



# КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ

**А.М. Крышень, Н.А. Галибина, С.А. Мошников, Б.В. Раевский, Л.В. Ветчинникова и  
многие другие**





# КПНИ

## «Экологические и социально-экономические угрозы деградации лесов России в условиях глобальных изменений и пути их предотвращения»



В процессе подготовки были проанализированы результаты исследований, решаемые задачи и методы. Стало понятно, что дальнейшее развитие исследований по продуктивности таежных лесов возможно при объединении усилий лесоводов, ботаников, экологов, физиологов, генетиков.



Д.с.-х.н. А.И. Соколов

Д.б.н. Л.Л. Новицкая



# Исполнители

## 7 докторов наук, 16 кандидатов наук, 11 аспирантов

Фамилия Имя Отчество	Ученая степень	Должность
Крышень Александр Михайлович	д.б.н.	директор ИЛ КарНЦ РАН
Галибина Наталия Алексеевна	д.б.н.	зам. дир. по науч. раб.
Ветчинникова Лидия Васильевна	д.б.н.	гл.н.с.
Раевский Борис Владимирович	д.с-х.н.	зав. лаб.
Сазонова Татьяна Аркадьевна	д.б.н.	в.н.с.
Чернобровкина Надежда Петровна	д.б.н.	в.н.с.
Шорохова Екатерина Владимировна	д.б.н.	вед.н.с.
Мошников Сергей Анатольевич	к. с-х.н.	зам. дир. по науч. раб., ст.н.с.
Николаева Надежда Николаевна	к.б.н.	ученый секретарь, с.н.с.
Пеккоев Алексей Николаевич	к. с-х.н.	зав. лаб.
Придача Владислава Борисовна	к.б.н.	зав. лаб.
Никерова Ксения Михайловна	к.б.н.	с.н.с., руководитель лаб.
Ананьев Владимир Александрович	к. с-х.н.	вед.н.с.
Синькевич Сергей Михайлович	к. с-х.н.	вед.н.с.
Геникова Надежда Васильевна	к.б.н.	с.н.с.
Мощенская Юлия Леонидовна	к.б.н.	с.н.с.
Новичонок Елена Валентиновна	к.б.н.	с.н.с.
Тарелкина Татьяна Владимировна	к.б.н.	с.н.с.

Фамилия Имя Отчество	Ученая степень	Должность
Болондинский Виктор Константинович	к.б.н.	с.н.с.
Ильинов Алексей Алексеевич	к. с-х.н.	с.н.с.
Карпечко Анна Юрьевна	к. с-х.н.	н.с.
Неронова Яна Анатольевна	к. с-х.н.	м.н.с.
Егорова Анастасия Всылъевна	к. с-х.н.	м.н.с.
Ромашкин Иван Вадимович		н.с.
Рыжкова Нина Ивановна		н.с.
Софронова Ирина Николаевна		н.с.
Робонен Елена Вильямовна		н.с.
Кикеева Анастасия Вячеславовна		н.с.
Афошин Никита Валерьевич		м.н.с.
Костина Екатерина Эйнариевна		м.н.с.
Обабко Роман Павлович		м.н.с.
Серебрякова Оксана Сергеевна		м.н.с.
Серкова Александра Александровна		м.н.с.
Туманик Наталья Владимировна		м.н.с.
Тесля Дмитрий Вадимович		стаж.-иссл.
Бородина Марина Николаевна		вед. биолог
Семенова Людмила Игоревна		вед. биолог
Иванова Диана Сергеевна		вед. биолог

Фамилия Имя Отчество	Ученая степень	Должность
Литинская Наталья Леонидовна		вед. инж.лес.х-ва
Петрова Надежда Евгеньевна		вед. биолог
Степанова Алена Игоревна		вед. биолог
Воробьев Виталий Владимирович		вед. инж.лес.х-ва
Тихова Галина Петровна		вед. биолог
Савельев Леонид Алексеевич		старший биолог
Виликайнен Людмила Матвеевна		физик
Семин Денис Сергеевич		физик

### Соисполнители

Фамилия Имя Отчество	Ученая степень	Должность
Медведева Мария Владимировна	к.б.н.	зав. лаб.
Полевой Алексей Владимирович	к.б.н.	вед. н.с.
Ахметова Гульнара Вялитовна	к.б.н.	с.н.с.
Руоколайнен Анна Владимировна	к.б.н.	с.н.с.
Мошкина Елена Викторовна	к.б.н.	н.с.
Рудковская Оксана Анатольевна	к.б.н.	н.с.
Тимофеева Вера Владимировна	к.б.н.	н.с.

**Аспиранты:** Афошин Никита Валерьевич, Ершова Мария Алексеевна, Кикеева Анастасия Вячеславовна, Обабко Роман Павлович, Прокопюк Виктория Михайловна, Серкова Александра Александровна, Тесля Дмитрий Вадимович, Туманик Наталья Владимировна, Чирва Ольга Владимировна

**Сотрудники аналитической лаборатории:** Баишникова Тамара Григорьевна - ведущий химик, Волоснева Ирина Валерьевна - ведущий химик, Голодюк Антонина Александровна - ст. химик, Ерофеевская Светлана Леонидовна - ведущий химик, Климова Анна Владимировна - ст. химик, Коржова Мария Андреевна - ведущий химик, Макарова Тамара Николаевна - ведущий химик, Тихомирова Софья Игоревна - старший биолог



# Как можно повысить продуктивность лесов?

Лесоводственные, агротехнические и геоботанические методы: повышение плодородия местообитаний, оптимизация плотности посадок, породного состава и т.п.

Селекционно-генетические методы: плюсовые насаждения и деревья, лесосеменные плантации, элитные семена, микроклональное размножение, соматический эмбриогенез.

Молекулярно-генетические и биохимические механизмы регуляции скорости роста и формирования древесины с заданными свойствами

Цель: исследовать основные факторы устойчивости и развития лесных сообществ, продуктивности древостоев и выявить физиолого-биохимические и молекулярно-генетические механизмы формирования древесины



# Можно добиться ускоренного роста традиционными лесоводственными методами



**В настоящее время развитие технологии лесозаготовок позволяет ставить вопрос об экономической и экологической целесообразности выборочных рубок с максимальным сохранением лесной среды и вниманием к проблеме биологического разнообразия. Это в свою очередь ставит много биологических вопросов.**



# Интенсификация лесопользования

В последние годы в российском лесоводстве много говорится об **интенсификации лесопользования**, при этом образцом видится финляндское или шведское лесное хозяйство. Пока российское лесное хозяйство делает вид, что берет на вооружение скандинавские технологии, финляндские лесоводы и экологи обратили внимание на широкий арсенал способов российских рубок, применявшихся в прошлом веке. Интерес представляют удаленные последствия их применения с точки зрения сохранения лесной среды и биоразнообразия. Может стоит **остановиться в этой гонке и стать лидером современного мирового направления?**



Shorohova E., Sinkevich S., Kryshen A., *Vanha-Majamaa I.*, Variable retention forestry in European boreal forests in Russia / *Ecological Processes*, 9. (3). 2020.

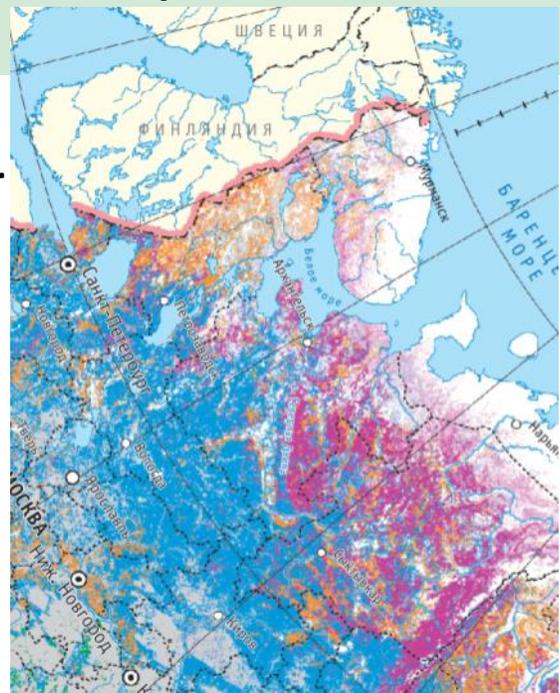
*Крышень А.М., Синькевич С.М., Шорохова Е.В.* Variable retention forestry – лесоводство, ориентированное на непрерывное в пространстве и во времени сохранение лесной среды // Растительные ресурсы. Т. 56, № 3. 2020. С. 195-201

DOI: [10.31857/S0033994620030036](https://doi.org/10.31857/S0033994620030036)



# Мы не отрываем проблему выращивания высокопродуктивных древостоев от проблем сохранения лесов и биоразнообразия, понимая, что современные технологии позволяют соотносить экономическую и экологическую составляющие лесопользования

Рубка – леса это не только прикладная проблема, с ней связано множество фундаментальных вопросов. Интерес к проблеме обострился в последнее время в связи с изменением климата и несколько ранее с проблемой сохранения биоразнообразия



При поддержке Фонда Конне (Финляндия) началась оценка отдаленных последствий рубок, проведенных в период с 1920-х до 2000-х годы с оставлением деревьев, на состав и структуру древесного яруса, напочвенного и эпифитного покрова, дереворазрушающих грибов, ксилофильных насекомых и т.п.

