



ИНСТИТУТ  
ЛЕСА

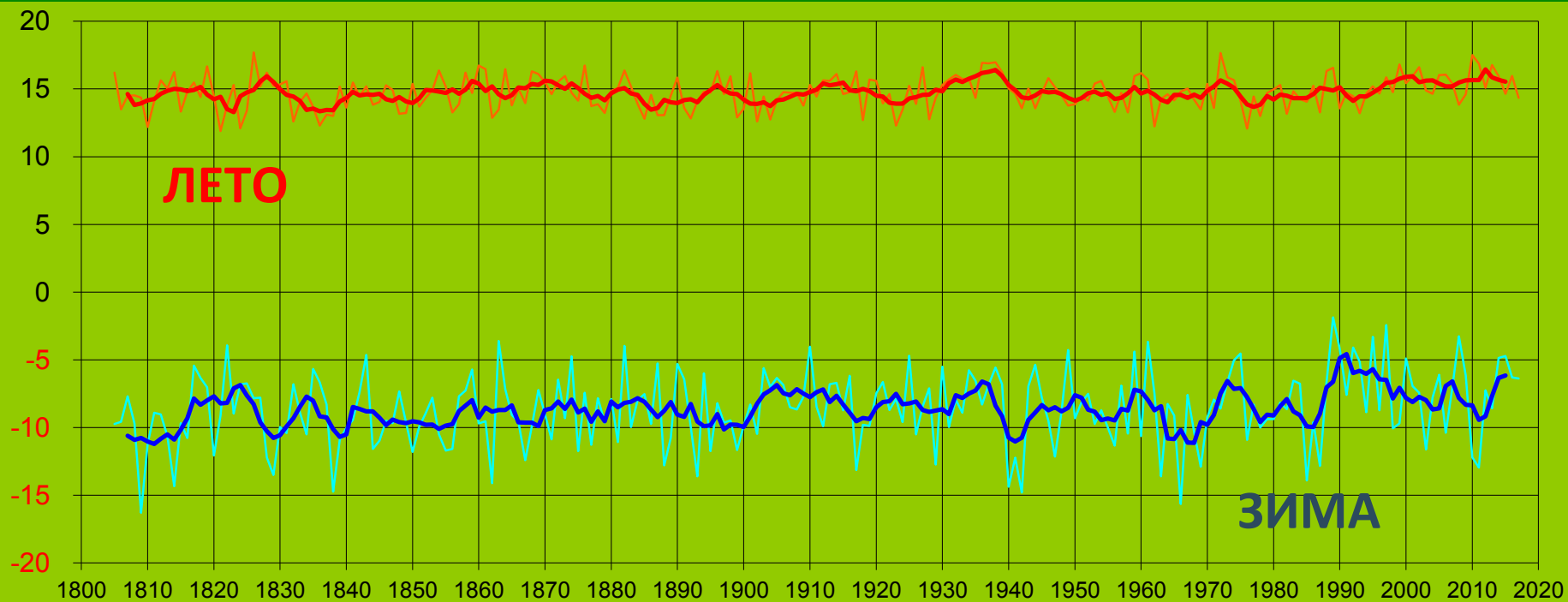
# О возможностях снижения климатических рисков для лесного хозяйства европейского севера (по результатам исследований Института леса Карельского НЦ РАН)



*В.А. Ананьев, О.Н. Бахмет, Н.А. Галибина,  
И.В. Дробышев, А.М. Крышень, А.В. Мамай,  
С.А. Мошников, В.Б. Придача, И.В. Ромашкин,  
С.М. Синькевич, Е.В. Шорохова и многие другие.*



# Изменения температуры воздуха на территории Карелии за период с 1800 года

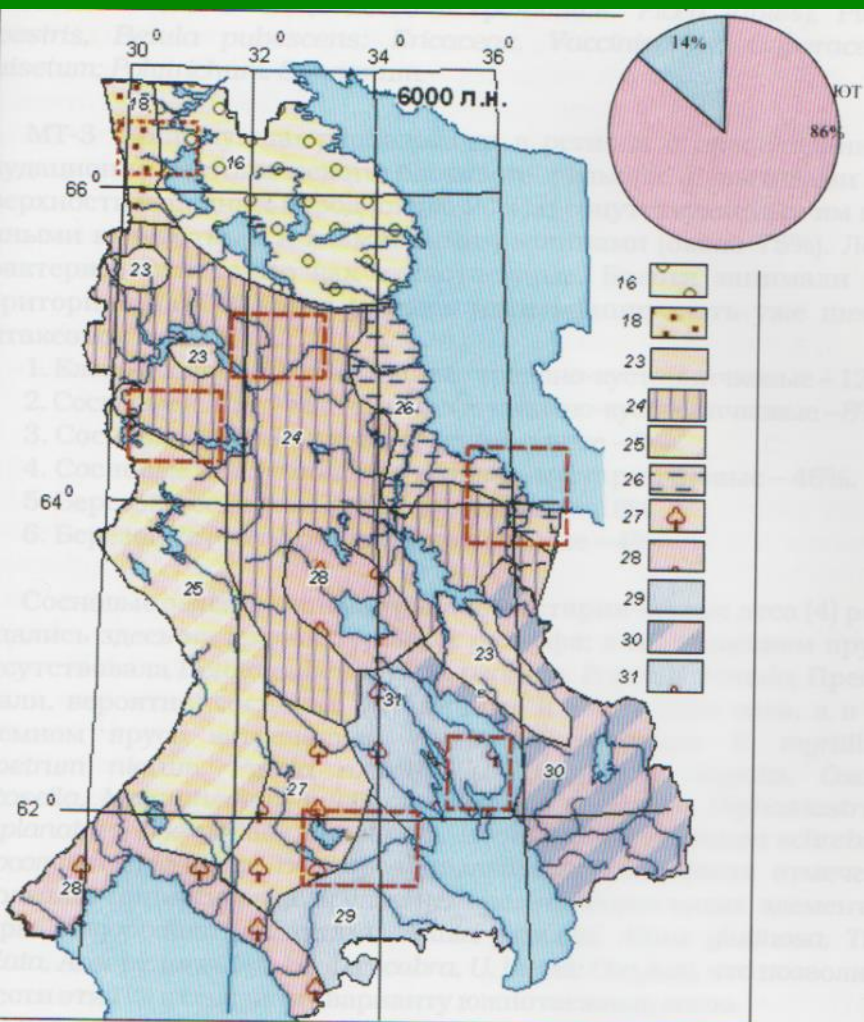


- Несмотря на то, что наблюдаемые изменения климата не могут однозначно свидетельствовать об устойчивой тенденции к потеплению, а скорее указывают на его цикличность, мы считаем необходимым быть готовыми к возможным последствиям .



# О возможном потеплении климата – чему можно научиться у истории

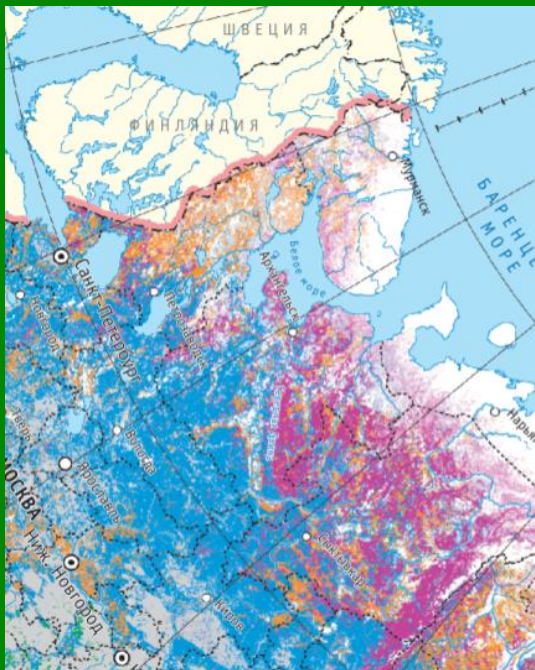
## 6000 лет н.з.д.



Исследования палеоклимата и палеорастительности (Елина, Юрковская, 2009) продемонстрировали, что наиболее вероятной естественной реакцией лесов региона на потепление будет увеличение площади лиственных лесов.



# В настоящее время лиственные леса занимают 11.8% территории Карелии



- Увеличение площади лиственных лесов мы наблюдаем последние десятилетия, но не по причине потепления климата, а скорее в силу антропогенных причин (сплошные рубки, пренебрежение лесовосстановлением, уходами).

Важно отметить, что, несмотря на увеличение площади лиственных лесов, лесозаготовители и перерабатывающие предприятия демонстрируют отсутствие интереса к лиственной древесине. Дело осложняется еще и тем, что в лесном хозяйстве не внедряются разработанные наукой технологии ускоренного выращивания хвойных пород. Безусловно, в случае потепления климата эти противоречия будут усиливаться, а затраты на уходаы значительно возрастут.

