

Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр Российской академии наук»
(КарНЦ РАН)

На правах рукописи

Серкова Александра Александровна

НАУЧНЫЙ ДОКЛАД

об основных результатах научно-квалификационной работы (диссертации)

**на тему: СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ
УТИЛИЗАЦИИ ИЗБЫТКА ФОТОАССИМИЛЯТОВ В ТКАНЯХ СТВОЛА
ХВОЙНЫХ И ЛИСТВЕННЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ,**

подготовленный в соответствии с требованиями

Федерального государственного образовательного стандарта
высшего образования по направлению 06.06.01. Биологические науки
(уровень подготовки кадров высшей квалификации)

Научный руководитель:
старший научный сотрудник ИЛ КарНЦ РАН,
кандидат биологических наук,
Тарелкина Т. В.

Петрозаводск – 2024

Содержание

Введение.....	3
Основная часть.....	5
Объекты и методы исследования.....	5
Результаты исследования.....	5
<i>Строение проводящих тканей ствола различных видов древесных растений после кольцевания (на примере березы повислой и сосны обыкновенной)</i>	5
<i>Строение проводящих тканей ствола березы повислой и карельской березы</i>	10
<i>Строение коры подроста ели европейской после рубки ухода</i>	12
<i>Строение коры деревьев сосны обыкновенной в разных лесорастительных условиях и разного возраста</i>	13
Заключение.....	16
Список литературы.....	17
Приложение.....	19

Введение

Актуальность темы исследования

Проводящие ткани ствола древесных растений – флоэма и ксилема – образуются в результате деятельности камбия. Для поддержания клеточных делений в камбиальной зоне необходимо постоянное поступление ассимилятов, которые транспортируются в русле проводящей флоэмы (Krabel, 2000; Oribe *et al.*, 2003; Simard *et al.*, 2013). Флоэмный транспорт ассимилятов ориентирован от тканей-доноров к тканям-акцепторам. Фотоассимиляты у растений образуются в результате реакций фотосинтеза в листьях. Акцепторами являются все клетки, обладающие метаболической активностью. При этом, распределение ассимилятов происходит согласно акцепторной силе органов. Известно, что основным акцептором ассимилятов у древесных растений является корневая система, тогда как камбий имеет более низкий приоритет при распределении углеводов между органами (Hagedorn *et al.*, 2016; Sundberg *et al.*, 2000).

Изменение донорно-акцепторных отношений между органами и тканями дерева можно изучать как в природных условиях, так и в условиях эксперимента (Giertych *et al.*, 2015; Коновалов, Зарубина, 2020; Masyagina *et al.* 2016). В этой связи перспективными для изучения структурных реакций камбия на увеличение содержания сахаров во флоэме являются методические подходы, основанные на создании зон с избыточным содержанием ассимилятов вследствие прерывания транспорта по флоэме, а также изучение последствий лесохозяйственных мероприятий, направленных на увеличение освещенности деревьев.

Карельская береза – форма березы повислой, известная узорчатой древесиной. Была высказана гипотеза, что индуктором аномального морфогенеза тканей ствола у данной формы может быть избыточное содержание сахаров в русле проводящей флоэмы (Новицкая, 2008). Таким образом, карельская береза является удобным объектом для изучения структурно-функциональных аспектов утилизации избытка ассимилятов в камбиальной зоне.

У некоторых хвойных оболочки ситовидных элементов флоэмы могут иметь утолщения, которые называются перламутровыми (Лотова, 1968; Abbe, Crafts, 1939; Srivastava, 1969). Было высказано предположение, что данные утолщения могут участвовать в регуляции транспорта по флоэме, выполняя функцию

резервуара для создания лабильного запаса сахарозы (Новицкая, Житкова, Бумагина, 1999). При этом, точные причины формирования и функциональное значение перламутровых оболочек до сих пор остаются малоизученными.

В связи со всем вышесказанным, проблема выявления структурно-функциональных особенностей утилизации избытка фотоассимилятов у деревьев разных систематических групп является актуальной для углубления имеющихся представлений о механизмах регуляции транспорта по флоэме, активности камбия, ксило- и флоэмогенеза.

Цели и задачи исследования

Целью работы было изучение структурно-функциональных особенностей утилизации избытка фотоассимилятов в тканях ствола хвойных и лиственных древесных растений. В рамках этой цели были поставлены следующие задачи:

- исследовать особенности формирования вторичной флоэмы хвойных и лиственных древесных растений в условиях создания экспериментальным путем избытка фотоассимилятов в стволах;
- выявить особенности формирования вторичной флоэмы карельской березы по сравнению с березой повислой;
- изучить особенности формирования вторичной флоэмы ели европейской при изменении условий среды вследствие лесохозяйственных мероприятий;
- выявить анатомические характеристики вторичной флоэмы сосны обыкновенной в зависимости от эдафических условий и возраста дерева.

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты выпускной квалификационной работы дополняют полученные ранее знания о влиянии избытка ассимилятов на активность камбия древесных растений бореальной зоны. Исследование способствует углублению и расширению знаний о механизмах регуляции флоэмогенеза у древесных растений.

Научно-квалификационная работа выполнена на базе лаборатории физиологии и цитологии древесных растений Института леса Карельского научного центра Российской академии наук.

Основная часть

Объекты и методы исследования

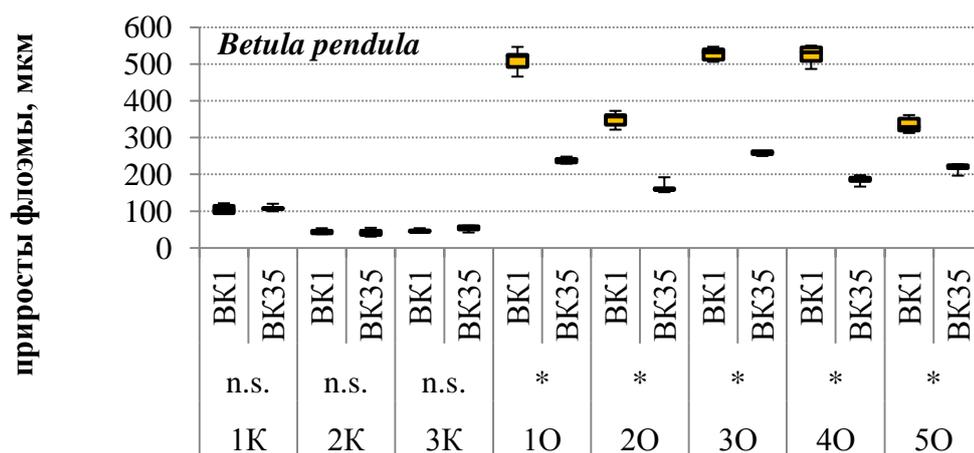
Основными объектами исследования были различные виды древесных растений (*Betula pendula*, *Picea abies* и *Pinus sylvestris*). Прерывание флоэмного транспорта осуществляли методом кольцевания (Rademacher *et al.*, 2019). Отбор образцов проводили на двух уровнях – на 1 и 35 см выше кольца – зоны ВК1 и ВК35 соответственно.