В настоящее время лиственные леса занимают 12% территории Карелии, что связано с безумной деятельностью лесохозяйственников – отсутствием реального лесовосстановления и уходов



# Исследования процессов разложения коры и древесины валежа основных лесообразующих пород *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Betula spp.*, *Populus tremula* и *Larix sibirica* в условиях среднетаежных ельников

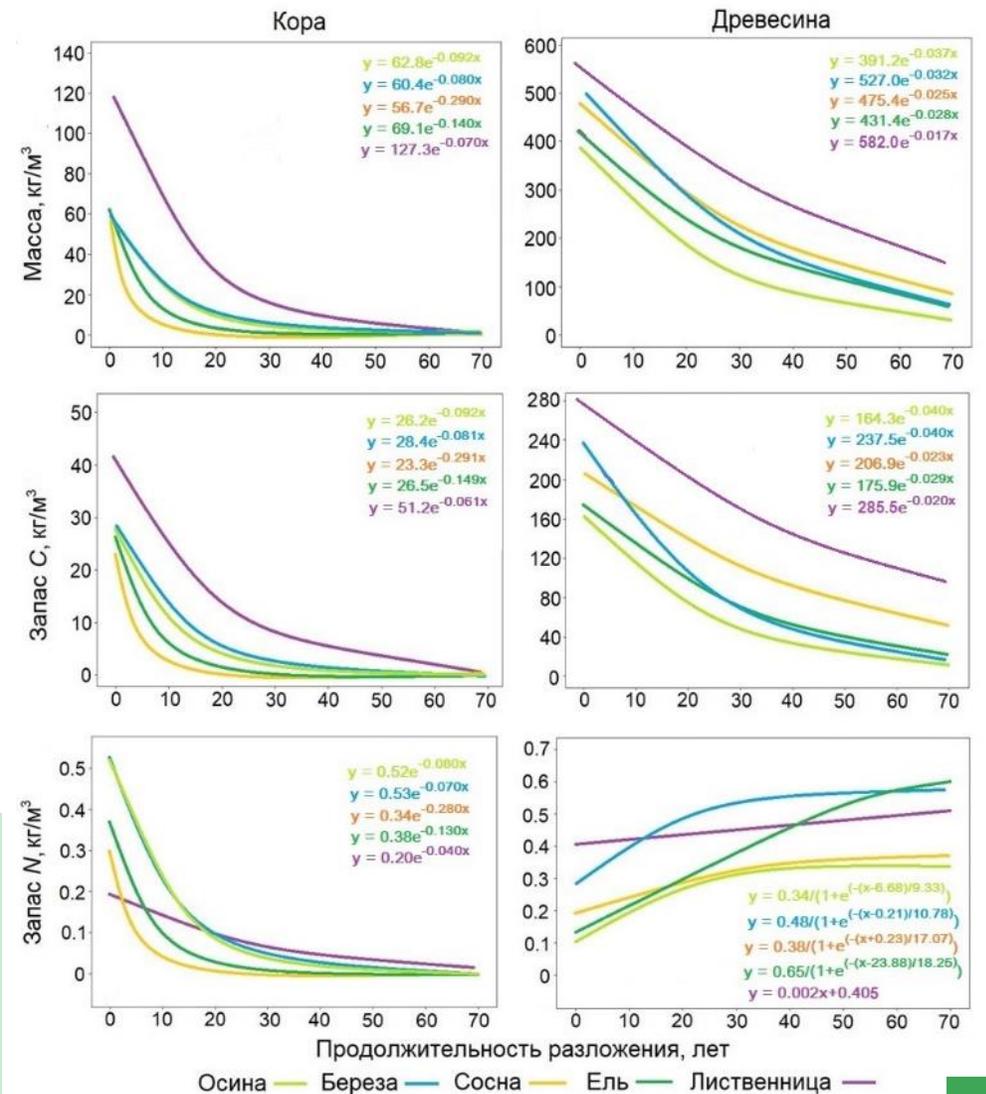
Предложены модели динамики запасов основных биогенных элементов в валежных стволах основных лесообразующих пород средней тайги европейской части России (*Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Betula spp.*, *Populus tremula* и *Larix sibirica*), позволяющие прогнозировать скорость разложения стволов и изменение баланса углерода и азота в лесной экосистеме.

Полученные результаты важны для оценки климаторегулирующей функции лесов и могут быть использованы при планировании природоохранной и лесозаготовительной деятельности, учитывающей сохранение биоразнообразия и других экосистемных функций лесов.

Особое значение исследования приобретают в связи с естественным возобновлением лесов.

*Romashkin I. et al.* Substrate quality regulates density loss, cellulose degradation and nitrogen dynamics in downed woody debris in a boreal forest. For. Ecol. and Management. 2021. V. 491  
*Мошников С. А., Ананьев В. А., Ромашкин И. В.* Структура и динамика запасов крупных древесных остатков в сосняках черничных средней тайги // Экология. № 2. 2021.

*Shorohova E.V. et al.* Comparing measurement approaches for quantifying CO<sub>2</sub> flux from downed woody debris with a dynamic chamber method // Russian Journal of Ecology, V.51, N4. 2020. Pp. 351-362



Осина — Береза — Сосна — Ель — Лиственница



# Пространственное распределение естественное возобновления ели в условиях среднетаежного ельника черничного

Исследования естественного возобновления ели в условиях среднетаежного ельника черничного показали, что наиболее высокие средние значения численности подроста возрастом до 40 лет наблюдались на микроместообитаниях, связанных с ксилолитическим субстратом (валежные стволы, пни и корни различной степени разложения).

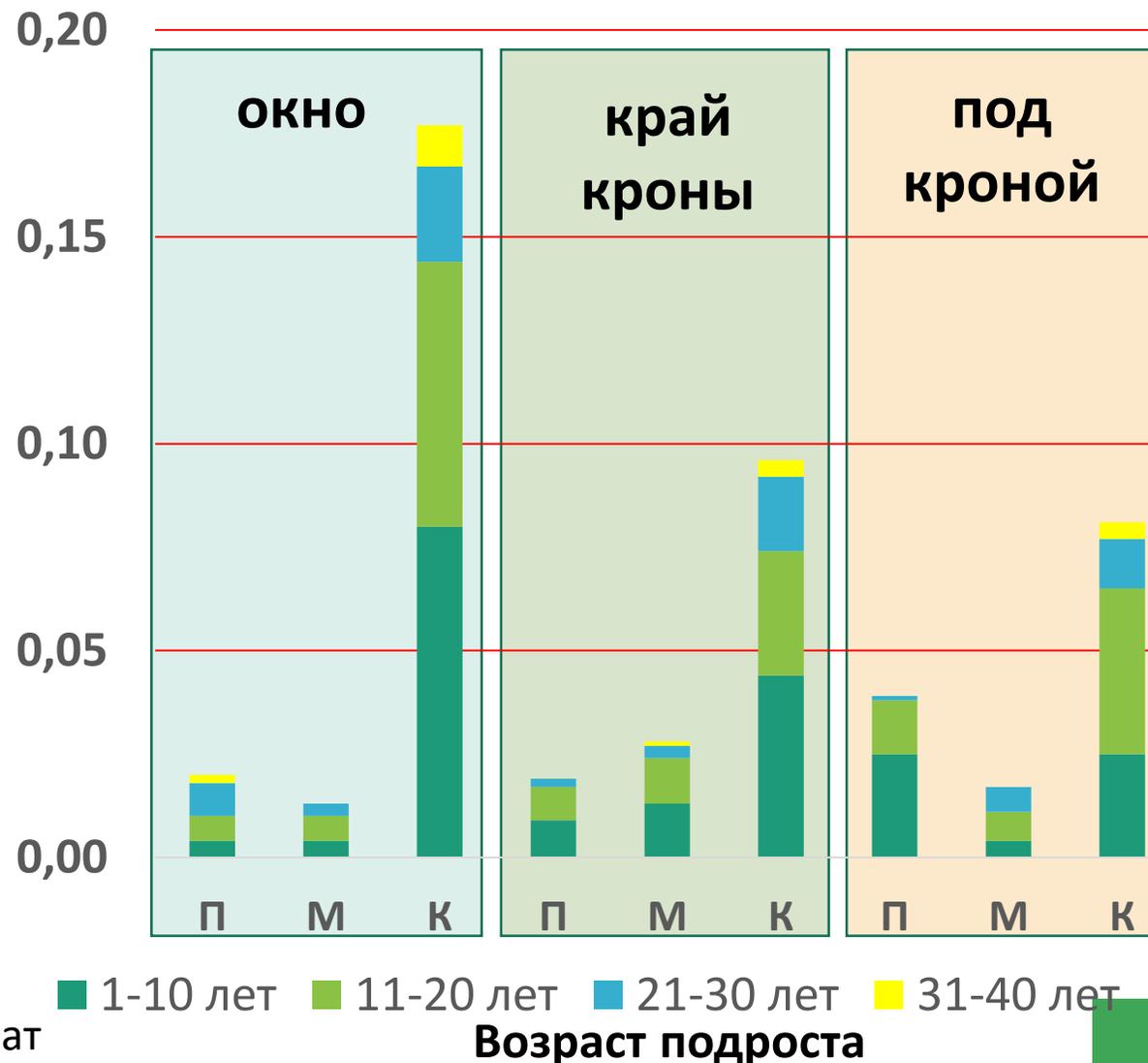
В чем причина: микориза, питание, физико-химические условия среды или все в комплексе?