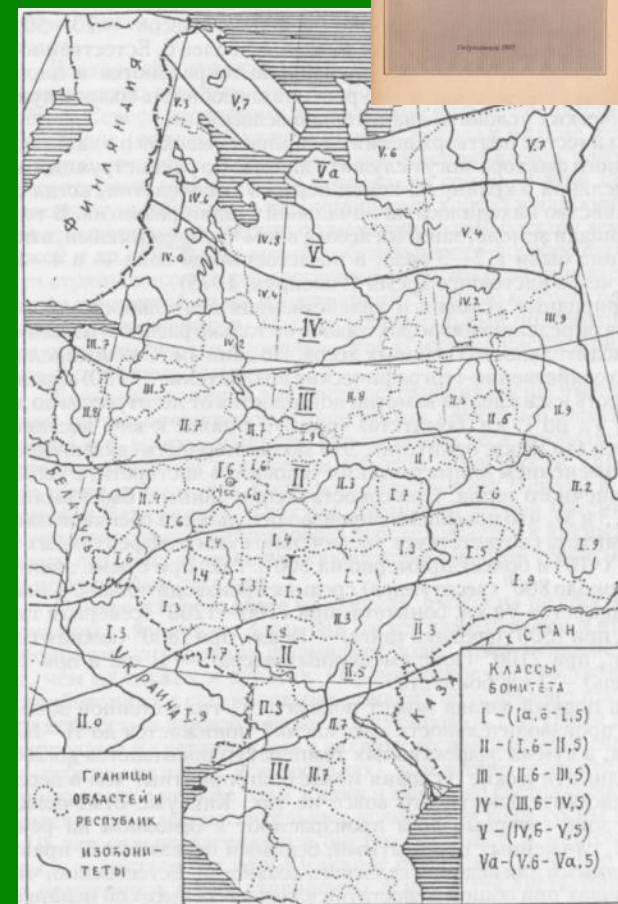


- **Лесное хозяйство должно быть ориентировано на активное создание и поддержание хвойных древостоев, а лесная промышленность - на активное использование лиственной древесины, которая сейчас в большинстве своем отправляется на экспорт или остается брошенной. Такой подход будет не только экономически выгоден, но и будет способствовать связыванию углекислоты быстрорастущими насаждениями.**



# Повышение производительности лесов

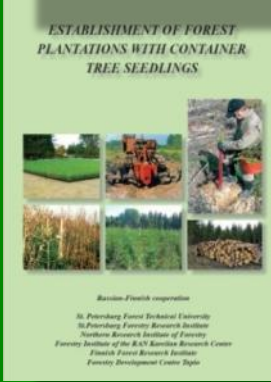
- Потепление климата гипотетически может привести к повышению производительности лесов и разумное ведение хозяйства, основанное на знаниях закономерностей динамики и продуктивности лесов позволит не только получать экономическую выгоду, но за счет регулирования породного состава, ускоренного роста деревьев увеличить поглощение углекислого газа, а значит и повысить роль таежных лесов в регуляции климата.



# Интенсификация



- Для улучшения состояния лесного фонда необходимо активное проведение лесохозяйственных мероприятий, направленных на повышение продуктивности лесов, улучшение породного состава и достижение равномерного распределения по группам возраста, а также ускоренного выращивания средневозрастных лесов путем целевого ухода за ними.

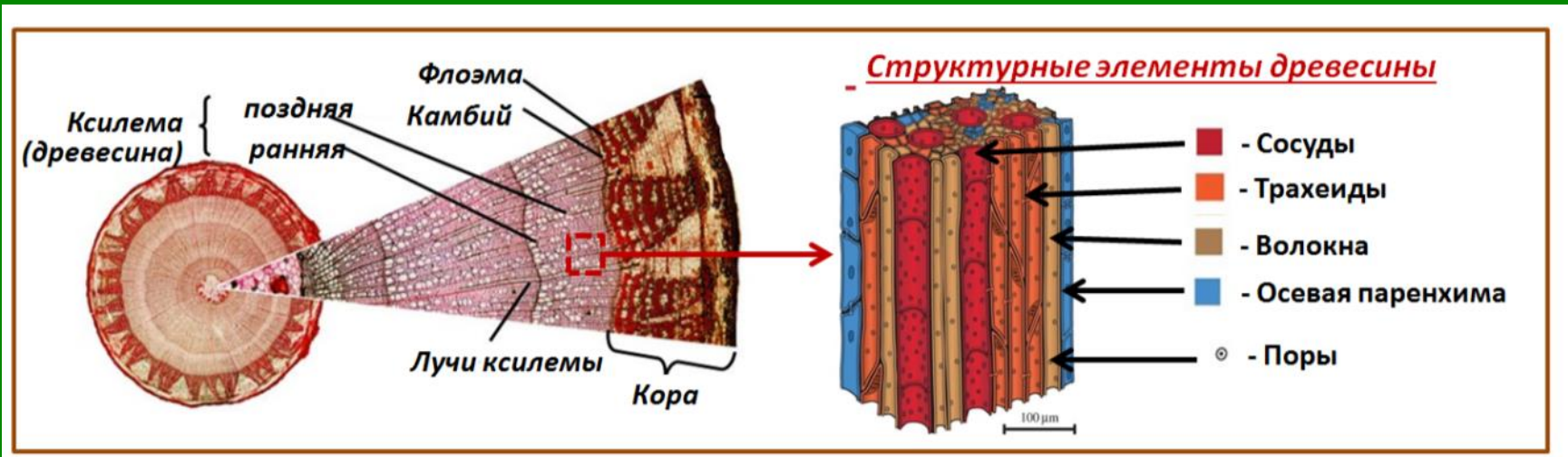


На нераскорчеванных среднетаежных вырубках с дренированными почвами при строгом выполнении лесокультурных и лесоводственных мероприятий, разработанных для условий Карелии, возможно выращивание качественных древостоев сосны и ели целевого назначения в ускоренном режиме.





Изменение климата, проявляющееся в увеличении амплитуды колебаний температуры, изменении условий осадкообразования, оказывают существенное влияние на радиальный рост древесных растений.



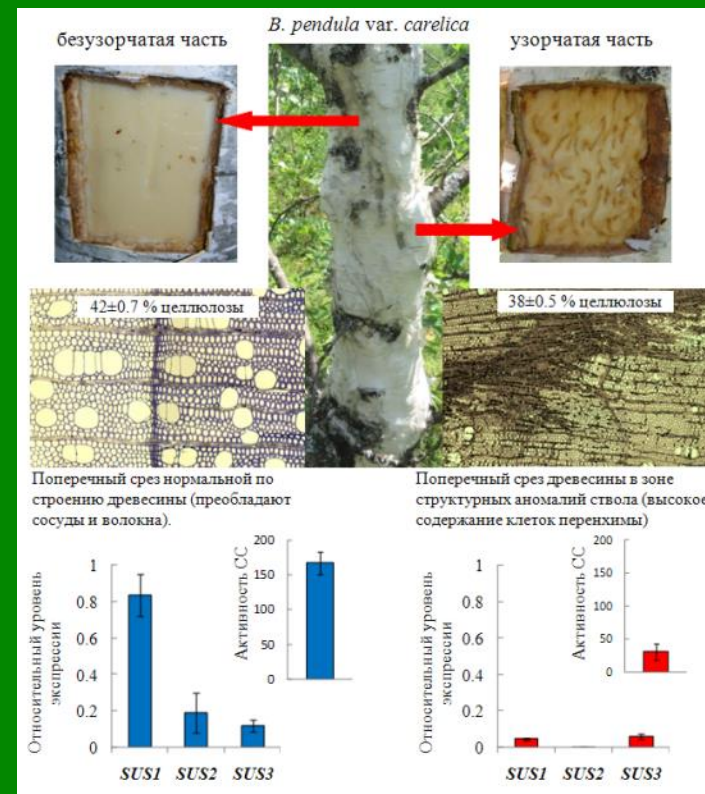
Колебания климата могут приводить не только к снижению или повышению продуктивности древесных растений, но и к изменению структуры и состава образующейся древесины.