Фиксацию образцов и изготовление поперечных срезов тканей проводили по общепринятым методикам (Mollenhauer, 1964). Постоянные препараты для светооптического анализа толщиной 2 мкм изготавливали на ультрамикротоме ЛКВ IV и окрашивали 1% водным раствором сафранина. Измерения количественных показателей на микрофотографиях проводили с использованием программы ImageJ. Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программы Statistica, v. 10. Звездочками на графиках обозначены значимые различия между группами (* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$), n.s. – различий нет.

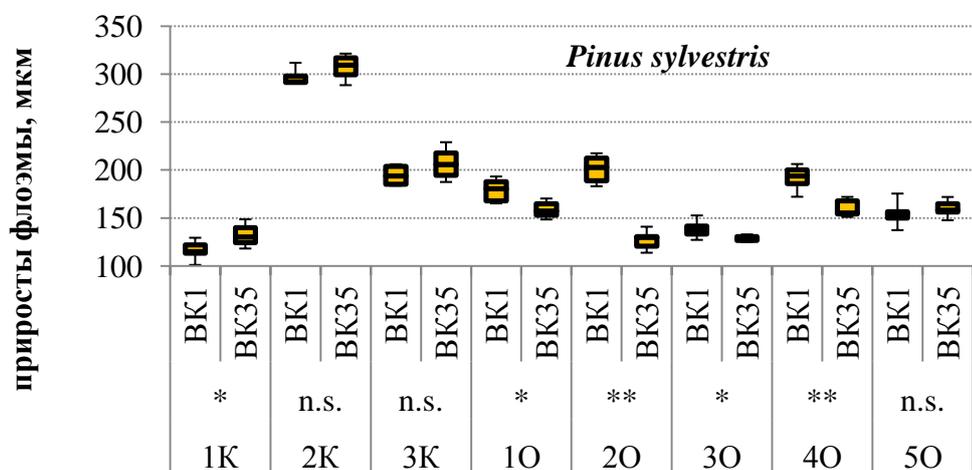
Результаты исследования

Строение проводящих тканей ствола различных видов древесных растений после кольцевания (на примере березы повислой и сосны обыкновенной)

У контрольных деревьев между зонами ВК1 и ВК35 в большинстве случаев не было достоверных различий. У исследованных видов окольцованных деревьев приросты флоэмы в зоне ВК1 были в большинстве случаев статистически выше, чем в зоне ВК35 (Рисунок 1). Флоэма контрольных деревьев березы и сосны состояла из ситовидных элементов, аксиальной и лучевой паренхимы. У всех окольцованных деревьев мы наблюдали увеличение доли паренхимных клеток и снижение доли проводящих элементов. У окольцованных деревьев березы встречались группы склереид, которых не было во флоэме у контрольных деревьев (Рисунок 2).



(a)



(б)

Рисунок 1. Приросты флоэмы, сформированные после кольцевания у контрольных и окольцованных деревьев в зонах BK1 и BK35. а – береза повислая, б – сосна обыкновенная. 1К-3К – контрольные деревья, 10-50 – окольцованные деревья.

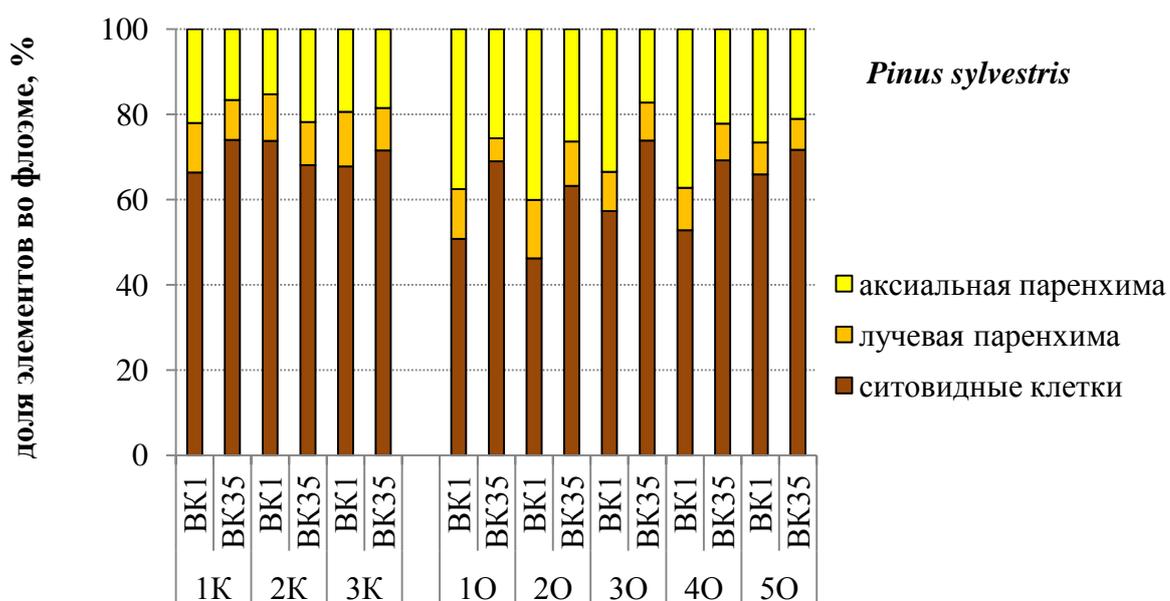
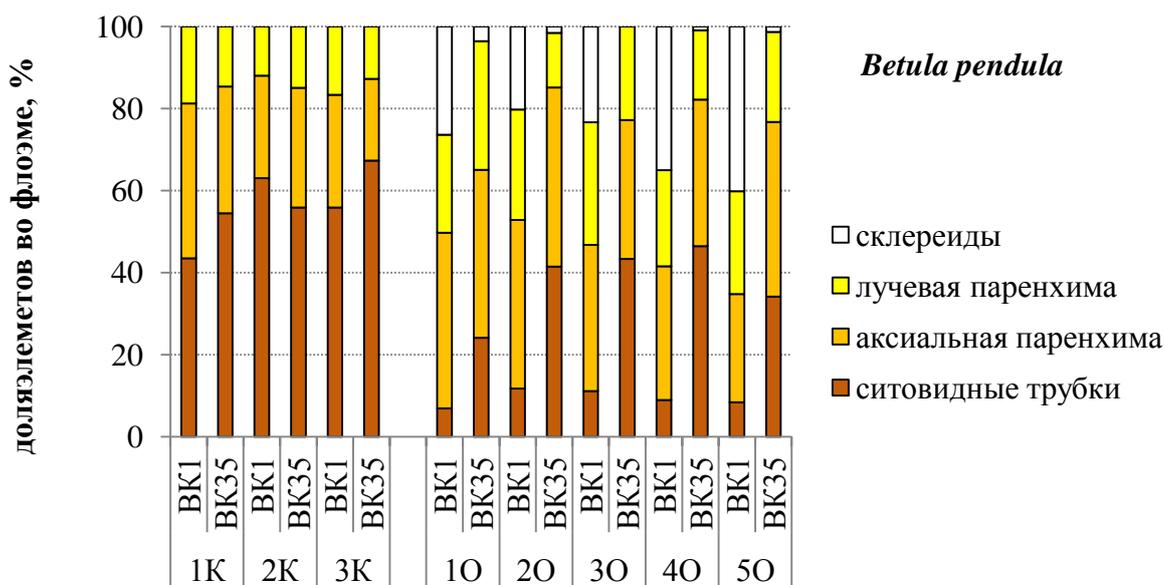
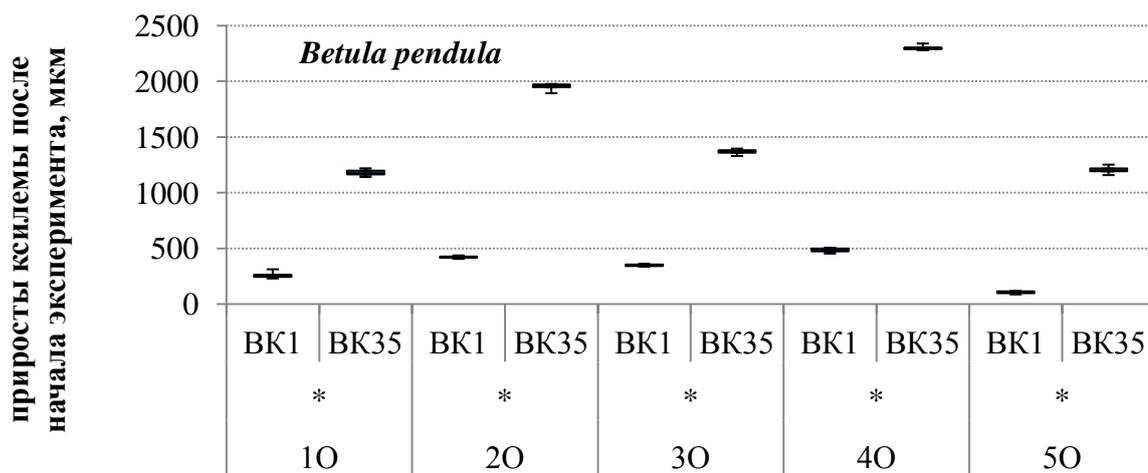