П – почва

М – микроповышение

К - Ксилолитический субстрат

Среднее количество подроста ели на кв. м





# Эксперименты с подпологовыми культурами

**Выявление эколого-физиологических и биохимических механизмов, обеспечивающих успешный рост и развитие саженцев, растущих в переходной зоне и под пологом леса на разных формах микрорельефа продемонстрировали зависимость приживаемости и роста от погодных условий в год посадки, и влияния деревьев. Условия произрастания (микроместообитания) влияли на выбор саженцем «стратегии выживания» через формирование микоризы, интенсивности поглощения биогенных элементов и воды; перераспределение биомассы в сторону хвои или мелких корней. Так, относительно бедные и сухие условия (искусственно созданные микроповышения) приводили к увеличению роста корней и развития микоризы, что, в свою очередь, приводило к увеличению содержания биогенных элементов в саженцах и в целом их более высокой сохранности.**





# Влияние края леса (недорубов) на возобновление

Сплошные рубки приводят к фрагментации лесного покрова и образованию экотонных комплексов, включающих в себя участок леса (Л), переход от леса к вырубке под пологом древостоя (КЛ – край леса), переход от леса к вырубке вне древесного яруса (КВ – край вырубki) и собственно вырубку (В). Исследовано естественное возобновление основных лесообразующих пород (ель, береза) в северотаежном экотонном комплексе «ельник черничный – вырубка». Показано, что наиболее благоприятными для естественного возобновления ели являются переходные зоны у края леса как в сторону леса, так и в сторону вырубki. На участках вырубki, удаленных от края леса, преимущества имеет березовый подрост, отличающийся здесь высокой густотой и активным ростом

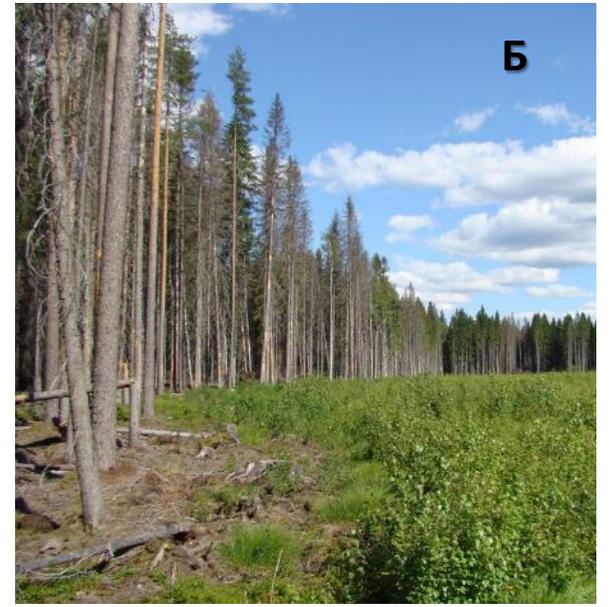


Рис. 1. Фрагментация лесного покрова вырубками (А); переход от леса к вырубке (Б)

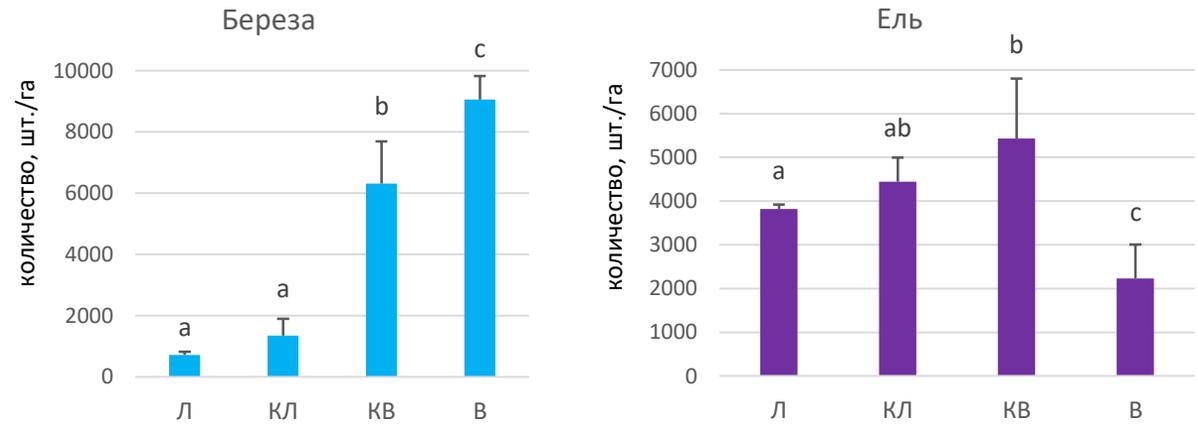


Рис. 2. Среднее количество подроста березы и ели в экотонном комплексе ельника черничного и вырубki, шт/га: (средние значения и ошибка среднего) при ширине переходной зоны в 8 м в обе стороны от края леса. Буквами показаны различия между средними значениями (по результатам дисперсионного анализа).

*Genikova N. et al* Natural Regeneration of the Tree Stand in the Bilberry Spruce Forest—Clear-Cutting Ecotone Complex in the First Post-Logging Years // Forests 12(11). 2021. Pp. 1-15



# ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ К ПОСЛЕДСТВИЯМ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Российские лесоводственные традиции обозначили, что баланс между сохранением экологических функций и продолжением производства древесины может быть достигнут, в том числе, за счет применения видов рубок, которые способствуют сохранению подроста как резерва для воспроизводства хвойных насаждений – сплошных с сохранением подроста, выборочных и т.д.



Интенсивное изреживание приводит к резкому изменению абиотических факторов среды, которые, в первую очередь, оказывают влияние на фотосинтетический аппарат (ФА) растений.

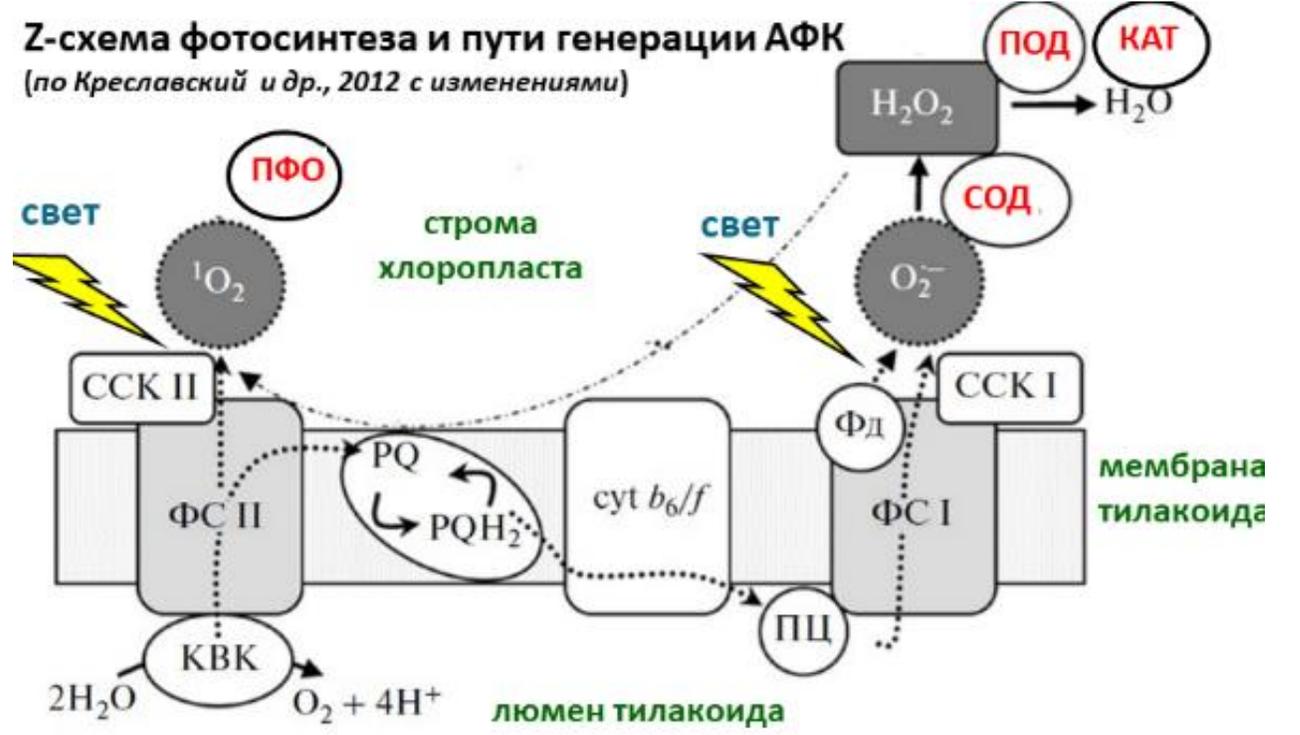


# ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ (УВЕЛИЧЕНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ)

Стратегии защищающие ФА от фотоповреждения и позволяющие ему функционировать в новых условиях без снижения фотохимической активности:

- перестройка пигментного аппарата,
- изменение активности ферментов АОС,
- увеличение нефотохимического тушения.

Структурные и функциональные перестройки фотосинтетического аппарата (ФА) при адаптации растений к изменению освещенности



ПФО – полифенолоксидаза, ПОД – пероксидаза  
КАТ – каталаза, СОД - супероксиддисмутаза



# ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ (УВЕЛИЧЕНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ)

## Особое внимание в наших исследованиях уделяется изучению флоэмогенеза

Структурные и функциональные перестройки фотосинтетического аппарата (ФА) при адаптации растений к изменению освещенности

доступность ресурсов ↓

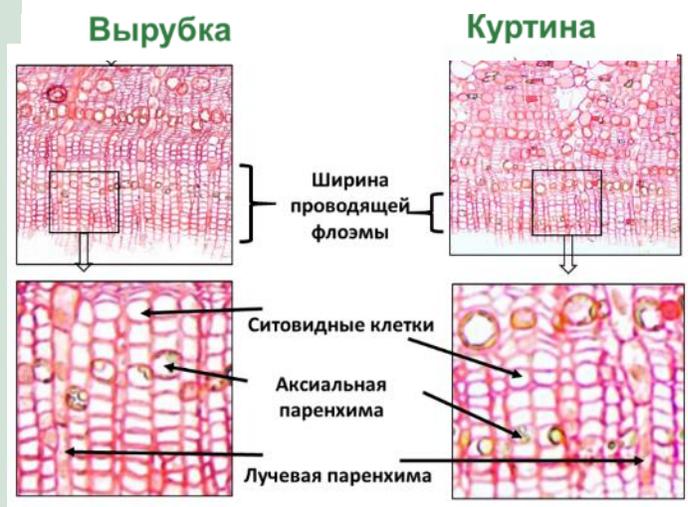
камбиальная активность, рост дифференциация клеток



