forest climate projects in the Russian Federation: prospects and risks / S.S. Morkovina, E.A. Panyavina, I.S. Zinovieva // Natural sciences and humanities research. – 2022. – № 40(2). – Pp. 198-203. – EDN UFXKBU
3. Tsarev A.P., Plugatar Yu.V., Tsareva R.P. Breeding and variety testing of poplars: a monograph [under the general editorship of A.P. Tsarev]. Simferopol: IT “ARIAL”, 2019. 252 p. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44730074>
4. Dillen, S.Y. Growth and Physiology / S.Y. Dillen, S.B. Rood, R. Ceulemans // Genetics and genomics of Populus. – Luxemburg.: Springer Science + Business Media, 2010. – P. 39-63
5. Garus I.A., Runova E.M., Orlova Yu. V. Assessment of the condition of balsamic poplar (*Populus Balsamifera* L.) in the green areas of Bratsk // Environmental management. - 2023. - №4.
6. Mashkina Olga Sergeevna, Tabatskaya Tatiana Mikhailovna, Morkovina Svetlana Sergeevna, Panyavina Ekaterina Anatolyevna Cultivation of white poplar planting material (*Populus alba* L.) based on the *in vitro* collection and its cost estimate // Forestry engineering magazine. 2016. №1.

7. Bakulin V.T. The intensity of white poplar growth in Western Siberia and the possibility of using it in green construction and breeding // Regional geosystems. 2011. №3-1 (98).

8. Tsarev A.P., Tsareva R.P., Tsarev V.A., Yevlakov P.M. Hybridization of poplars: a monograph [under the general editorship of A.P. Tsarev]. Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, VGLTU Federal State Educational Institution. Voronezh, 2021. 289 p. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48706906>.