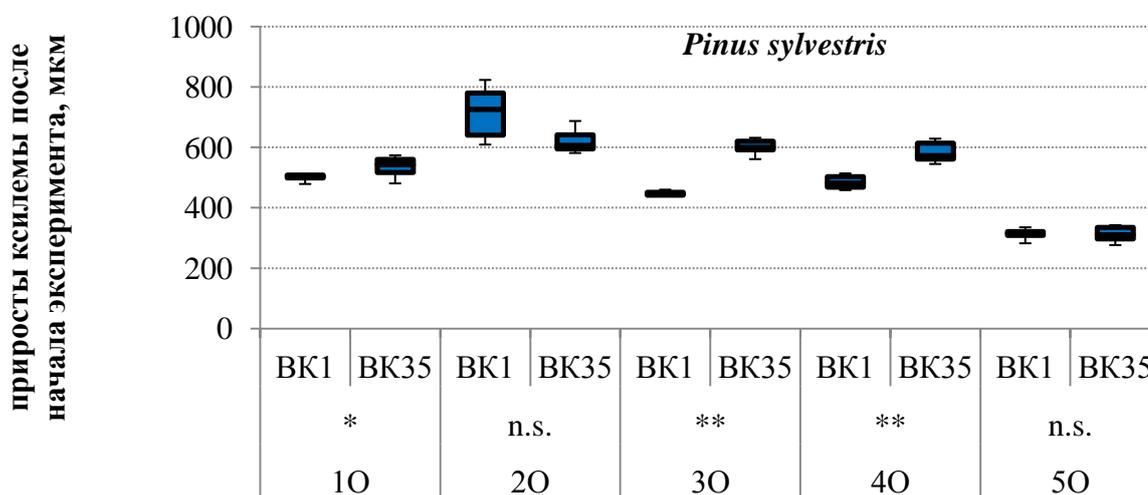
Рисунок 2. Доля различных типов клеток во флоэме, сформированной после кольцевания у контрольных и окольцованных деревьев в зонах ВК1 и ВК35. а – береза повислая, б – сосны обыкновенная. 1К-3К – контрольные деревья, 10-50 – окольцованные деревья.

Приросты ксилемы у большинства окольцованных деревьев березы и сосны в зоне ВК1 были статистически меньше, чем в зоне ВК35 (Рисунок 3). Общим

отличием между контрольными и окольцованными деревьями в структуре ксилемы у изученных видов было уменьшение доли проводящих элементов, особенно в зоне ВК1. Соответственно, увеличилась доля паренхимы или механических элементов (склерейд). У сосны обыкновенной основной характерной особенностью окольцованных деревьев по сравнению с контрольными было увеличение количества смоляных ходов (Рисунок 4).



(a)



(б)

Рисунок 3. Приросты ксилемы, сформированные после кольцевания у окольцованных деревьев в зонах ВК1 и ВК35. а – береза повислая, б – сосна обыкновенная. 10-50 – окольцованные деревья.