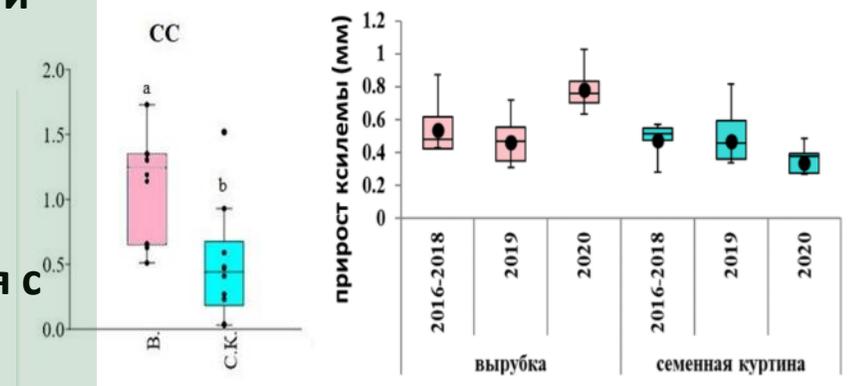
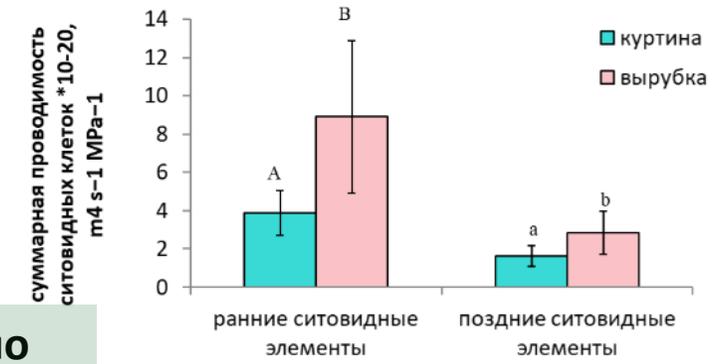
качество формирующейся древесины

- увеличение теоретической проводимости ситовидных клеток ранней и поздней флоэмы;

У подроста ели на вырубке:  
- усиление камбиальной активности в сторону образования элементов флоэмы;



- утилизация сахарозы по сахарозосинтазному пути (активность сахарозосинтазы, СС) больше в дифференцирующейся ксилеме, что согласуется с большими годовыми приростами ксилемы.



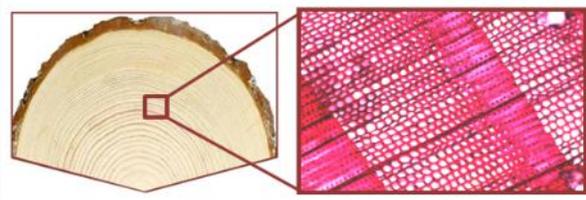


# Продуктивность – это не только объемы древесины, но и ее качество

Не просто ускоренное выращивание древесины, а ускоренное выращивание древесины с заданными свойствами. Задача уже решается лесоводственными способами, но гораздо эффективнее она будет решаться с применением биотехнологий.



Исходная густота, тыс. шт./га

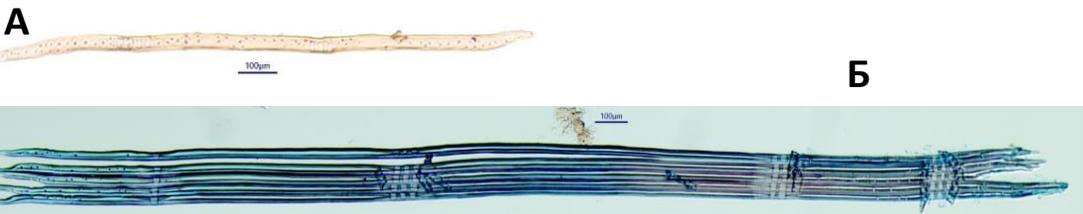


Плотность древесины, кг/м.куб



Параметры древесины, мкм

Категория качества по плотности



Фотографии трахеид из ранней (А) и поздней (Б) древесины

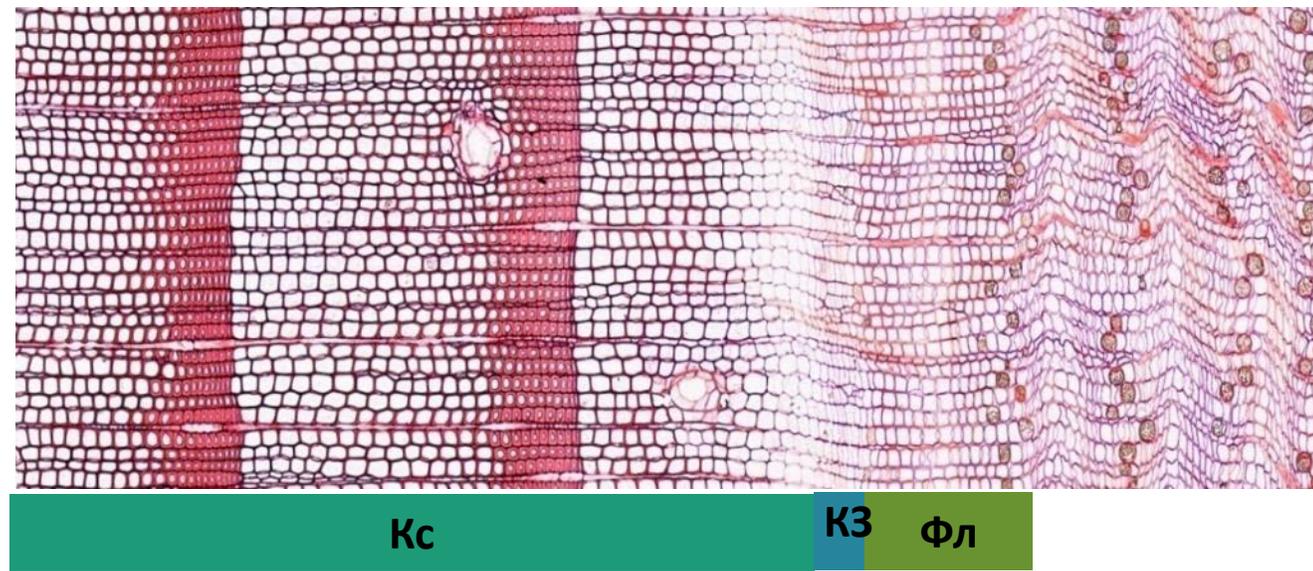
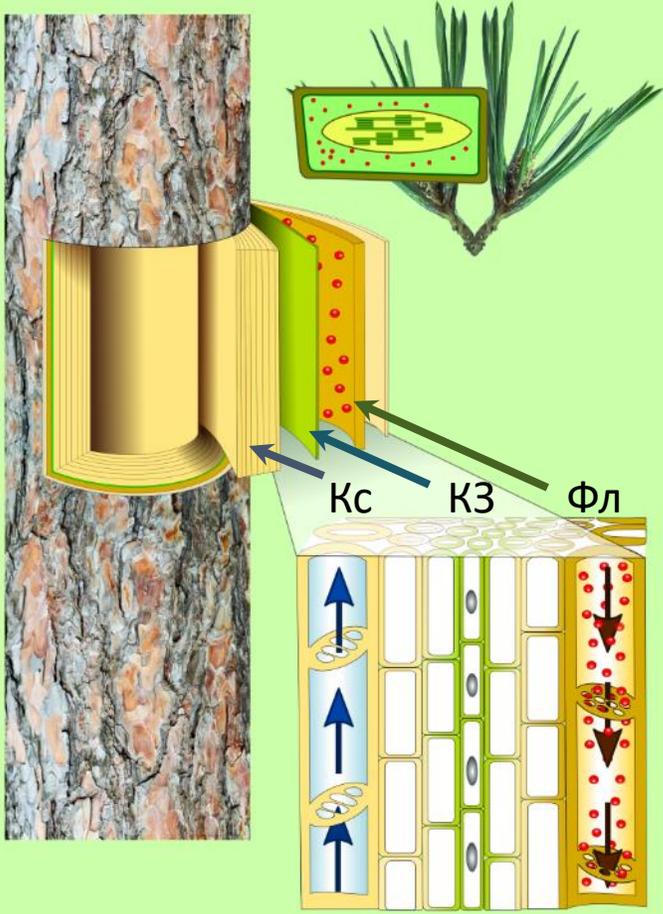
Исходная густота, тыс. шт./га	Плотность древесины, кг/м.куб	Параметры древесины, мкм	Категория качества по плотности
1,0	307	Толщ. кл. стенок ранних – 7,1, Толщ. кл. стенок поздних – 13,1, Диам. люмена поздних – 32,8	2 категория
2,0	366	Толщ. кл. стенок ранних – 8,7, Толщ. кл. стенок поздних – 13,0, Диам. люмена поздних – 27,0	1 категория
4,0	346	Толщ. кл. стенок ранних – 7,4, Толщ. кл. стенок поздних – 10,5, Диам. люмена поздних – 18,5	2 категория

Одним из важнейших показателей качества древесины является соотношение поздней и ранней древесины, определяющее использование древесины для получения бумаги (больше целлюлозы) или на строительные нужды (больше лигнина)



# Исследование структурно-функциональных особенностей проводящей флоэмы деревьев сосны *Pinus sylvestris*

В лесах значительное количество ассимилированного в процессе фотосинтеза углерода (25-75%, в зависимости от вида) направляется в подземную часть для обеспечения процессов роста и дыхания корней и ассоциированных с ними симбиотических организмов. Процесс особенно важен в бедных сухих условиях. У сосны транспорт ассимилятов от кроны к корням происходит по ситовидным клеткам проводящей флоэмы ствола. Скорость транспорта ассимилятов и объем транспортируемого раствора зависят от характеристик ситовидных клеток и проводящей флоэмы в целом.