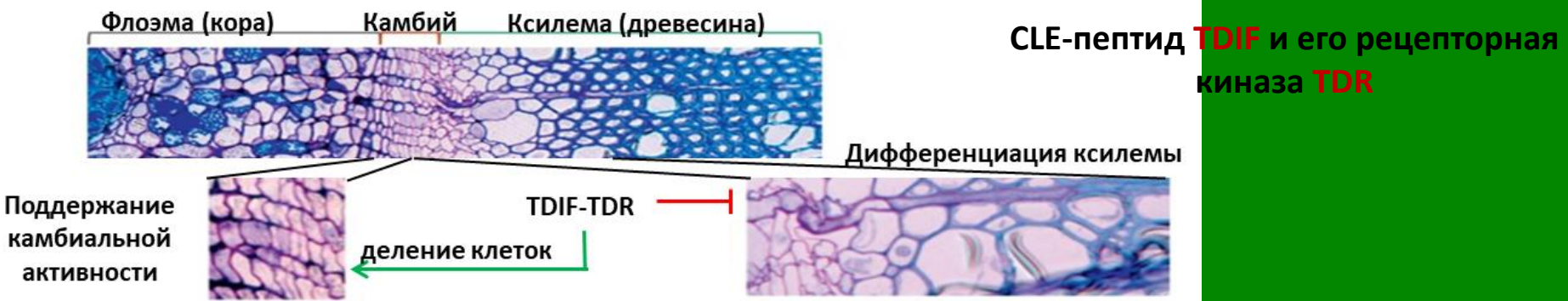
# Карельская береза – это уникальный объект для изучения механизмов ксилогенеза.

Выявлены молекулярно-генетические закономерности двух различных сценариев ксилогенеза, связанных с формированием в древесине элементов, выполняющих водопроводящую и механическую функции или функцию запасаания.

На примере карельской березы, у которой в стволе одновременно реализуются оба сценария, показано, что преобладающая дифференцировка сосудов и волокон происходит на фоне высокой активности сахарозосинтазы (СС) под контролем гена *SUS1* и сопровождается активным синтезом структурных компонентов клеточных стенок (целлюлозы). Формирование древесины, для которой характерны крупные включения клеток запасающей паренхимы, идет на фоне низкой активности СС в связи со снижением экспрессии кодирующих ее генов *SUS1* и *SUS2* и сопровождается уменьшением содержания целлюлозы. Результат имеет значение для разработки технологий целевого выращивания древесины.



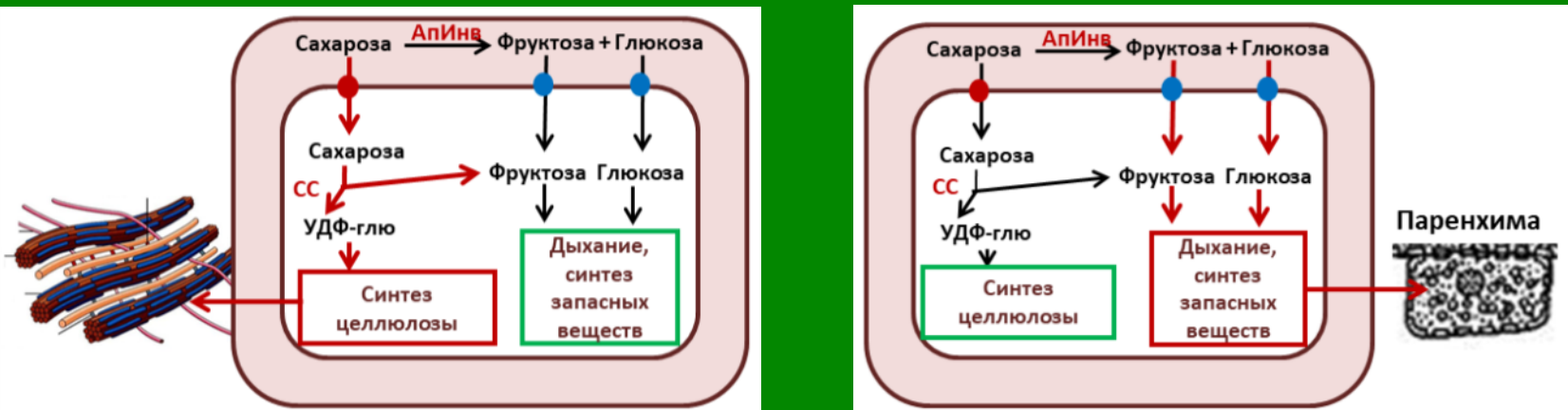
# 1. Сигнальные компоненты, регулирующие камбиальную активность



# 2. Факторы транскрипции (ТФ), контролирующие дифференцировку элементов ксилемы и флоэмы



# 3. Регуляция метаболических генов, кодирующих основные ферменты утилизации сахарозы





Проведена оценка влияния гетерогенной среды на показатели углеродного, водного и минерального обмена древесных растений в условиях вырубki и полога сосняка черничного свежего.

Более высокая функциональная активность хвойного и лиственных видов установлена для комплекса микроклиматических условий на вырубке. При более высоких значениях водного потенциала в пологе леса по сравнению с таковыми на вырубке показано снижение практически всех параметров моделей световых кривых фотосинтеза. Выявлена более высокая интенсивность обменных процессов лиственных видов по сравнению с хвойным растением как на вырубке, так и в условиях сосняка черничного свежего.



**Ольчев и др.,  
2017**

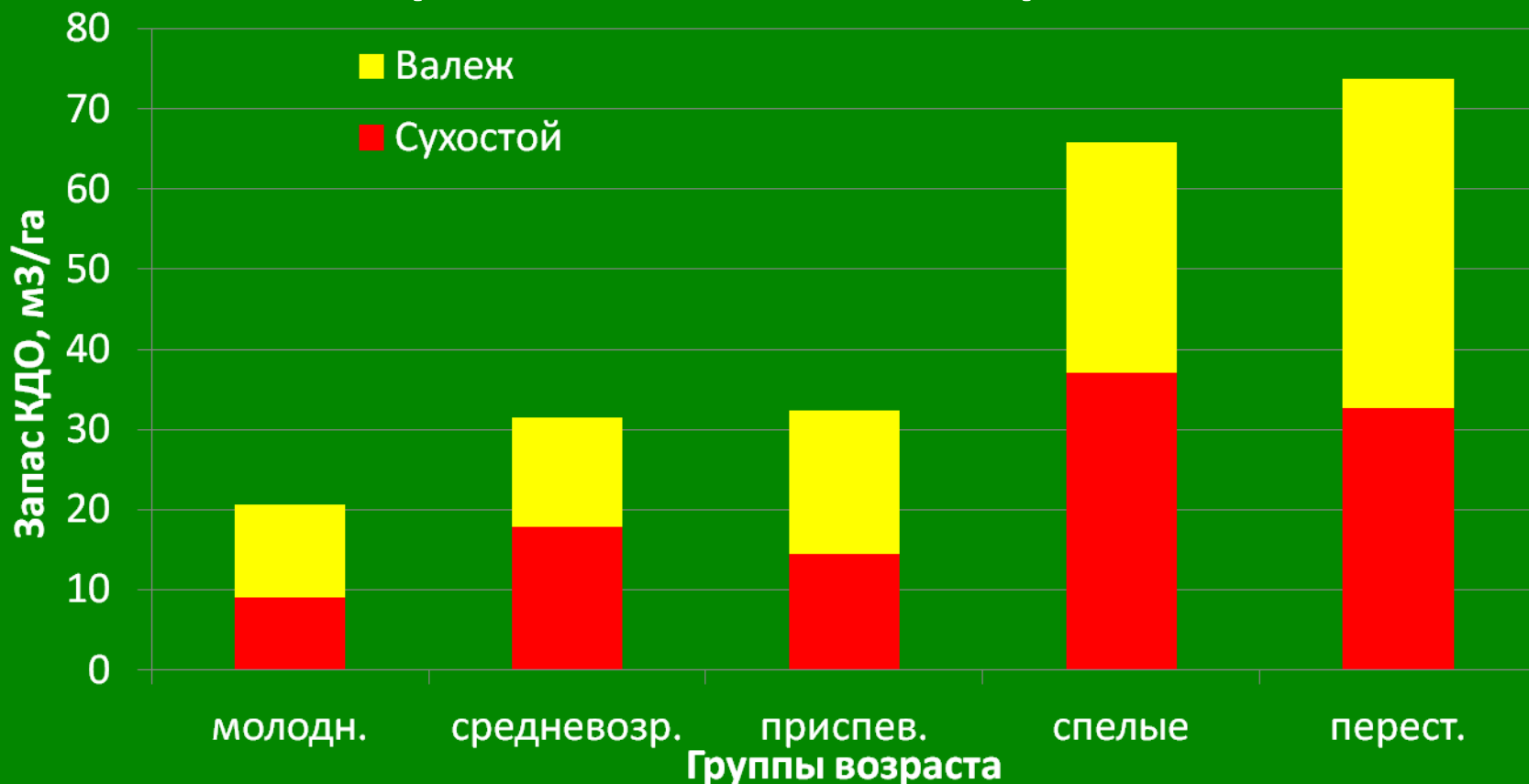
*Pinus sylvestris* *Betula pendula* *Alnus incana* *Populus tremula*



ИНСТИТУТ  
ЛЕСА

Мнение об особой роли  
высоковозрастных лесов в стабилизации  
климата опирается на наличие большого  
объема мертвой древесины