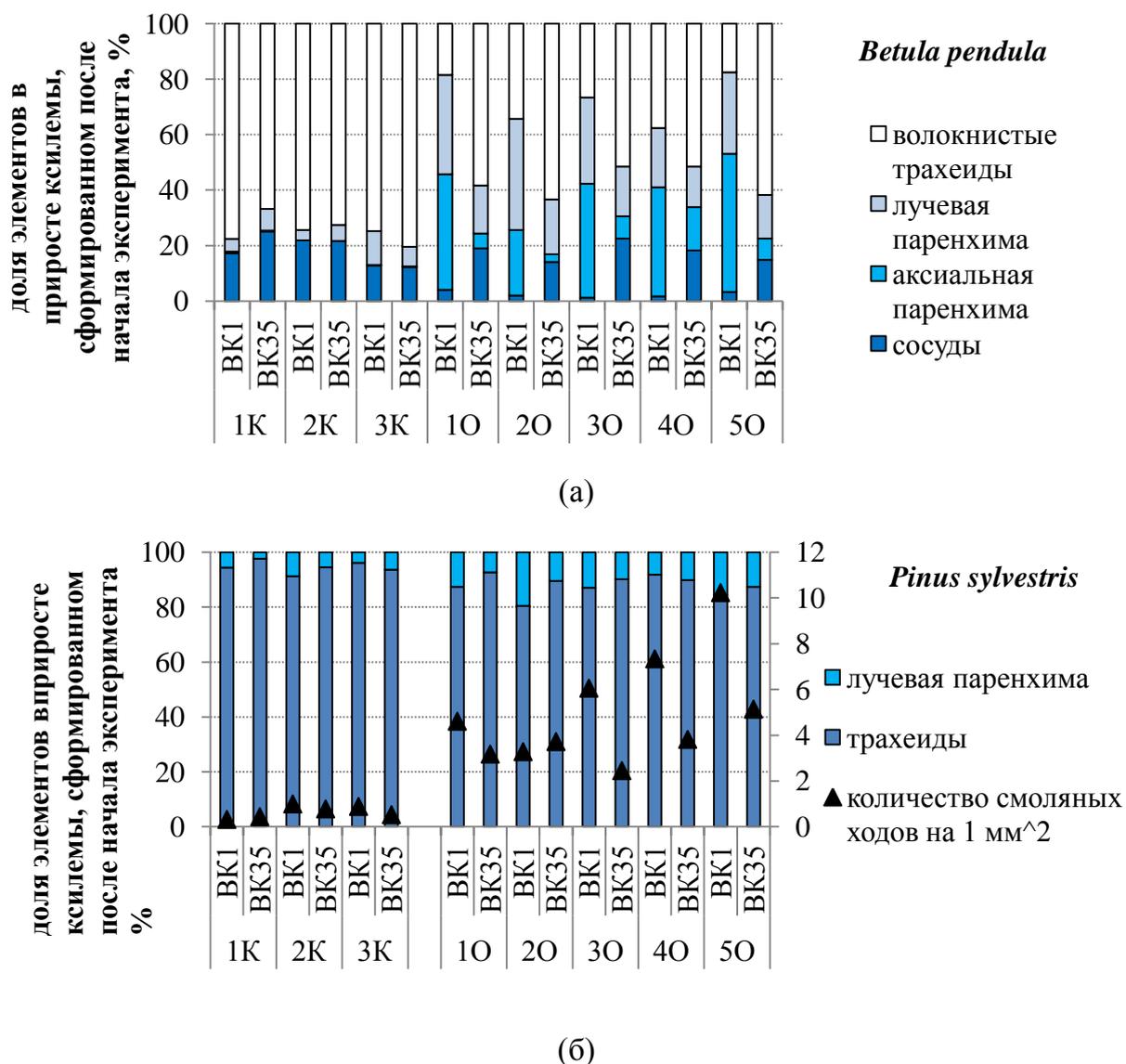


Рисунок 4. Доля различных типов клеток в ксилеме, сформированной после кольцевания у контрольных и окольцованных деревьев в зонах BK1 и BK35. а – береза повислая, б – сосна обыкновенная. 1К-3К – контрольные деревья, 1О-5О – окольцованные деревья.

Таким образом, общими реакциями на кольцевание у изученных видов были увеличение приростов флоэмы, уменьшение приростов ксилемы и паренхиматизация проводящих тканей. Были обнаружены различия в строении проводящих тканей, которые обусловлены видовыми особенностями в исходной структуре тканей. У хвойных наблюдались заметные отличия в количестве смоляных ходов в ксилеме между контрольными и окольцованными деревьями. У лиственных мы отметили образование клеток с утолщенными клеточными

стенками у окольцованных деревьев (образование склерид во флоэме березы). Основываясь на литературных данных, наблюдаемые реакции могут быть обусловлены как раневым эффектом, так и влиянием высокого содержания ассимилятов в зоне над кольцом.

Строение проводящих тканей ствола березы повислой и карельской березы

Строение коры березы повислой было типичным для вида. На срезах флоэмы карельской березы аномалии строения проявлялись в основном в виде волнистых очертаний границ среза (Рисунок 5).

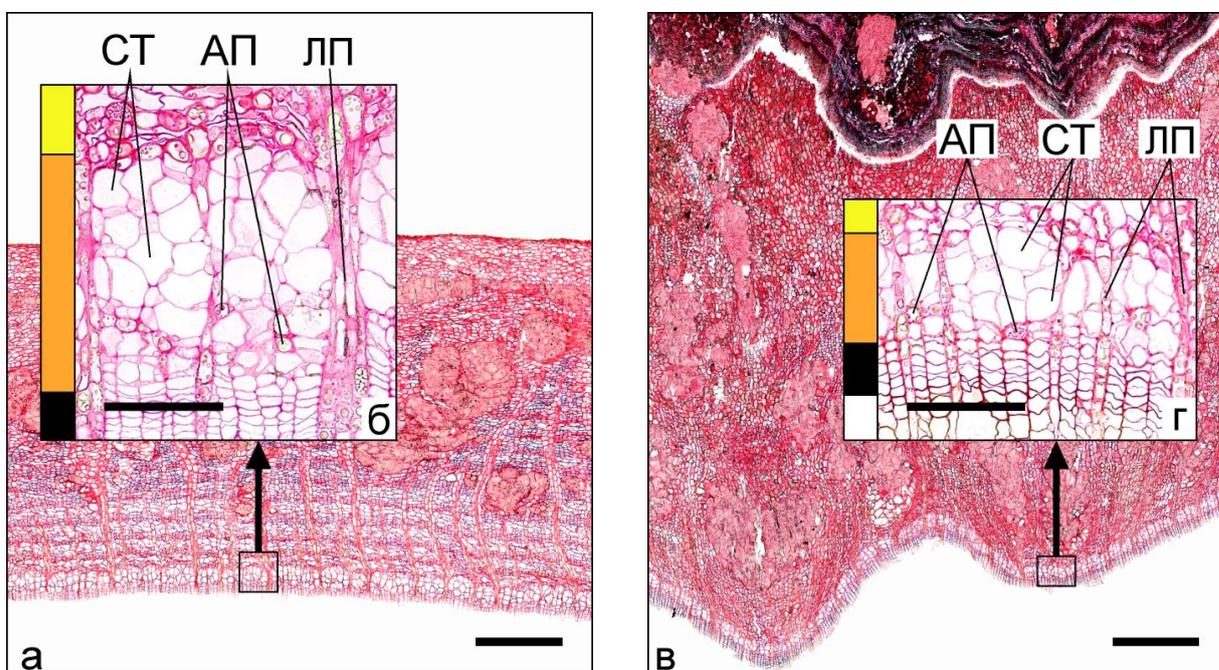


Рисунок 5. Поперечные срезы коры. а, б – береза повислая; в, г – карельская береза. Черный цвет – камбиальная зона, оранжевый – проводящая флоэма, желтый – непроводящая флоэма. СТ – ситовидные трубки, АП – аксиальная паренхима, ЛП – лучевая паренхима. Отрезок равен 500 мкм (а и в) и 100 мкм (б и г).

Ширина вторичной флоэмы у березы повислой и карельской березы достоверно не отличалась (медианные значения составили 2,7 и 3,1 мм соответственно). Ширина проводящей флоэмы у карельской березы была достоверно ниже, чем у березы повислой (медианные значения составили 175,4 и 51,2 мкм соответственно). В то же время, доли различных элементов в составе

проводящей флоэмы не отличались (ситовидные трубки – 75-76%, аксиальная паренхима – 5-6%, лучевая паренхима – 18-20%).

Число ситовидных трубок на 1 мм² площади проводящей флоэмы у березы повислой и карельской березы достоверно не отличалось (медианные значения составили 684,4 и 731,3 мкм соответственно). При этом, площадь просвета ситовидных трубок у карельской березы была достоверно меньше по сравнению с березой повислой (средние значения составили 359,6 и 665,7 мкм).

Расчеты проводимости флоэмы показали, что меньшие размеры ситовидных трубок у карельской березы приводят к существенному ограничению дальнего транспорта ассимилятов. У карельской березы медианное значение проводимости на 1 мм² флоэмы было примерно в 3 раза ниже по сравнению с такой же площадью проводящей флоэмы березы повислой.

Приросты ксилемы у карельской березы были достоверно ниже, чем у березы повислой (медианные значения составили 150,6 и 257,4 мкм соответственно). В составе ксилемы карельской березы наблюдалось уменьшение доли сосудов и увеличение доли паренхимы по сравнению с составом ксилемы у березы повислой (Рисунок 6). А именно, у березы повислой доля сосудов составляла 12%, в то время как у карельской березы – 18%; доля паренхимы составляла 13% и 19% соответственно.