Кс – ксилема (древесина)  
КЗ – камбиальная зона  
Фл – проводящая флоэма

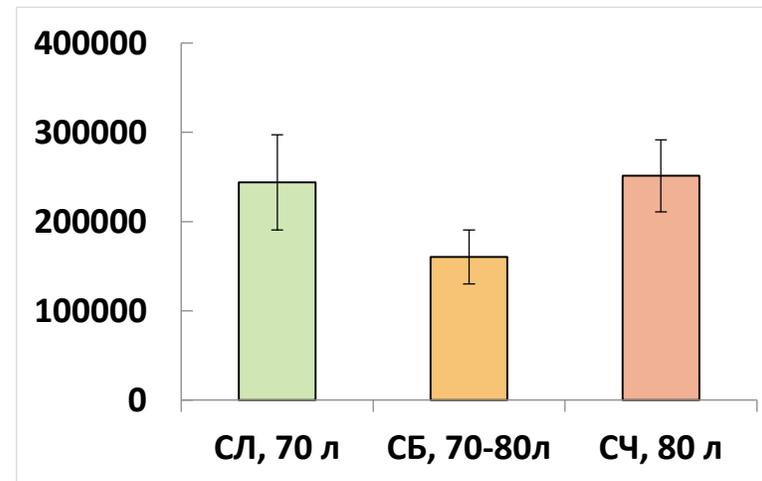
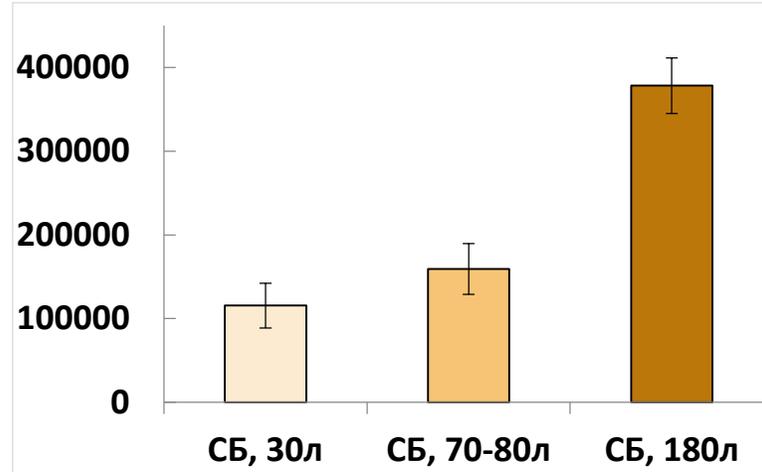


# Изменение анатомической структуры и проводимости флоэмы у сосны в зависимости от возраста дерева и типах лесорастительных условий

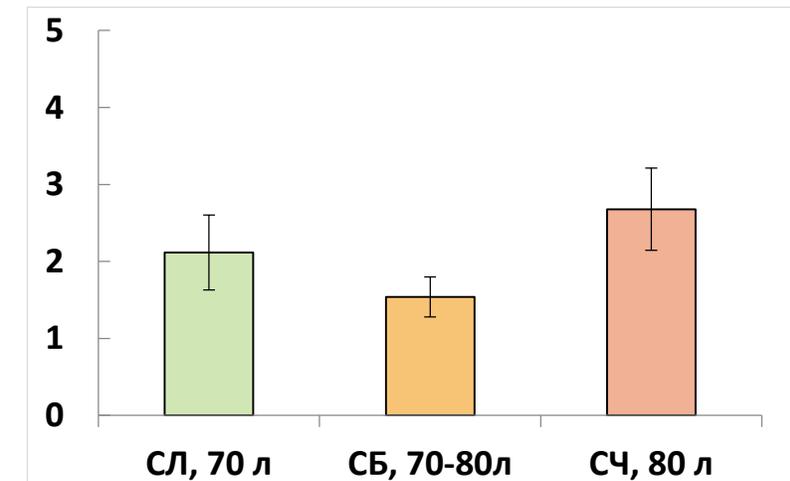
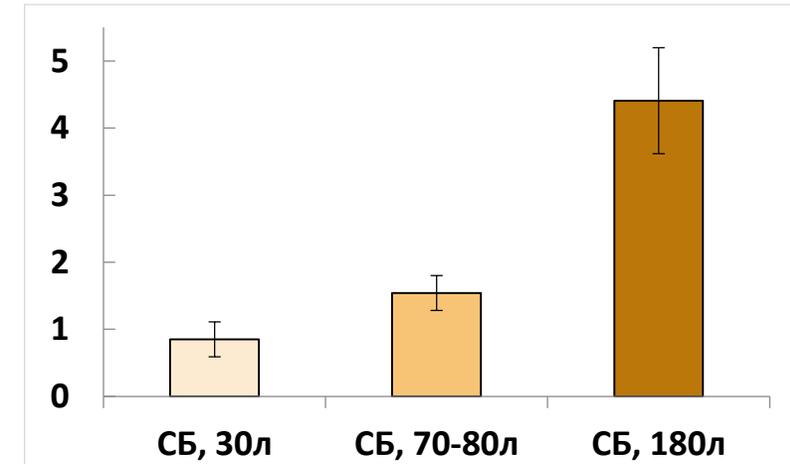
<b>Сосняк брусничный</b>	<b>30 лет</b>	<b>70-80 лет</b>	<b>180 лет</b>
Высота дерева, м	12.4	20.2	26.1
Диаметр ствола на высоте 1.5 м	13.0	18.8	39.1
Протяженность живой кроны, м	6.1	7.7	12.0

<b>Тип леса (70-80 летний сосняк)</b>	<b>СЛ</b>	<b>СБ</b>	<b>СЧ</b>
Высота дерева, м	13.1	20.2	28.6
Диаметр ствола на высоте 1.5 м	22.9	18.8	32.4
Протяженность живой кроны, м	9.7	7.7	8.5

Число ситовидных клеток во флоэме одного дерева на высоте 1.5 метра, шт.



Теоретическая проводимость флоэмы одного дерева на высоте 1.5 метра, 10<sup>-15</sup> м<sup>4</sup>/сек

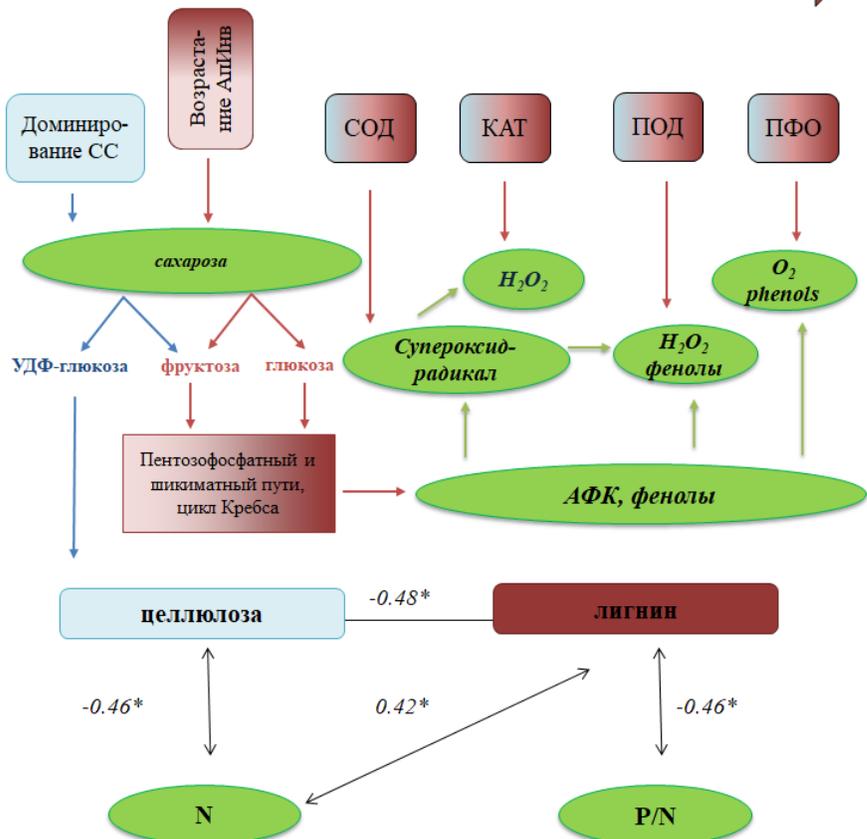


Исходя из состояния (строения) флоэмы можно рассчитать сток углерода для отдельного дерева и, зная структуру сообщества – сообщества в целом



# Карельская береза – модельный объект, где в одном стволе одновременно отрабатываются различные сценарии ксилогенеза

Снижение в ксилеме сосудов на фоне увеличения клеток паренхимы



Установлено, что дифференциация стволовых клеток камбия по пути программируемой клеточной смерти (формирование сосудов и волокон ксилемы) и по пути сохранения протопласта (формирование паренхимы ксилемы) связана с изменением активности ферментов антиоксидантной системы (АОС). Образование узорчатой древесины у карельской березы сопровождается увеличением активности АОС. Последнее является следствием преобладания апопластного пути метаболизма сахарозы над сахарозосинтазным путем и коррелирует с уровнем доступных азота и фосфора в почве. В совокупности действие ферментов углеводного обмена и антиоксидантной системы может отразиться на соотношении целлюлозы / лигнина в клеточных стенках, что определяет качество формирующейся древесины

*Nikerova et al.* (2021) Upregulation of antioxidant enzymes is a biochemical indicator of abnormal xylogenesis in Karelian birch // *Trees*, Available online 19 October 2021;

*Nikerova et al.* (2021) The effect of soil fertility on antioxidant enzymes activity in a subarctic woody species // *Czech Polar Reports*. 2021 11(1): 41-66

*Галибина Н.А., Новицкая Л.Л., Никерова К.М.* Донорно-акцепторные отношения органов и тканей березы повислой при альтернативных сценариях ксилогенеза // *Физиология растений* Т.66. №2. 2019. С. 128-136