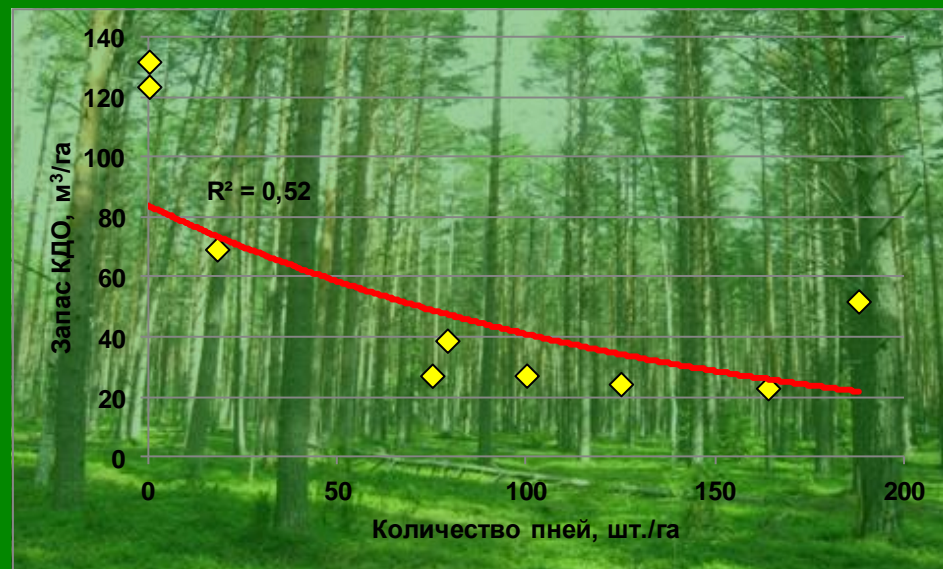
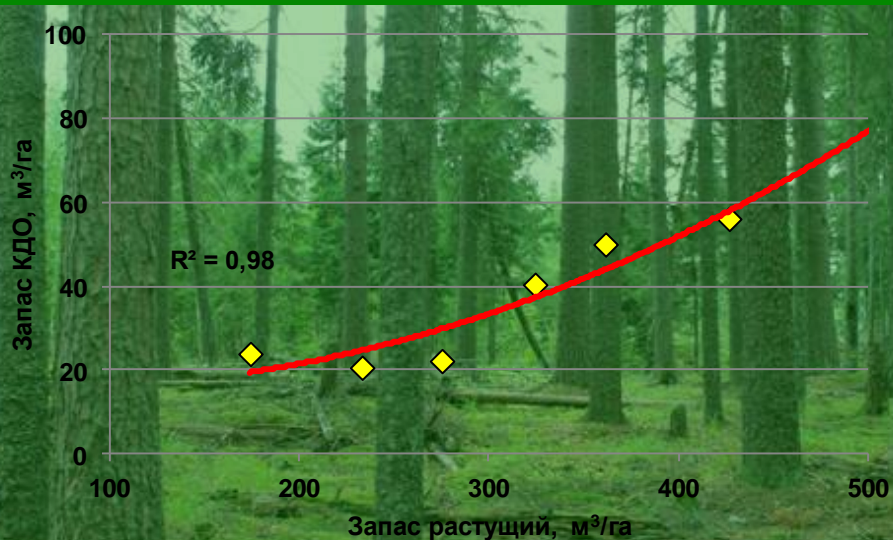
## Возрастная динамика запасов КДО в сосняках черничных Карельского таежного района





# Мнение об особой роли высоковозрастных лесов в стабилизации климата опирается на наличие большого объема мертвой древесины

Институтом дана оценка запаса крупных древесных остатков (КДО) в спелых (81-120 лет) среднетаежных сосняках европейской части России. Он варьирует в широких пределах – от нуля до 180 м<sup>3</sup>/га, в среднем составляет 15-20% от наличного запаса насаждения и определяется, в том числе, пожарами и хозяйственной деятельностью. Количество КДО и пул углерода в них тесно связаны с запасом древостоя ( $R=0,90$  – для сгруппированных данных).

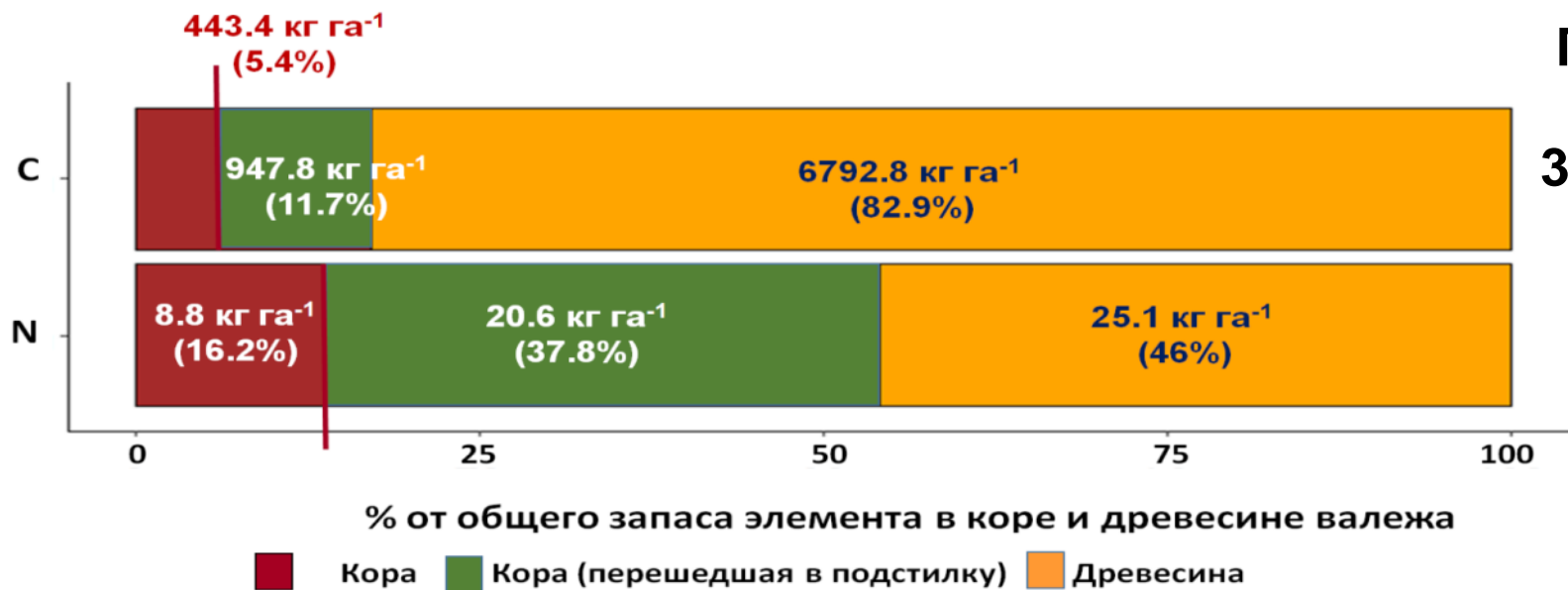




# Мнение об особой роли высоковозрастных лесов в стабилизации климата опирается на наличие большого объема мертвой древесины

Запасы углерода и азота в валеже могут составлять 18% и 2.5% от общих запасов углерода и азота в лесной подстилке, соответственно.

Общие запасы углерода и азота в коре и древесине валежных стволов (в расчете на гектар)