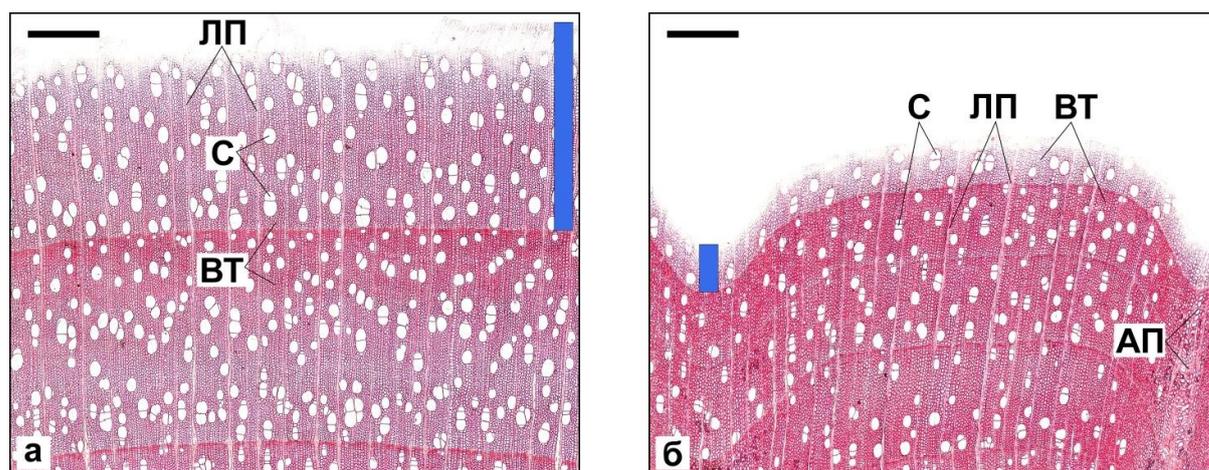


Рисунок 6. Поперечные срезы древесины. а – береза повислая; б – карельская береза. Синий цвет – приросты ксилемы. С – сосуды; ВТ – волокнистые трахеиды; АП – аксиальная паренхима; ЛП – лучевая паренхима. Отрезок равен 500 мкм.

Таким образом, ксило- и флоэмогенез у карельской березы протекали менее активно по сравнению с березой повислой. Доли различных элементов в составе проводящей флоэмы не отличались у обеих форм. При этом, в составе ксилемы карельской березы наблюдалось уменьшение доли сосудов и увеличение доли паренхимы по сравнению с составом ксилемы у березы повислой. Расчеты проводимости флоэмы показали, что указанные структурные особенности флоэмы карельской березы сопровождаются значительным ограничением дальнего транспорта ассимилятов.

Строение коры подроста ели европейской после рубки ухода

У подроста на вырубке ширина коры была достоверно выше по сравнению с подростом из семенной куртины (медианные значения составили 1,4 мм и 1,3 мм соответственно) (Рисунок 7). Увеличение общей ширины коры на вырубке произошло, по-видимому, вследствие увеличения ширины приростов проводящей флоэмы, так как ширина проводящей флоэмы у деревьев на вырубке была примерно в 1,5 раза шире по сравнению с деревьями из семенной куртины (медианные значения составили 85,5 и 138,2 мкм соответственно). Соотношение ситовидных клеток, аксиальной и лучевой паренхимы составило 76:13:11 на куртине и 73:12:15 на вырубке. Количество клеток в радиальном ряду проводящей флоэмы на куртине и вырубке составило 5-6 и 9-10 шт. соответственно. Диаметр просвета ситовидных клеток как в ранней, так и в поздней части проводящей флоэмы, был больше у подроста на вырубке по сравнению с подростом из семенной куртины (средние значения составили 13,5 и 10,9 мкм – для ранних ситовидных клеток и 10,0 и 8,6 – для поздних ситовидных клеток соответственно).

Мы вычислили суммарную проводимость для 100 ситовидных клеток ранней и поздней флоэмы в каждом образце. У подроста на вырубке эти показатели были в 2,3 и 1,8 раз выше соответственно, по сравнению с подростом из семенной куртины.

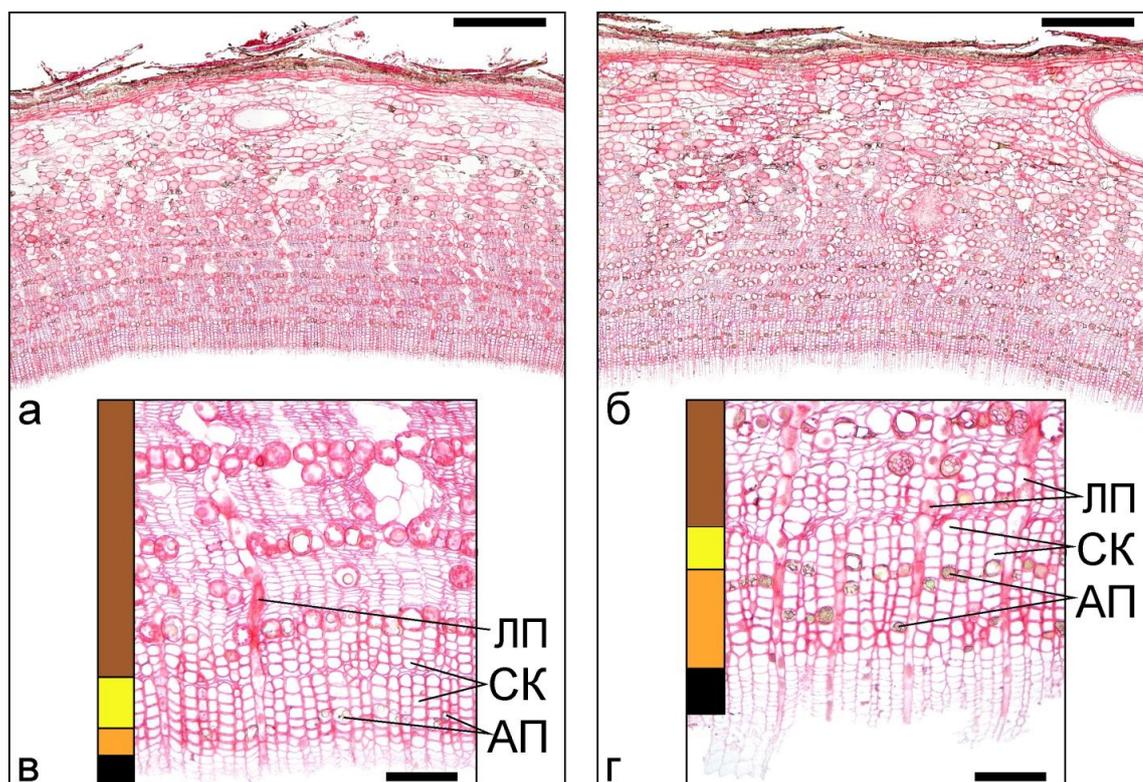


Рисунок 7. Поперечные срезы коры подроста ели европейской. а, в – в семенной куртине; б, г – на вырубке. Черный цвет – камбиальная зона, оранжевый – поздняя флоэма текущего года, желтый – ранняя флоэма текущего года, коричневый – вторичная флоэма предыдущих вегетационных периодов. СК – ситовидные клетки; АП – аксиальная паренхима; ЛП – лучевая паренхима. Отрезок равен 500 мкм (а и б) и 100 мкм (в и г).