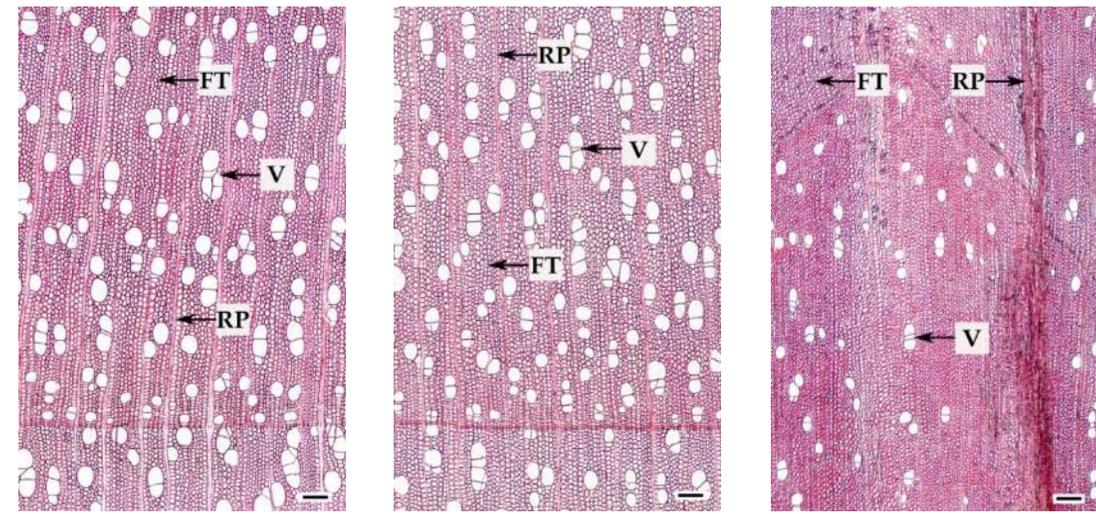
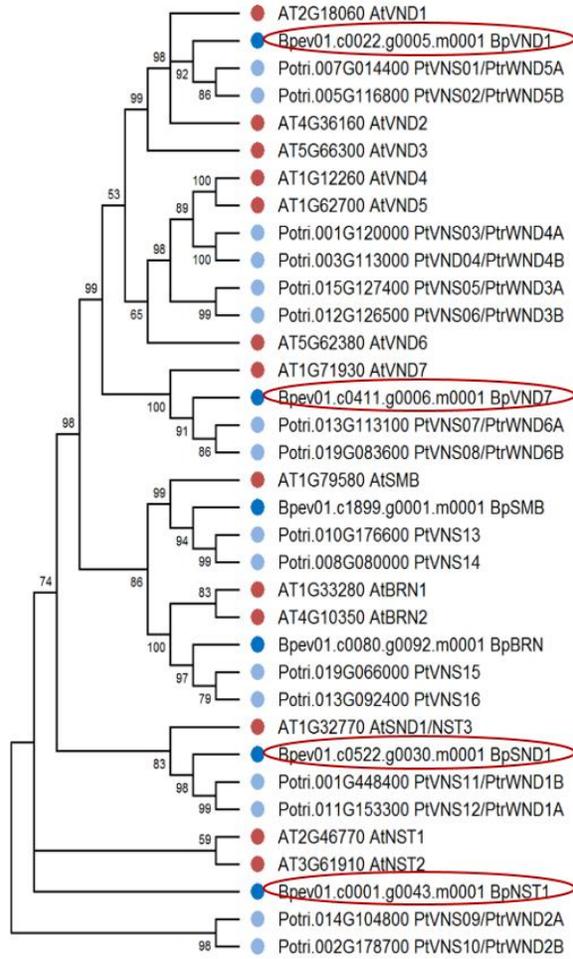
Синий цвет показывает процессы, преобладающие у безузорчатых растений карельской березы, красный – у узорчатых. СС – сахарозосинтаза, АпИнв – апопластная инвертаза, СОД – супероксиддисмутаза, КАТ – каталаза, ПОД – пероксидаза, ПФО – полифенолоксидаза, N и P – запасы азота и фосфора в 25-сантиметровом слое почвы



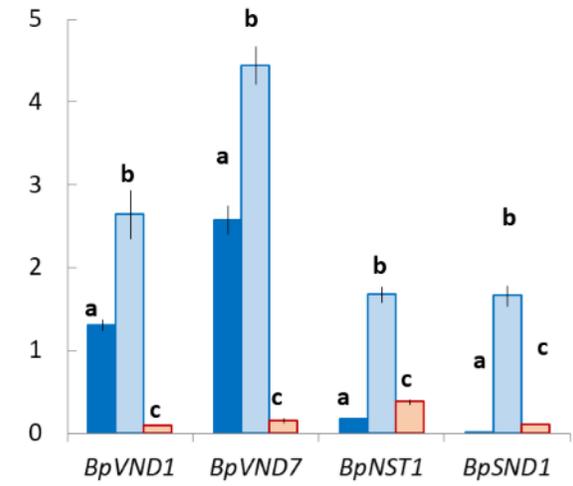
# Молекулярно-генетические особенности дифференциации производных камбия в элементы ксилемы

Фенотипы, отличающиеся отношением структурных элементов в зрелой ксилеме

FT – волокнистые трахеиды; V – сосуды; RP – лучевая паренхима



■ -*Betula pendula* var. *pendula*   
 ■ -безузорчатая *B. pendula* var. *carelica*   
 ■ -узорчатая *B. pendula* var. *carelica*



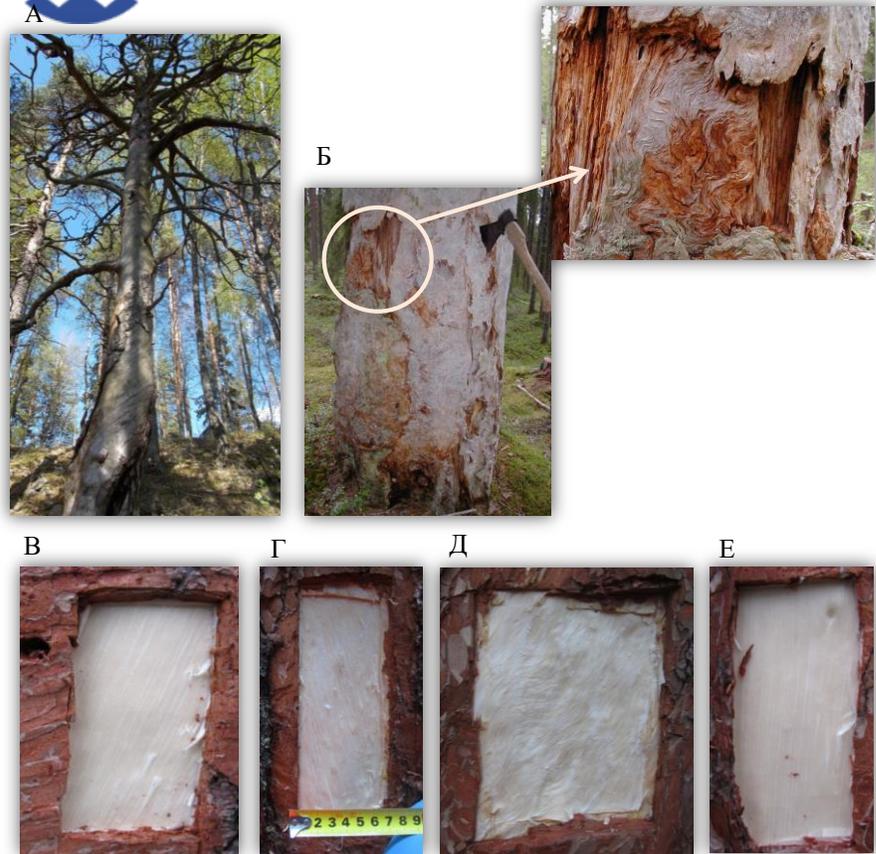
Мы идентифицировали в геноме березы повислой *VND/NST/SND* гены, которые регулируют биосинтез вторичной клеточной стенки, развитие и дифференцировку элементов ксилемы и показали, как меняется их экспрессия в дифференцирующейся ксилеме при изменении отношения: волокнистые трахеиды - сосуды - клетки паренхимы в зрелой ксилеме.

*Galibina N.A., Tarelkina T.V., et al.* Molecular Genetic Characteristics of Different Scenarios of Xylogenesis on the Example of Two Forms of Silver Birch Differing in the Ratio of Structural Elements in the Xylem // *Plants*. Vol. 10: 1593. 2021. Pp. 1-24.

*Tarelkina T, Novitskaya L., Galibina N., et al.* Expression Analysis of Key Auxin Biosynthesis, Transport, and Metabolism Genes of *Betula pendula* with Special Emphasis on Figured Wood Formation in Karelian Birch // *Plants*. 9(11):1406. 2020.



# Физиолого-биохимические закономерности формирования древесины у сосны при разных сценариях ксилогенеза



Выявлены различия в активности ферментов АОС у *P. sylvestris* при формировании прямослойной и косослойной древесины. Повышение активности каталазы, пероксидазы и полифенолоксидазы в ксилеме на фоне снижения сахарозсинтазы и повышения апопластной инвертазы при образовании косослойной древесины может служить биохимическим маркером развития данного вида структурных аномалий. Выявленные закономерности могут лечь в основу диагностики качества древесины сосны в местах их естественного произрастания, что необходимо как для целей фундаментальной науки, так и в различных областях промышленности при заготовке высококачественного материала, обладающего наибольшей ценностью

*Maria A. Ershova, Kseniya M. Nikerova, Natalia A. Galibina, Irina N. Sofronova, Marina N. Borodina.* Some minor characteristics of spectrophotometric determination of antioxidant system and phenolic metabolism enzymes' activity in wood plant tissues (on the example of *Pinus sylvestris* L.) // Protein and Peptide Letters. 29, April, 2022.

Формирование косослойной (А) и свилеватой (узурчатой) (Б) древесины у *P. sylvestris*. На увеличенном фрагменте (отмечено кругом на Б) видно, что узурчатая древесина начинает формироваться с возрастом, более ранние годовичные кольца имеют прямослойную древесину. Окоренная поверхность ствола у *P. sylvestris* с правозакрученной (В), левозакрученной (Г) косослойной древесиной, свилеватой древесиной (Д) и прямослойной древесиной (Е).