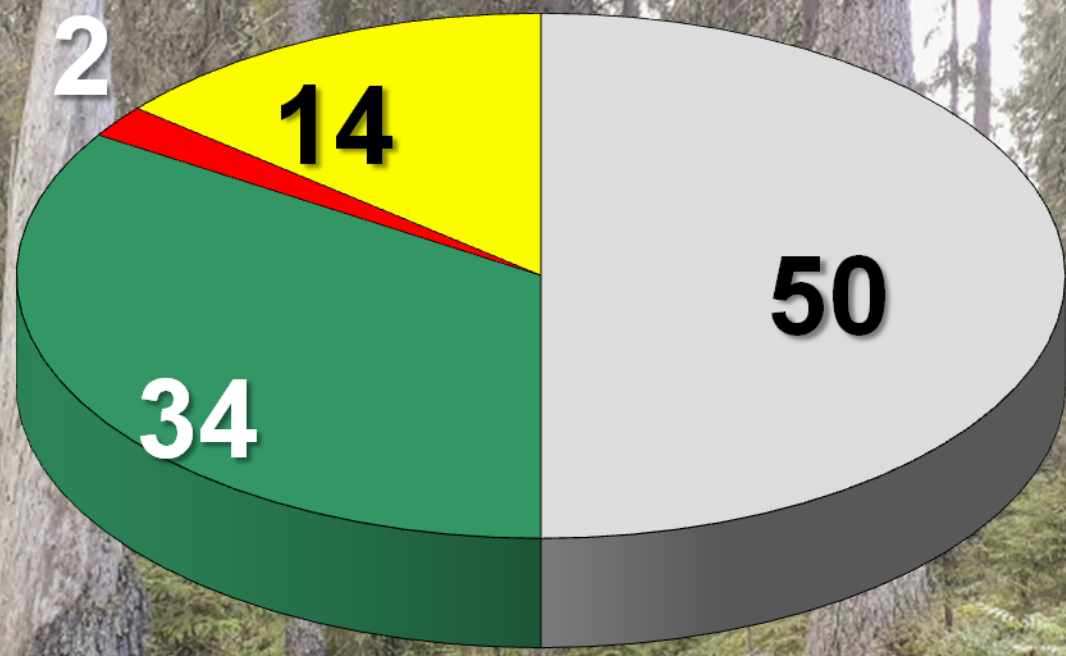
Подстилка

37200 кг га<sup>-1</sup>

940 кг га<sup>-1</sup>



# Распределение запаса углерода лесов Карелии по основным пулам, %



- почва
- фитомасса
- КДО
- подстилка

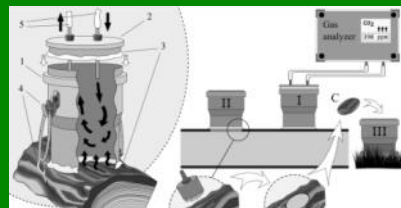




# Характеристика CO<sub>2</sub>-эмиссионной активности валежа основных лесообразующих пород среднетаежных лесов

Порода	Величина CO <sub>2</sub> -эмиссионной активности, мг С-CO <sub>2</sub> /м <sup>2</sup> час	Вклад дыхания коры, %
Ель	34 – 229	4-23
Сосна	10-115	1-40
Осина	7 – 388	20-60
Береза	10–272	3-60

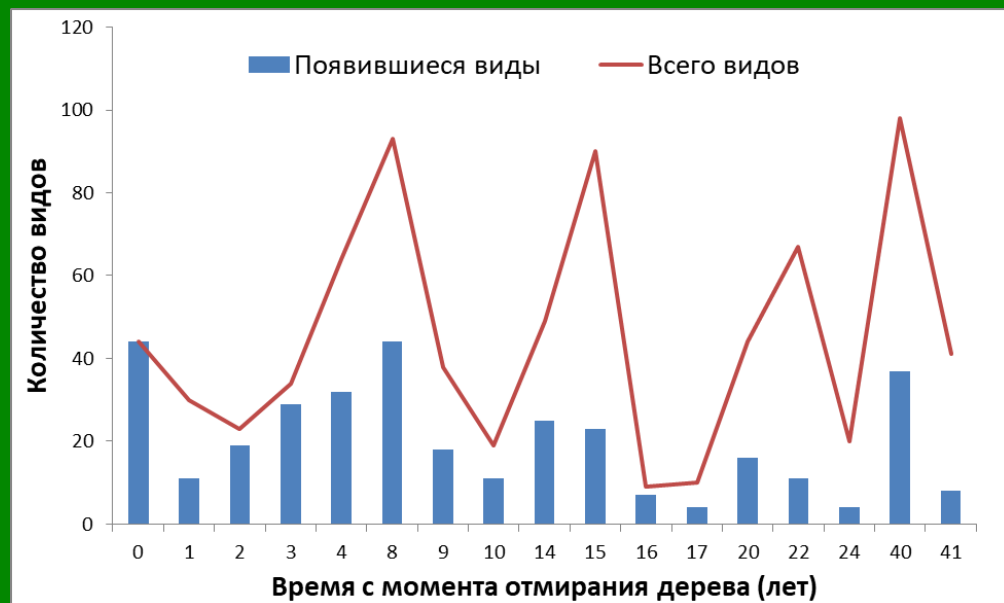
Уже сейчас можно уверенно заявлять, что кора и древесина разных пород и стадий (классов) разложения по-разному реагируют на повышение температуры и скорость разложения определяется набором факторов.





В ИЛ КарНЦ РАН исследована динамика разнообразия ксилофильных сообществ насекомых, грибов и эпиксильной растительности на валеже основных лесобразующих пород (сосна, ель, береза, осина) за период до 40-60-ти лет с момента отмирания дерева.

В процессе разложения валежа на каждой породе наблюдаются всплески появления видов, характеризующих определенные стадии сукцессии. В зависимости от породы может наблюдаться до четырех волн, отражающих появление различных функциональных групп видов. Наибольшее разнообразие (до 150 видов) на всех породах наблюдается на 6-9 годы после отмирания дерева. Приблизительно после двадцатого года в сообществе значительно увеличивается доля почвенных видов, которые постепенно замещают специализированные ксилофильные организмы.



Динамика ксилофильного сообщества включающего насекомых, грибы и эпиксильную растительность, в процессе разложения валежа ели.

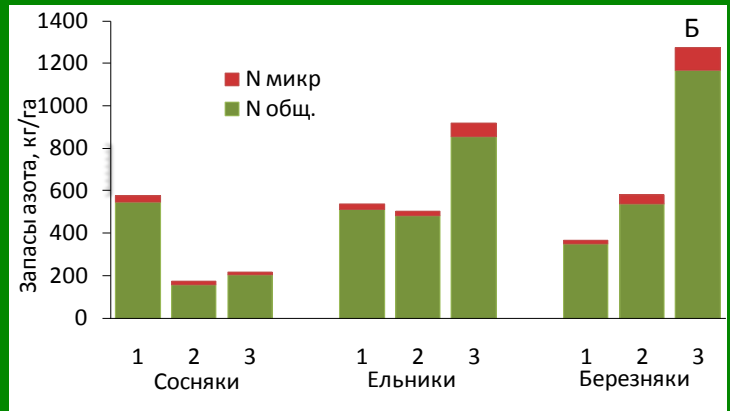
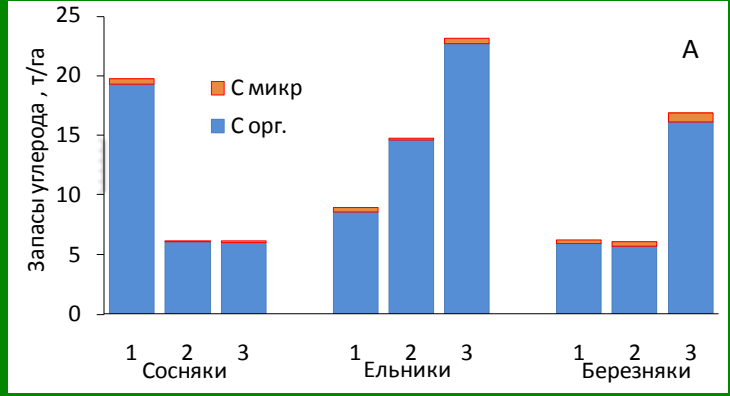


Переход к интенсивной модели лесного хозяйства в северной тайге предполагает увеличение объемов заготовки древесины за счет проведения интенсивных уходов.

Густота сосновых молодняков снижается с 10 и более тысяч до 2-2.5 тыс. шт/га. В связи с чем возникают опасения значительного увеличения выброса CO<sub>2</sub> по причине ускоренного разложения подстилки. Эти опасения основываются главным образом на представлениях о влиянии сплошных рубок.



Длительные наблюдения показали, что достигаемое ускорение роста, при котором увеличивается связывание углерода в приросте, одновременно способствует и увеличению накопления подстилки. При этом исследования показывают, что основной пул почвенного углерода в северных сосняках сосредоточен не в подстилке, а в иллювиальном горизонте, отделенном от поверхности слоем подзола.

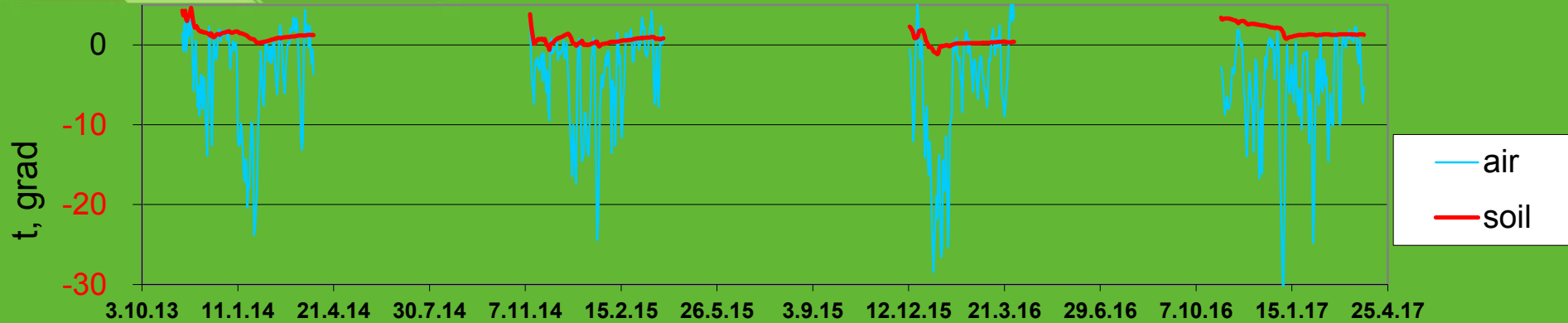


Доля углерода и азота микробной биомассы в их общих запасах в органогенных горизонтах естественных (1) и антропогенно нарушенных (2,3) почв насаждений основных лесобразующих пород.