Таким образом, увеличение ширины проводящей флоэмы происходит как за счет увеличения количества клеток в ряду, так и за счет увеличения их размеров. В то же время, доли различных элементов в составе проводящей флоэмы не изменились. Расчеты проводимости флоэмы показали, что указанные структурные особенности флоэмы ели европейской на вырубке приводят к усилению дальнего транспорта фотоассимилятов.

Строение коры деревьев сосны обыкновенной в разных лесорастительных условиях и разного возраста

Разные лесорастительные условия

Деревья, произрастающие в разных лесорастительных условиях (сосняки лишайниковый, брусничный и черничный) достоверно отличались по ширине

вторичной флоэмы (3,5, 2,4 и 2,5 мм соответственно) и проводящей флоэмы (351,4, 283,7, 276,8 мкм соответственно). Диаметры и число ситовидных клеток на единицу площади флоэмы в трех типах леса достоверно не отличались.

У сосны обыкновенной некоторые ситовидные клетки могут иметь утолщенные оболочки (перламутровые) (Новицкая, Житкова, Бумагина, 1999) (Рисунок 8). У всех деревьев доля ситовидных клеток с утолщенными оболочками составляла 10-77% от общего числа ситовидных клеток. Значимых отличий между проводимостью клеток с утолщениями и без утолщений обнаружено не было. Проводимость флоэмы в сосняке лишайниковом была более чем в 2 раза больше по сравнению с деревьями, произраставшими в сосняках черничном и брусничном соответственно.

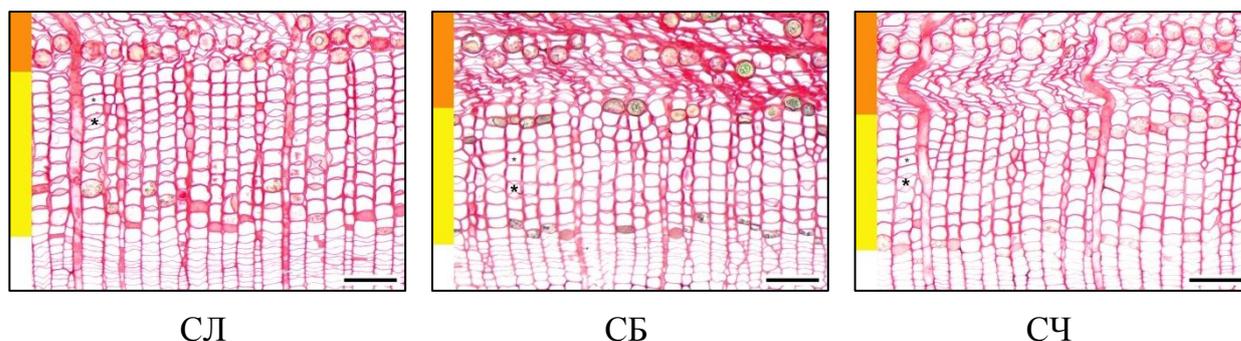


Рисунок 8. Поперечные срезы проводящей флоэмы сосны обыкновенной в разных лесорастительных условиях. СЛ – сосняк лишайниковый, СБ – сосняк брусничный, СЧ – сосняк черничный Желтый цвет – проводящая флоэма, оранжевый – непроводящая флоэма. Маленькой звездочкой обозначена ситовидная клетка с типичной тонкой оболочкой, крупной звездочкой – ситовидная клетка с утолщенной оболочкой. Отрезок равен 100 мкм.

Разный возраст

Деревья в возрасте 30, 70-80 и 180 лет достоверно отличались по ширине вторичной флоэмы (2,3, 2,4, 3,1 мм соответственно) и проводящей флоэмы (250,0, 283,7, 343,0 мкм соответственно). Диаметры и число ситовидных клеток на единицу площади флоэмы в трех типах леса достоверно не отличались.

У всех деревьев доля ситовидных клеток с утолщенными оболочками составляла 11-65% от общего числа ситовидных клеток (Рисунок 9). Значимых

отличий между проводимостями клеток с утолщениями и без обнаружено не было. Проводимость флоэмы у 180-летних деревьев была более чем в 2 раза больше по сравнению с 30- и 70-80-летними деревьями соответственно.

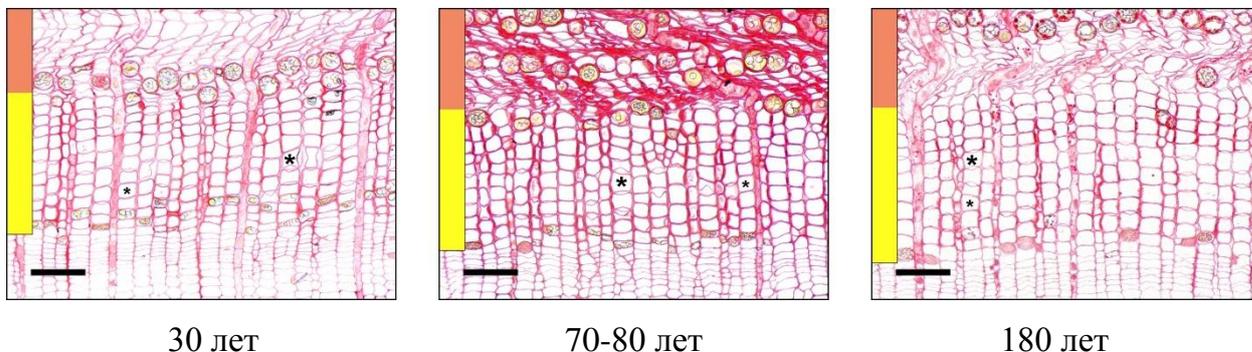


Рисунок 9. Поперечные срезы проводящей флоэмы сосны обыкновенной у деревьев разного возраста. Желтый цвет – проводящая флоэма, оранжевый – непроводящая флоэма. Маленькой звездочкой обозначена ситовидная клетка с типичной тонкой оболочкой, крупной звездочкой – ситовидная клетка с утолщенной оболочкой. Отрезок равен 100 мкм.

Таким образом, можно предположить, что более высокая проводимость флоэмы в сосняке лишайниковом, вероятно, отражает повышенный запрос на фотоассимиляты со стороны корневой системы в условиях произрастания на бедных и сухих почвах. При этом, отличия в структуре флоэмы у деревьев разного возраста могут быть связаны с переориентацией донорно-акцепторных отношений в сторону лучшей обеспеченности корневой системы у более взрослых деревьев. Чтобы установить роль перламутровых оболочек в регуляции транспорта фотоассимилятов по флоэме, необходимы дальнейшие исследования (например, в сезонной динамике).

Заключение

В ходе выполнения научно-квалификационной работы были изучены структурно-функциональные особенности утилизации избытка фотоассимилятов в тканях ствола хвойных и лиственных древесных растений. Все поставленные цели и задачи были выполнены в полном объеме.