# Селекционно-генетическое направление

За полтора века приисковые, подневольно выборочные, условно-сплошные рубки являлись фактически основой полномасштабной **отрицательной селекции сосны и ели в карельской тайге.**

С увеличением потребности в древесине стали переходить к заготовке ее наиболее крупного или «целевого» размера. При этом вырубали деревья ограниченного числа пород, древесина которых имела наилучший сбыт или обладала требуемыми свойствами. После рубки брали лишь ценную часть ствола, остальное тоже бросали - как и при приисковых рубках.

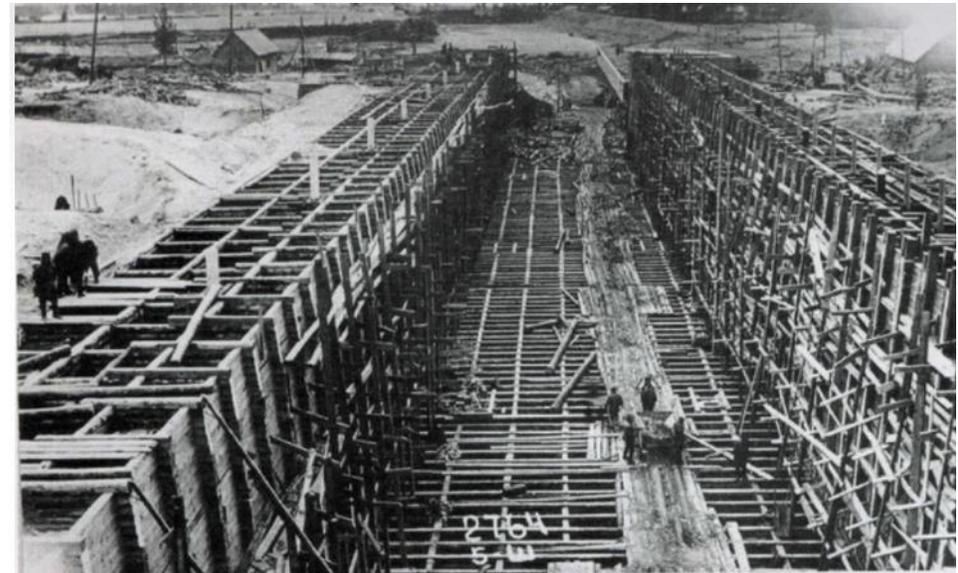


Фото с сайта «**История строительства Беломорско-Балтийского канала**»

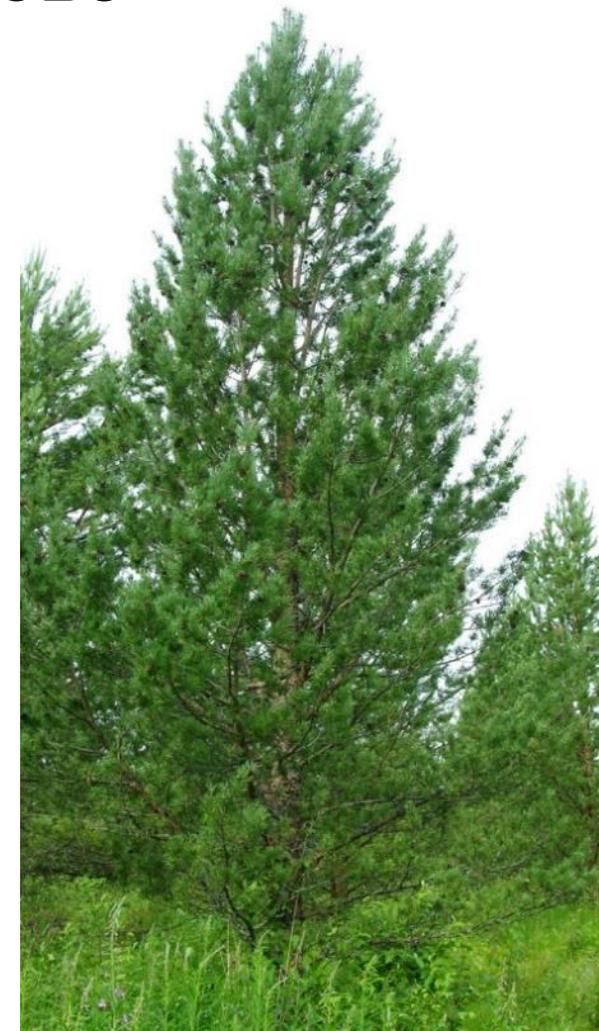
<https://xn--90a1aec.xn--p1ai/istoriya-stroitelstva-belomorsko-ba/>



# В основе воспроизводства лесных древесных ресурсов лежит искусственное восстановление лесов на селекционно-генетической основе

В культурах, выращенных из семян, собранных с элитных клонов сосны возможно увеличение среднего объема ствола на 30-33 %.

На лесосеменных плантациях (ЛСП) I,5 порядка, по сравнению с ЛСП I порядка, урожай семян в «неурожайные» годы может возрасти с 4,1 кг/га до 5,9 кг/га – **более, чем на 30%.**



В России, Финляндии, Швеции одновременно (в 1950-е годы) широкое распространение получила плюсовая селекция, направленная на повышение продуктивности, качества и устойчивости создаваемых лесов. В настоящее время в Финляндии из элитных семян выращивается 60% сеянцев сосны и до 70% ели, в Швеции - 95% и 67% соответственно, в Карелии – 6% и только сосны – это один из лучших региональных показателей в РФ.



**В ИЛ разработана технология выращивания крупномерного посадочного материала лиственных древесных пород. Основные работы с культурой тканей проводятся в зимний период. С наступлением весеннего периода осуществляется адаптация растений-регенерантов к нестерильным условиям путем их выращивания в микропарнике с закрытой корневой системой и последующего повторного перемещения в субстрат с увеличением объема.**



**Основанная на клональном размножении технология готова к практическому применению. Важное преимущество предлагаемого способа – возможность получать крупномерный высококачественный посадочный материал высотой 1 м и выше в течение одного вегетационного периода**



# Важнейшие результаты, готовые к практическому применению

Впервые в России и в Карелии при поддержке Министерства природных ресурсов и экологии Республики Карелия и АУ РК «Кареллесхоза» **создана опытно-производственная коллекция клонов карельской березы ex situ, общей площадью около 1,5 га, которая включает вегетативное потомство 32 генотипов разного географического происхождения, часть из которых уже отсутствуют в природе.** Посадочный материал выращен путем клонального микроразмножения in vitro, который позволяет сохранить в потомстве все признаки и свойства «узорчатой древесины», характерные исходным деревьям. Создание коллекции с использованием современных биотехнологий является важной предпосылкой для сохранения, а в дальнейшем и расширенного воспроизводства карельской березы, которая является уникальным представителем европейской лесной дендрофлоры.



**С 2022 года начинаются работы по созданию производственных плантаций – есть заявки от двух бизнес партнеров**



**Одним из перспективных методов в лесной биотехнологии, позволяющим ускоренно получать посадочный материал хвойных пород, является соматический эмбриогенез (SE) – вегетативный способ размножения растений в культуре *in vitro***



Массовое тиражирование растительного материала с ценными признаками



**Научные исследования процесса SE хвойных (ель, лиственница, сосна) растений в России: Институт леса им. В.Н. Сукачева (Красноярск); Центральный сибирский ботанический сад СО РАН (Новосибирск); ФИЦ комплексного изучения Арктики им. акад. Н.П. Лаверова РАН (Архангельск); Карельский научный центр (Петрозаводск) и др.**