Для естественных и антропогенно нарушенных почв сосновых, еловых и березовых лесов среднетаежной подзоны количественно оценена активность микробных сообществ, их роль в продуцировании почвой диоксида углерода, а также доля микробной биомассы в общих запасах азота и углерода органического вещества.



# Проблема «климат—интенсификация» Лесные почвы не промерзают зимой



Лесозаготовительная техника, работа которой под пологом леса раньше всегда лимитировалась в правилах условием промерзания почвы, неизбежно продавливает ее верхние горизонты и повреждает корневые системы оставляемых деревьев.

В качестве предупредительной меры необходимо внедрять строгое соблюдение укрепления путей прохода техники с самого начала их использования порубочными остатками, а в перспективе – использовать механизмы с меньшей нагрузкой на ось или даже, если тенденция теплых зим сохранится – возвращаться к технике на гусеничной базе.





## Исследования пожарной истории бореальных лесов Северной Америки, Европы, Азии



Продолжались исследования по программе многостороннего международного сотрудничества научных организаций Франции (Centre National de la Recherche Scientifique, Institut de Recherche pour le Développement, Université de Montpellier, Ecole Pratique des Hautes Etudes), Канады (Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue), Швеции (Southern Swedish Forest Research Centre of the Swedish Agricultural University) и России (Институт леса КарНЦ РАН) «Анализ и моделирование лесов холодного климата в Северном Полушарии» (Analysis and modelling of Northern Hemisphere cold climate forests - CCF).



- Дендрохронологические и палеохронологические исследования продемонстрировали значительные различия в чувствительности северо- и южнотаежных лесов к изменениям климата. Если в северной тайге частота и интенсивность пожаров определяются летними засухами, то в южной наиболее важными факторами являются весенние сухие периоды, которые приводят к пожарам поздней весной – ранним летом.



**Эмпирические данные и модели «климат-пожары-растительность» указывают на то, что мелколиственные породы (главным образом береза и осина), обильно присутствующие в составе древостоев южнотаежных лесов, обеспечивают более влажные условия под пологом леса, снижая риски возникновения и распространения пожаров (Hély et al. 2010).**





## Пожары

	2014	2015	2016	2017
<b>Число пожаров</b>	433	73	149	35
<b>Общая площадь, га</b>	2824.7	83.19	318.8	92.5

- В любом случае надо быть готовыми к усилению тенденции увеличения числа и площади пожаров и развивать не только меры быстрого обнаружения и эффективного тушения, но шире использовать лесохозяйственные меры, например создание противопожарных разрывов из лиственных пород в северной тайге, где большие массивы хвойных — это не только сократит горимость, но и вслед за этим снизит объемы выбросов CO<sub>2</sub>. Можно также создавать специальные противопожарные полосы (например густые посадки лиственницы) вдоль дорог и принимать другие меры препятствующие распространению пожаров.

	2014	2015	2016	2017
Повреждено лесов, га	1	27	<u>403</u>	299

## Короед типограф

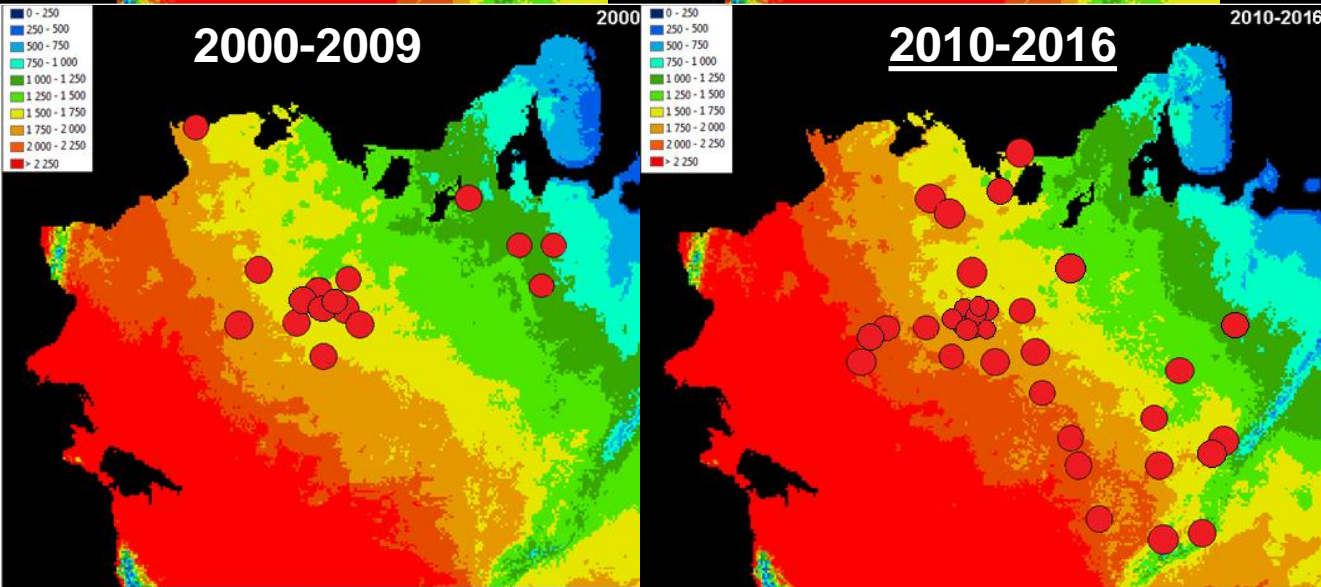
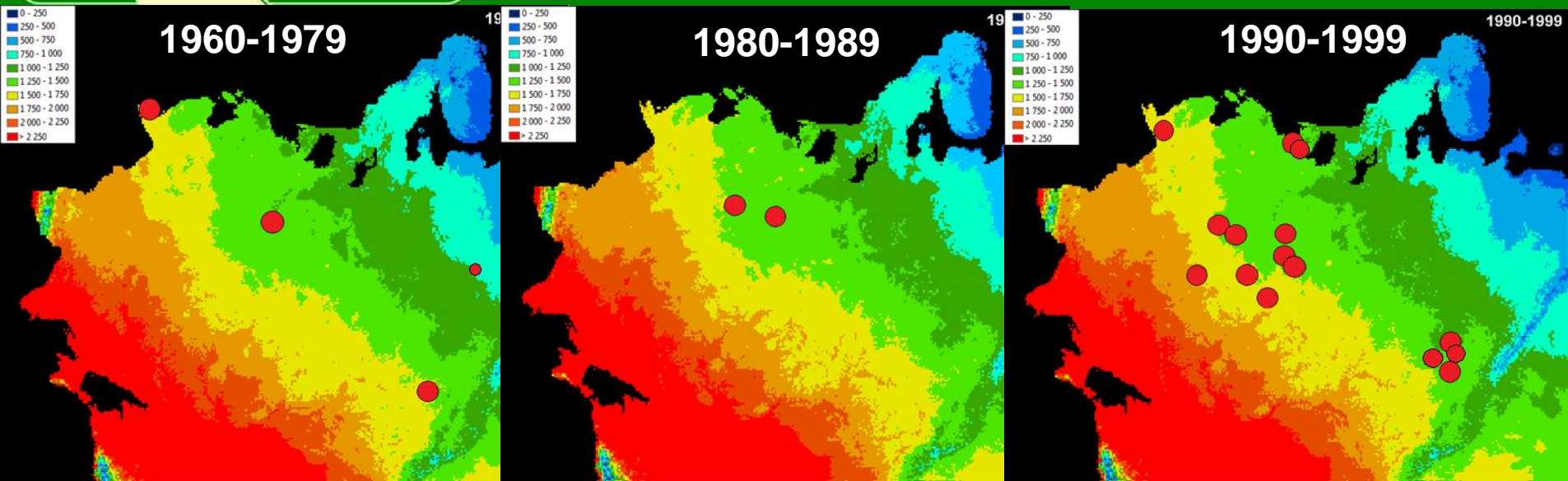


- Вызывает повреждения лесов на тысячах га
- Питается исключительно на ели
- Развитие зависит от температуры – может производить 2 и более генераций в год при сумме активных температур более 1500

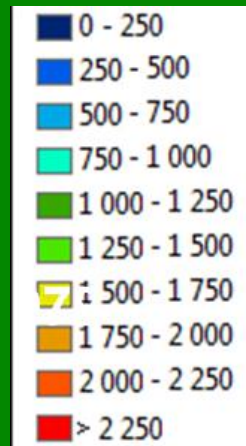
**С потеплением климата в регионе возникает угроза вспышек численности насекомых вредителей леса (короеда типографа)**