Исходя из полученных данных, комплексное изучение анатомического строения проводящей флоэмы в связи с ее транспортной функцией способствует значительному углублению понимания донорно-акцепторных отношений органов и тканей в древесных растениях, механизмов регуляции камбиального роста и формирования проводящих тканей. Дальнейшие исследования в этом направлении имеют большое значение для установления взаимосвязей между процессами транспорта фотоассимилятов, ксило- и флоэмогенеза и продуктивностью древесных растений.

Список литературы

1. Коновалов В. Н., Зарубина Л. В. Транспорт, распределение и потребление ^{14}C -ассимилятов у сосны и ели в северотаежных фитоценозах при различном световом и азотном питании // Лесной журнал. – 2020. – № 4. – С. 77–94.
2. Лотова Л. И. Желатинизированные слои в стенках ситовидных элементов приморской сосны // Вестник Московского университета. – 1968. – № 3. – С. 90–94.
3. Новицкая Л. Л. Карельская береза: механизмы роста и развития структурных аномалий. – Петрозаводск: Verso, 2008. – 144 с.
4. Новицкая Л. Л., Житкова Е. А., Бумагина З. Д. Ультраструктура оболочек ситовидных элементов сосны, ели и березы // Ботанический журнал. – 1999. – Т. 84. – С. 20–30.
5. Abbe L. B., Crafts A. S. Phloem of White pine and other coniferous species // Botanical Gazette. – 1939. – Т. 100. – № 4. – Pp. 695–722.
6. Giertych M. J., Karolewski P., Oleksyn J. Carbon allocation in seedlings of deciduous tree species depends on their shade tolerance // Acta Physiol. Plant. – 2015. – Т. 37. – № 10. – Pp. 216.
7. Hagedorn F., Joseph J., Peter M., Luster J., Pritsch K. и др. Recovery of trees from drought depends on belowground sink control // Nat. Plants. – 2016. – Т. 2. – № 8. – Pp. 16111.
8. Krabel D. Influence of sucrose on cambial activity // Cell and molecular biology of wood formation / под ред. R. A. Savidge, J. R. Barnett, R. Napier. – Oxford: BIOS Scientific Publishers Limited, 2000. – Pp. 43–54.
9. Masyagina O., Prokushkin A., Kirdeyanov A., Artyukhov A., Udalova T., Senchenkov S., Rublev A. Intraseasonal carbon sequestration and allocation in larch trees growing on permafrost in Siberia after ^{13}C labeling (two seasons of 2013–2014 observation) // Photosynth. Res. – 2016. – Т. 130. – № 1–3. – Pp. 267–274.
10. Mollenhauer H. H. Plastic embedding mixtures for use in electron microscopy // Stain Technol. – 1964. – Т. 39. – Pp. 111–114.
11. Oribe Y., Funada R., Kubo T. Relationships between cambial activity, cell differentiation and the localization of starch in storage tissues around the cambium in

locally heated stems of *Abies sachalinensis* (Schmidt) Masters // *Trees*. – 2003. – T. 17. – № 3. – Pp. 185–192.

Rademacher T. T., Basler D., Eckes-Shephard A. H., Fonti P., Friend A. D., Le Moine J., Richardson A. D. Using direct phloem transport manipulation to advance understanding of carbon dynamics in forest trees // *Front. For. Glob. Change*. – 2019. – T. 2. – Pp. 11.

12. Simard S., Giovannelli A., Treydte K., Traversi M. L., King G. M., Frank D., Fonti P. Intra-annual dynamics of non-structural carbohydrates in the cambium of mature conifer trees reflects radial growth demands // *Tree Physiol*. – 2013. – T. 33. – № 9. – Pp. 913–923.

13. Srivastava L. M. On the ultrastructure of cambium and its vascular derivatives. III. The secondary walls of the sieve elements of *Pinus strobus* // *Am. J. Bot.* – 1969. – T. 56. – № 3. – Pp. 354–361.

14. Sundberg B., Uggla C., Tuominen H. Cambial growth and auxin gradients // *Cell and molecular biology of wood formation* / под ред. R. A. Savidge, J. R. Barnett, R. Napier. – Oxford, 2000. – Pp. 169–188.

Приложение

Таблица 1. Список основных научных работ, опубликованных по результатам научно-квалификационной работы (диссертации)

№	ФИО авторов	Название публикации	Название журнала/сборника, год, том, номер, страницы.
Статьи в периодических изданиях			
1.	Serkova A.A. , Tarelkina T.V., Galibina N.A., Nikerova K.M., Moshchenskaya Y.L., Sofronova I.N., Nikolaeva N.N., Ivanova D.S., Semenova L.I., Novitskaya L.L.	Changes in the Differentiation Program of Birch Cambial Derivatives following Trunk Girdling	<i>Forests</i> . 2022. № 13. 1171. https://doi.org/10.3390/f13081171 . (Web of Science, Scopus)
2.	Galibina N. A., Moshchenskaya Y. L., Tarelkina T. V., Nikerova K. M., Korzhenevskii M. A., Serkova A. A. , Afoshin N. V., Semenova L. I., Ivanova D. S., Guljaeva E. N., Chirva O. V.	Identification and expression profile of CLE41/44-PXY- WOX genes in adult trees <i>Pinus sylvestris</i> L. trunk tissues during cambial activity	<i>Plants</i> , 2023. 12(4), 835. https://doi.org/10.3390/plants12040835 (Web of Science и Scopus).
Материалы конференций			
3.	Серкова А.А. , Тарелкина Т.В., Мощенская Ю.Л., Галибина Н.А., Иванова Д.С., Семенова Л.И.	Влияние избытка фотоассимилятов на формирование проводящих тканей ствола березы повислой	Ботанические чтения: сб. материалов Междунар. науч. конф. Брест: БрГУ, 2021. С. 165-169
4.	Серкова А.А. , Тарелкина Т.В., Галибина Н.А., Иванова Д.С., Семенова Л.И.	Влияние избытка фотоассимилятов на формирование проводящих тканей ствола сосны обыкновенной	Всероссийская научная конференция с международным участием и школа для молодых ученых «Экспериментальная

			биология растений и биотехнология: история и взгляд в будущее». Годи́чное собрание общества физиологов растений России. Материалы докладов. (Москва, 27 сентября – 1 октября 2021г.) – Москва, 2021г. - С. 56.
5.	Серкова А.А., Тарелкина Т.В., Галибина Н.А., Мощенская Ю.Л., Софронова И.Н., Иванова Д.С., Семенова Л.И.	Поступление сахарозы в клетки вызывает изменение программы дифференциации камбиальных производных у березы повислой.	«Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и сельскохозяйственной микробиологии»: 21-я Всероссийская конференция молодых учёных (Москва, 19-21 октября 2021 г., ФГБНУ ВНИИСБ), сборник тезисов докладов. – М.: ФГБНУ ВНИИСБ, 2021. – С. 144-146.
6.	Serkova, A.A.; Tarelkina, T.V.; Galibina, N.A.;; Moshchenskaya, Y.L.; Sofronova, I.N.;; Ivanova, D.S.;; Semenova, L.I.	Changes in the Differentiation Program of Phloem Derivatives of Birch Cambium after Trunk Girdling.	Biol. Life Sci. Forum 2022, 11, 56.
7.	Серкова А.А., Тарелкина Т.В., Иванова Д.С., Семенова Л.И..	Структурные адаптации проводящей флоэмы подроста <i>Picea abies</i> (L.) Н. Karst. после сплошной рубки древостоя	Актуальные проблемы биологии и экологии: материалы докладов: XXIX Всероссийская молодежная научная конференция (с элементами научной школы: 21-25 марта 2022 г., Сыктывкар, Республика Коми, Россия / отв. редактор С. В.