# Как получить материал для селекционно-генетической работы?

## Плюсовые насаждения, плюсовые деревья, многолетний мониторинг на постоянных пробных площадях

Динамика основных таксационных показателей коренного среднетаежного ельника

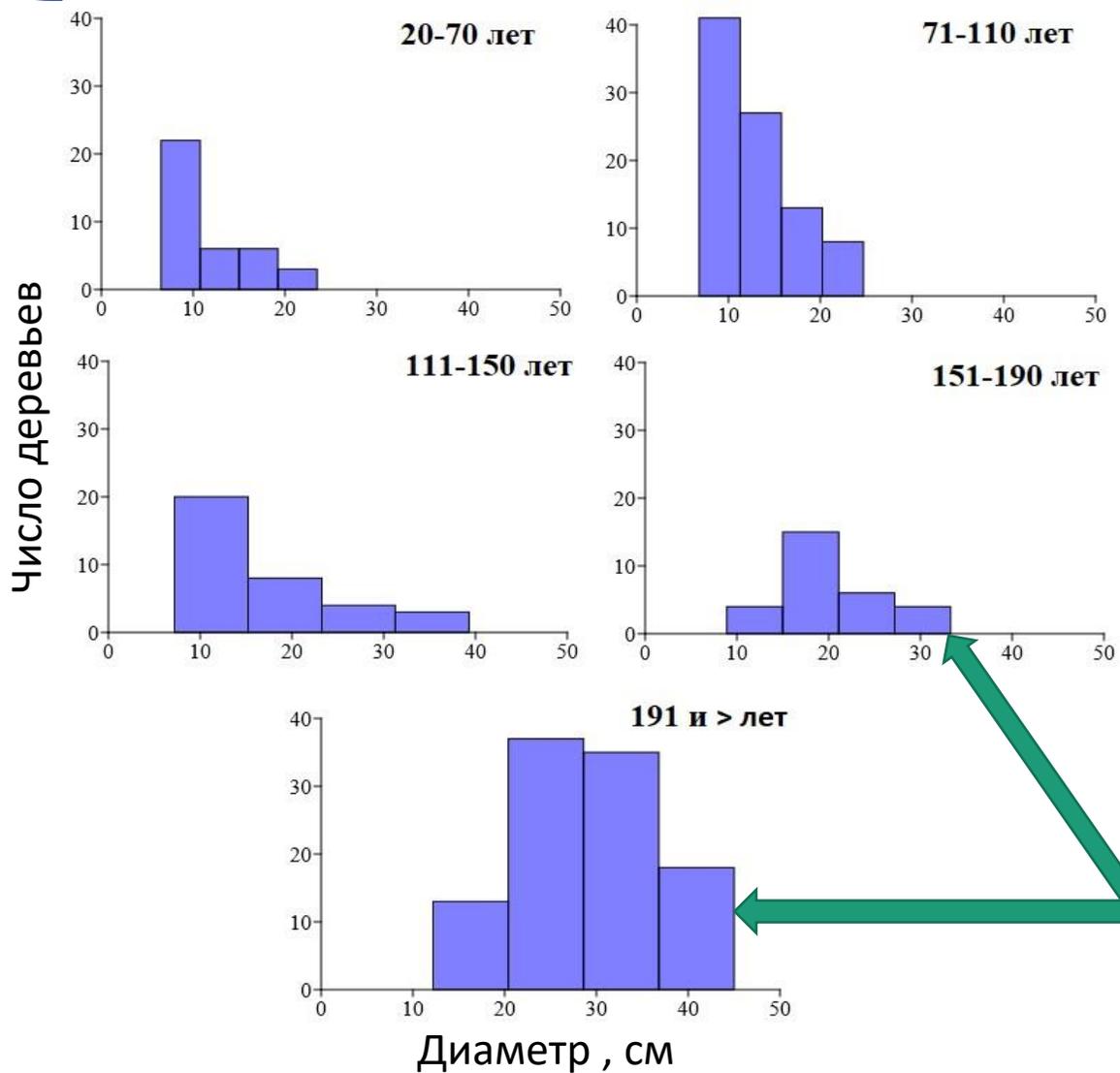
Год	Состав	Число	Запас с м <sup>3</sup>	ср.Д ср.Н	Полнота	Отпад		Пополнение ПДР, шт. %
						общий	ели	
1999	5E <sub>220</sub> 2E <sub>180</sub> 1E <sub>130</sub> 1C1Ос+	712	270	29.2	0.81			
	E <sub>80</sub> +Б <sub>80</sub>	668	221	21.8				
2003	5E <sub>220</sub> 2E <sub>180</sub> 1E <sub>130</sub> 1C1Ос+	660	242	29.0	0.76	54	48	
	E <sub>80</sub> +Б <sub>80</sub>	622	201	21.7		40.5	31	
2008	4E <sub>220</sub> 2E <sub>180</sub> 1E <sub>130</sub> 1E <sub>80</sub> 1C1	742	243	29.4	0.77	82	76	42
	Ос + Б <sub>80</sub>	705	202	21.8		43.6	41	6.0
2012	6E <sub>220</sub> 1E <sub>180</sub> 1E <sub>130</sub> 1E <sub>80</sub> 1C1	735	264	29.9	0.79	16	14	45
	Б + Ос	665	224	22.1		2.9	1.3	6.9
2017	5E <sub>220</sub> 2E <sub>180</sub> 1E <sub>130</sub> 1E <sub>90</sub> 1C+	726	262	30.9	0.79	36	32	16
	Б, Ос	698	230	22.8		15.5	13.7	2.5
2021	5E <sub>220</sub> 2E <sub>180</sub> 1E <sub>130</sub> 1E <sub>90</sub> 1C+	724	285	31.2	0.83	6	4	5
	Б	636	249	23.0		5.9	0.6	0.8



Игнатенко Р. В., Галибина Н. А., Раевский Б. В. Цитогенетическая оценка популяций *Pinus sylvestris* L. на Европейском Севере России (Республика Карелия) // Turczaninowia. Т. 25, № 1, 2022. С. 73-85  
DOI: [10.14258/turczaninowia.25.1.7](https://doi.org/10.14258/turczaninowia.25.1.7)



# Распределение деревьев ели по диаметру в 5 возрастных категориях Коренной ельник черничный, около 300 лет произраставший без катастрофических нарушений древесного яруса



Анализ проводился с целью выделения деревьев с максимальным приростом по диаметру. Показано, что в возрастных группах до 150 лет наблюдается ярко выраженная левосторонняя асимметрия распределения деревьев по диаметру, что объясняется подчиненным положением деревьев в уже устоявшейся системе. Доживают до 150 лет, как правило, деревья, произрастающие в окнах полога, их число незначительно и распределение по диаметру близко к нормальному. Деревья лидеры старше 150 лет будут использованы для анатомических и физиолого-биохимических исследований



# Можно ли соединить традиционные направления с современными методами повышения продуктивности лесов?

- Соблюдать традиции и уважительно относиться к богатейшему опыту ведения лесного хозяйства в России
- Осваивать современные методы лесовыращивания
- В основу искусственного восстановления лесов заложить современные селекционно-генетические методы, вегетативное размножение растений с улучшенными свойствами
- Исследовать молекулярно-генетические и физиолого-биохимические механизмы роста деревьев и разработать методы ускоренного выращивая древостоев с заданными свойствами



**В начале было слово –  
грамотная постановка задач**



# Гранты российских и международных фондов и организаций

1. Грант РФФ «Закономерности формирования ядровой древесины у сосны обыкновенной в диапазоне климатических условий: физиолого-биохимические и молекулярно-генетические механизмы» - **Н.А. Галибина**.

## Гранты РФФИ

2. Развитие структурных аномалий древесины на примере карельской березы: особенности синтеза, транспорта и инактивации ауксина - **Н.А. Галибина**
3. Роль крупных древесных остатков в биогеохимическом круговороте углерода в старовозрастных лесах северо-западной части Европейской России - **Е.В. Шорохова**
4. Эколого-ценотические и физиолого-биохимические механизмы, обеспечивающие возобновление ели европейской (*Picea abies* L.) под пологом древостоя. - **Е.В. Новичонок**
5. Динамика пожарной активности в таежных лесах на Северо-Западе России: дендрохронологический анализ и моделирование пожаров при изменениях климата - **Дробышев И.В.**
6. Карельская береза: важнейшие результаты и перспективы исследований - **Ветчинникова Л.В.**
7. Закономерности формирования эпифитного покрова на стволах основных лесобразующих пород среднетаежных ельников - **Крышень А.М.**
8. ENI CBC: Multi-level Education Towards Advanced Forestry (METAFor) - **С.А. Мошников**.
9. «Boosting Forest Cluster SME Business in two Karelias» (BOFORI) - **А.Н. Пеккоев**
10. «Diverse and clean forests – successful bioeconomy» (ECODIVE) - **Н.В. Геникова**
11. Устойчивое управление лесами в Северной Европе в условиях изменения климата (IMPRESS) - **Н.И. Рыжкова**
12. Advanced Forest Nursery - **Б.В. Раевский**
13. Cross-border tools for biodiversity hotspots preservation via monitoring and prevention of forest fires along Russian-Finnish border (BIOKARELIA) - **Б.В. Раевский**
14. Фонд KONE "Лесоводство, ориентированное на сохранение лесной среды, как инструмент устойчивого лесопользования в регионе" «RETROFOR» - **Е.В. Шорохова**

## НОЦ

15. Современные технологии клонирования экономически ценных генотипов и выращивания посадочного материала основных лесобразующих лиственных и хвойных видов севера европейской части РФ - **Галибина Н.А.**
16. Комплексные исследования лесов Российской Арктики с целью повышения их продуктивности и сохранения экосистемных функций - **Крышень А.М.**
17. Грант Минобрнауки «Пожарная активность в бореальных лесах Северной Европы: синтез современных и дендрохронологических данных» - **Крышень А.М., Рыжкова Н.И.**



# Спасибо за внимание!





**Исторически развитие исследований в Институте базировалось на логике создания лабораторий и групп под ученых-лидеров. Лаборатории создавались, объединялись, распадались при этом каждая стремилась иметь свою собственную тему.**

**Из стенгазеты, посвященной 35-летию Института (1992 г.)**

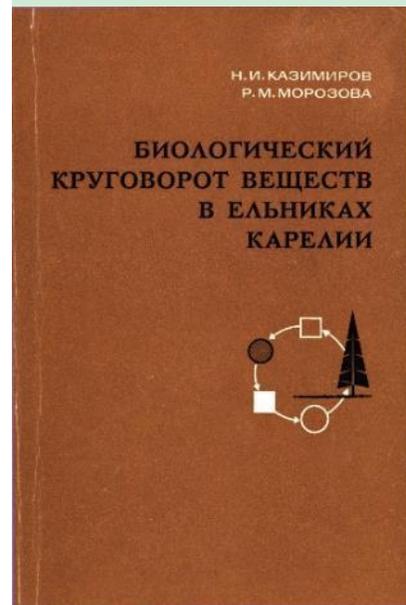




# «Прорывные» результаты получались при объединении усилий нескольких направлений



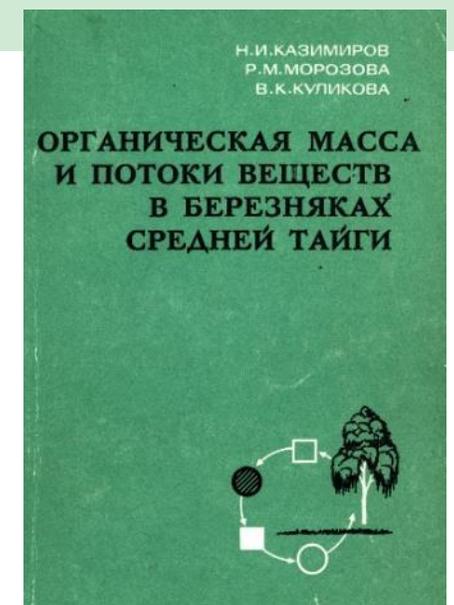
Под руководством член-корреспондента ВАСХНИЛ Николая Ивановича КАЗИМИРОВА в ИЛ КарНЦ РАН выполнялись комплексные исследования продуктивности лесов, составлялись математические модели роста насаждений в различных экологических условиях. Результаты этих исследований не потеряли своей актуальности и по сей день.



1973



1977



1978