• Вспышки численности короеда типографа в европейской части России нерегулярны, но заметно увеличение их частоты в последние 30 лет

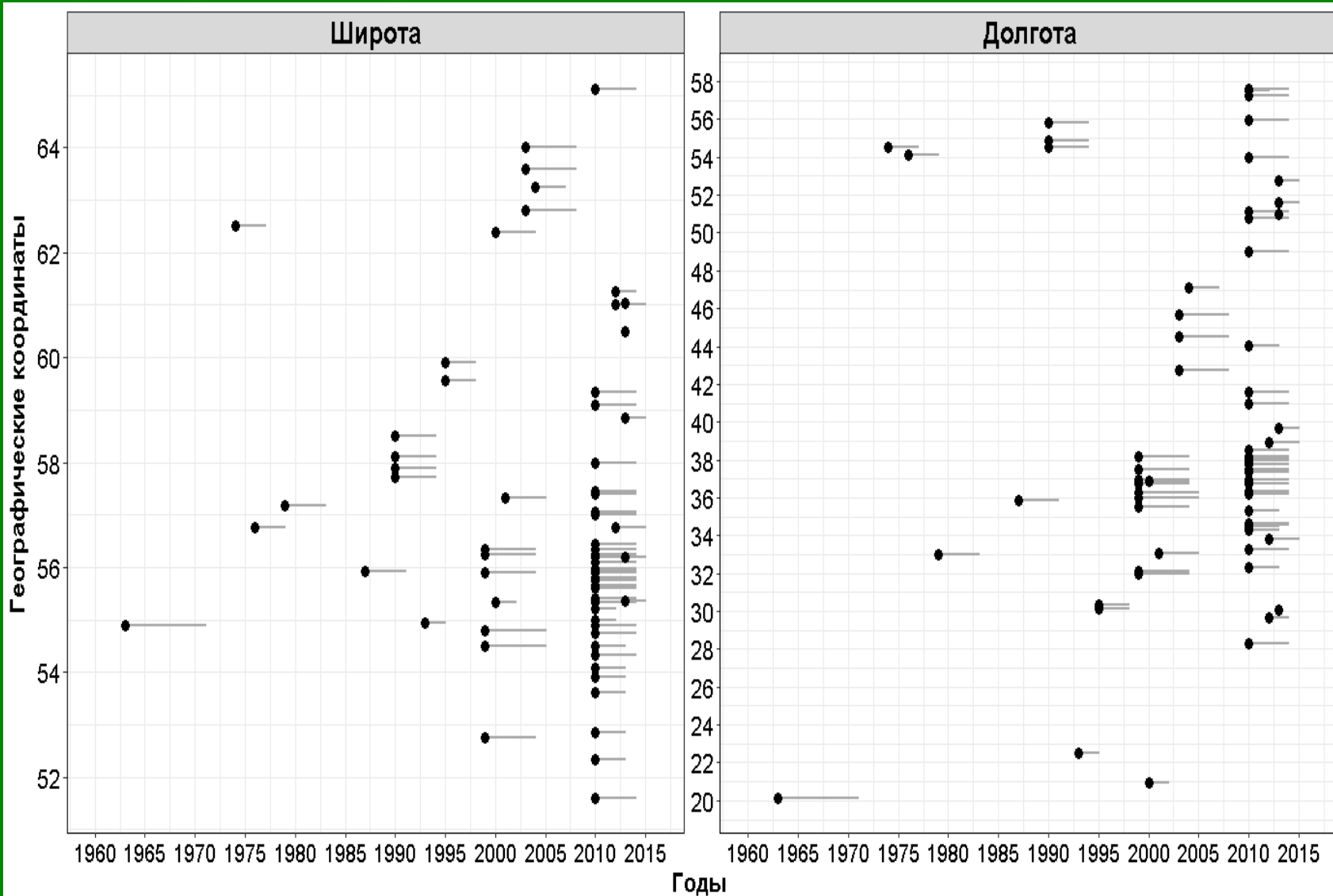


Сумма эффективных температур (>+5)





# Географическое распределение вспышек массового размножения короеда-типографа в период 1960-2016





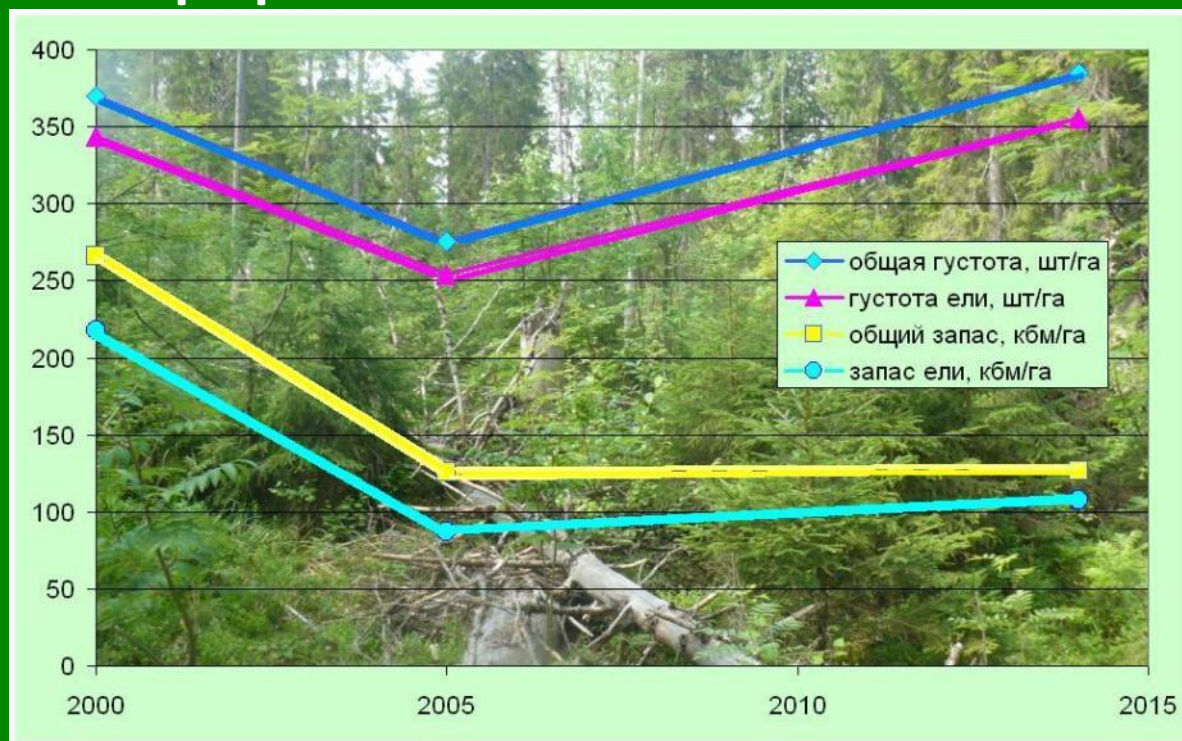
06.20.2005 13:50

Уже сейчас пожары и ветровалы сопровождаются ранее не свойственными для нашей зоны "вспышками" численности короеда, затухание которых растягивается на 5 лет. Необходимо на законодательном уровне закрепить возможность и необходимость быстрого реагирования. Наше законодательство как будто специально разработано для увеличения последствий от вспышек численности насекомых вредителей



**Выявлен пороговый рубеж потери запаса насаждения – 50%, после которого еще возможно естественное восстановление без смены пород среднетаежных ельников после повреждения ветровалом и короедом-типографом.**

**Показано, что интенсивное накопление запаса и восстановление числа стволов через 15 лет после ветровала происходит за счет подроста. Полное восстановление запаса и структуры сообщества с учетом динамики прироста можно прогнозировать через 60-70 лет.**

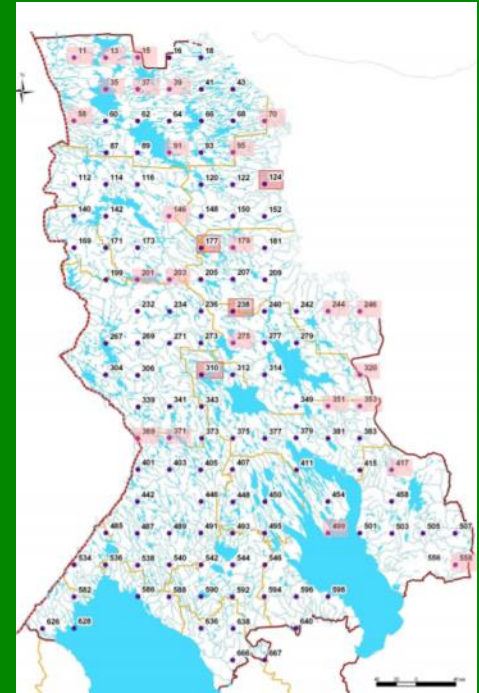


**Посткатастрофическая динамика плотности и запаса разновозрастного ельника**

# Заболачивание

- Продолжающийся перенос центра тяжести лесозаготовок в бореальную зону будет способствовать ускорению заболачивания территории, которое свойственно для Северо-Запада. Безусловно, этот процесс возможно и необходимо регулировать, меняя соотношение способов рубок.