			Дегтева. Сыктывкар: ИБ Коми НЦ УрО РАН. 2022. С. 198-199.
8.	Серкова А.А., Тарелкина Т.В., Галибина Н.А., Мошников С.А., Иванова Д.С., Семенова Л.И.	Особенности строения проводящей флоэмы <i>Pinus sylvestris</i> L. в сосняках брусничных разного возраста	Материалы V (XIII) Международной ботанической конференции молодых учёных в Санкт-Петербурге (25–29 апреля 2022 года). СПб.: БИН РАН, 2022. 174 с.
9.	Серкова А.А., Тарелкина Т.В., Галибина Н.А., Мошников С.А., Иванова Д.С., Семенова Л.И.	Изменения анатомического строения и проводимости флоэмы <i>Pinus sylvestris</i> L. в онтогенезе	Всероссийская научная конференция с международным участием «Физиология растений и феномика как основа современных фитобиотехнологий». Годичное собрание Общества физиологов растений России. Нижний Новгород, 27-30 сентября 2022 г.: Тезисы докл. / ННГУ им. Н.И. Лобачевского. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ. 2022. С. 119.
10.	Серкова А.А., Тарелкина Т.В., Галибина Н.А., Мошников С.А., Иванова Д.С., Семенова Л.И.	Транспорт углерода по флоэме в корневые системы – путь адаптации сосны в разных лесорастительных условиях.	X Съезд общества физиологов растений России «Биология растений в эпоху глобальных изменений климата» (Уфа, 18-23 сентября 2023 г.): тезисы докладов. – Уфа: УИБ УФИЦ РАН, 2023. – С. 323
11.	Серкова А.А., Тарелкина Т.В., Галибина Н.А., Мошников С.А.,	Особенности строения проводящей флоэмы <i>Pinus sylvestris</i> L. в разных типах леса в условиях средней	Актуальные проблемы биологии и экологии: материалы докладов XXX Всероссийской молодежной научной

	Иванова Д.С., Семенова Л.И.	тайги (Республика Карелия).	конференции (с элементами научной школы), посвященной 300-летию Российской академии наук (20–24 марта 2023 г., г. Сыктывкар) / отв. ред.: И. Ф. Чадин – Сыктывкар : ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2023. С. 253-256.
--	--------------------------------	-----------------------------	--

Таблица 2. Список научных конференций, на которых представлены результаты научно-квалификационной работы (диссертации)

№	ФИО авторов. Название доклада	Название конференции, сроки и место проведения	Вид представленного доклада, ФИО докладчика
Международные конференции за рубежом			
1.	Серкова А.А. , Тарелкина Т.В., Мощенская Ю.Л., Галибина Н.А., Иванова Д.С., Семенова Л.И. Влияние избытка фотоассимилятов на формирование проводящих тканей ствола березы повислой	Международная научная конференция «Ботанические чтения» (25 февраля 2021 г., Брест, Беларусь)	Устный, Серкова А.А.
2.	Serkova A.A. , Tarelkina T.V., Galibina N.A., Moshchenskaya Y.L., Sofronova I.N., Ivanova D.S. and Semenova L.I. Changes in the Differentiation Program of Phloem Derivatives of Birch Cambium after Trunk Girdling	The 2nd International Electronic Conference on Plant Sciences—10th Anniversary of Journal Plants (1 – 15 декабря, 2021 г.)	Очный, Серкова А.А.
Международные конференции в России			
3.	Серкова А.А. , Тарелкина Т.В., Галибина Н.А., Мошников С.А., Иванова Д.С., Семенова Л.И. Особенности строения проводящей флоэмы <i>Pinus sylvestris</i> L. в сосняках брусничных разного возраста	V (XIII) Международная ботаническая конференция молодых ученых в Санкт- Петербурге (25-29 апреля 2022 г.)	Устный, Серкова А.А.
Всероссийские конференции			
4.	Серкова А.А. , Тарелкина Т.В., Галибина Н.А., Иванова Д.С., Семенова Л.И. Влияние избытка фотоассимилятов на формирование проводящих тканей ствола сосны обыкновенной	Всероссийская научная конференция с международным участием и школа для молодых ученых, посвященные 130- летию ИФР РАН и 100- летию со дня рождения чл.-корр. РАН Р.Г. Бутенко «Экспериментальная биология растений и биотехнология: история и взгляд в будущее» (27 сентября – 01 октября 2021 г., Москва)	Заочный

5.	<p>Серкова А.А., Тарелкина Т.В., Галибина Н.А., Мошенская Ю.Л., Софронова И.Н., Иванова Д.С., Семенова Л.И. Поступление сахарозы в клетки вызывает изменение программы дифференциации камбиальных производных у березы повислой</p>	<p>XXI Всероссийская научная конференция молодых ученых с международным участием «Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и сельскохозяйственной микробиологии», посвященная академику Г.С. Муромцеву (18 октября 2021 – 21 октября 2021, г. Москва)</p>	<p>Устный, Серкова А.А.</p>
6.	<p>Серкова А.А., Тарелкина Т.В., Иванова Д.С., Семенова Л.И. Структурные адаптации проводящей флоэмы подроста <i>Picea abies</i> (L.) Н.Karst. после сплошной рубки древостоя</p>	<p>XXIX Всероссийская молодежная научная конференция «Актуальные проблемы биологии и экологии» (21-25 марта 2022, г. Сыктывкар)</p>	<p>Устный, Серкова А.А.</p>
7.	<p>Серкова А.А., Тарелкина Т.В., Галибина Н.А., Мошников С.А., Иванова Д.С., Семенова Л.И. Транспорт углерода по флоэме в корневые системы – путь адаптации сосны в разных лесорастительных условиях</p>	<p>Всероссийская научная конференция с международным участием «Биология растений в эпоху глобальных изменений климата» (18-23 сентября 2023, Уфа)</p>	<p>Стенд, Серкова А.А.</p>
8.	<p>Серкова А.А., Тарелкина Т.В., Галибина Н.А., Мошников С.А., Иванова Д.С., Семенова Л.И. Особенности строения проводящей флоэмы <i>Pinus sylvestris</i> L. в разных типах леса в условиях средней тайги (Республика Карелия).</p>	<p>Всероссийская молодежная научная конференция «Актуальные проблемы биологии и экологии» (20-24 марта 2023, Сыктывкар)</p>	<p>Устный, Серкова А.А.</p>
9.	<p>Серкова А.А., Тарелкина Т.В., Иванова Д.С., Качанова Е.В., Семенова Л.И. Особенности строения и функционирования проводящей флоэмы карельской березы</p>	<p>Всероссийская молодежная научная конференция «Актуальные проблемы биологии и экологии» (18-22 марта, Сыктывкар)</p>	<p>Устный, Серкова А.А.</p>