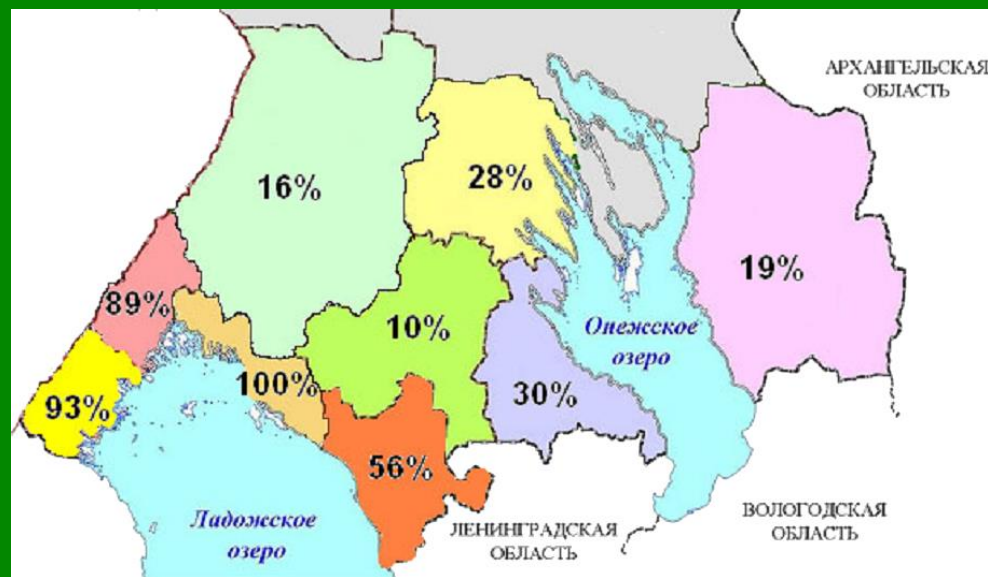
- **Институт леса КарНЦ РАН развивает сеть постоянных пробных площадей. В настоящий момент мониторинговая сеть насчитывается сотни ПП как на охраняемых территориях, так и в эксплуатационных лесах.**





# Особое внимание в ИЛ КарНЦ РАН уделяется защитным лесам, которые занимают более 30% территории РК

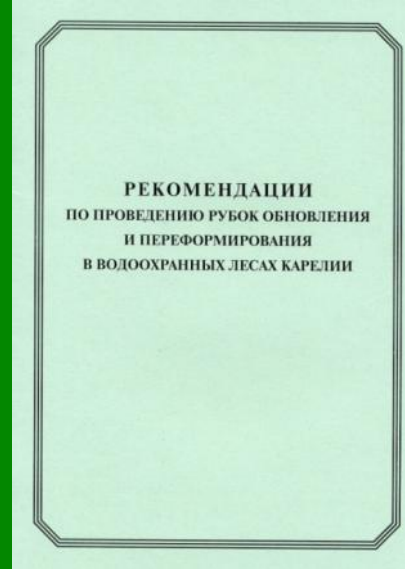
- Основное назначение защитных лесов – сохранение биоразнообразия, регулирование водного и углеродного баланса



ИЛ КарНЦ РАН подготовлены рекомендации по ведению хозяйства в защитных лесах, позволяющие повысить эффективность их использования с сохранением экосистемных функций, в т.ч. поглощения  $\text{CO}_2$



**На основании результатов многолетних исследований для спелых и перестойных насаждений Карелии рекомендуется:**



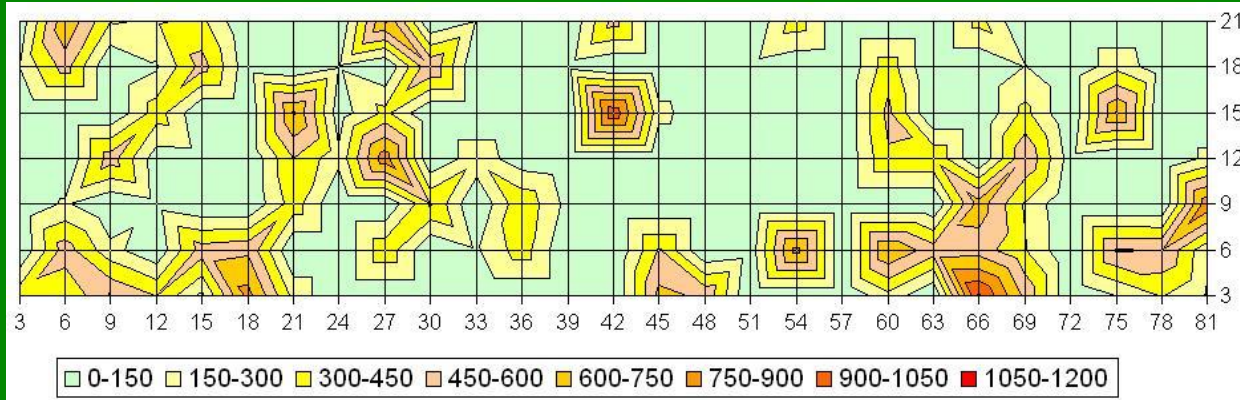
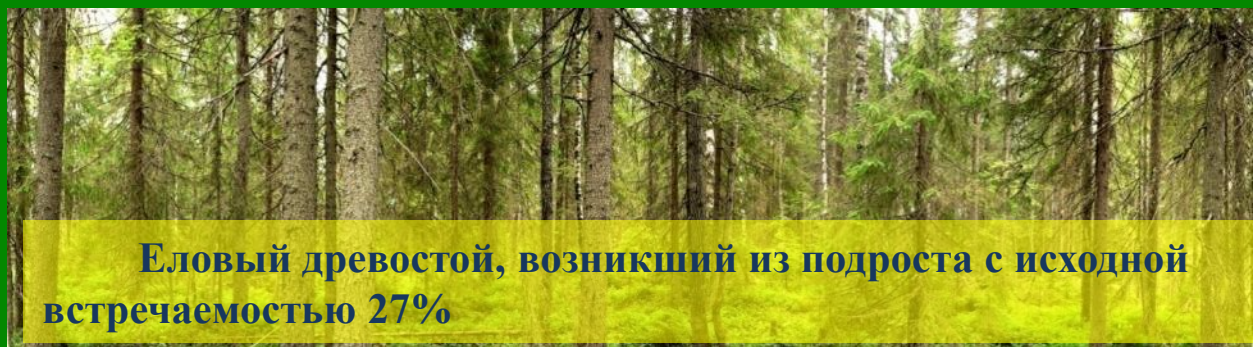
**- в разновозрастных сосновых и еловых древостоях проведение выборочных рубок с интенсивностью 30 – 40%, после которых можно прогнозировать полное восстановление запаса через 20-30 лет.**

**- в одновозрастных древостоях двухприемные постепенные рубки, которые должны заканчиваться сплошной уборкой спелых и перестойных деревьев с последующим формированием молодых древостоев из подроста, обеспечивающих их экологическую устойчивость.**



На основе анализа многолетних стационарных наблюдений установлено, что фактическая продуктивность еловых насаждений (230-310 м<sup>3</sup>/га), сформировавшихся из сохраненного подроста и тонкомера, превышает показатели стандартных таблиц хода роста на 40–50%.

Оценено влияние исходной встречаемости подроста и его последующего накопления на запас формирующихся ельников. Выявлены основные типы распределений деревьев по диаметру и определена товарная структура древостоев. Показано, что в условиях II-III класса бонитета наступление возраста количественной спелости в ельниках из подроста происходит через 50 лет после сплошной рубки материнского древостоя.



Пространственная вариабельность суммы площадей сечений елового древостоя (кв.см) на площадках 3x3м при итоговой встречаемости ели 51%



- **Институт леса КарНЦ РАН на протяжении многих лет разрабатывает технологии ускоренного выращивания лесов и повышения их комплексной продуктивности -- необходимо стимулировать внедрение инноваций.**
- **Хотим особенно подчеркнуть и старались показать это в докладе, что в лесу нет простых решений. Необходимо, как минимум, учитывать географические закономерности, типы лесорастительных условий, особенности естественной и антропогенной динамики, все это сейчас игнорируется чиновниками Рослесхоза, широко разрекламированный переход к интенсификации проходит без должного обсуждения и учета региональной специфики.**

# 40-летние посадки ели



**Спасибо!**