

С. С. Штукин, профессор; С. А. Сергейчик, профессор БГЭУ;
Д. А. Подошвелев, аспирант

ИЗМЕНЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТИ ЕЛИ И СОСНЫ ПРИ ПЛАНТАЦИОННОМ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИИ

This article is devoted to physiological peculiarities of spruce and pine stands, which are situated in range up 1 to 90 km from industrial centers.

В последние годы заметно изменилось отношение мирового сообщества к оценке лесных экосистем: леса оцениваются не только с позиций лесозэксплуатации, но и с позиций их биологической устойчивости против различных факторов внешней среды, а также выполнения ими экологических функций [1]. По В. Г. Стороженко, под устойчивым лесным биоценозом следует понимать сообщество растений, животных, микроорганизмов, которое по числу видов, разнообразию и полноте трофических связей, сложности структурного строения и соответствию климатическим, геоморфологическим и почвенным условиям экотопа сохраняет флуктуирующее постоянство состава организмов и энергетического баланса, а также постоянство восстановительных и деструктивных процессов в течение как минимум нескольких поколений или как угодно долго [2]. При этом в естественных лесах состав и структура лесного биоценоза оптимизируются в соответствии с эволюционными законами развития и их следует рассматривать как естественное формирование у лесного сообщества качеств устойчивости, как стратегию выживания. Однако эти качества веками вырабатывались в условиях, когда леса не испытывали такого мощного негативного антропогенного воздействия, которое мы наблюдаем в настоящее время.

Известно, что молодому организму свойственна повышенная пластичность, а следовательно, и лучшая приспособляемость к ухудшению условий внешней среды. Поэтому одним из наиболее эффективных путей повышения устойчивости формируемых насаждений ели европейской и сосны обыкновенной против целого ряда неблагоприятных факторов внешней среды может быть резкое снижение возраста рубки главного пользования при плантационном лесовыращивании, ориентированном на получение балансовой древесины этих пород.

Плантационное лесовыращивание в мировой практике уже давно стало одним из наиболее эффективных путей специализации лесовыращивания. Оно представляет собой особый метод воспроизводства древесных пород, обеспечивающий более высокий уровень ведения лесного хозяйства в целом.

Исследование влияния снижения густоты стояния древесных растений на физиологические параметры ассимиляционного аппарата ели и сосны проводилось на стационарных опытных объектах и в условиях сильного негативного антропогенного воздействия на лесные экосистемы, которое имеет место в санитарной зоне Новополоцкого промышленно-го узла.

При проведении исследований установлено, что на лесных плантациях наблюдается резкое улучшение санитарного состояния древостоев за счет увеличения количества деревьев без признаков ослабления и такого же резкого уменьшения количества свежего и старого сухостоя. Так, количество деревьев I категории (без признаков ослабления) на контрольных делянках с исходной густотой 5,9 тыс. стволов на 1 га составило менее 8%, на лесных плантациях же (1,4 тыс. и 1,7 тыс. стволов на га) – в 7 раз больше. В то же время число старого сухостоя на лесных плантациях уменьшилось в сравнении с контрольными вариантами в десятки раз. Селекционное изреживание древостоев способствовало также многократному уменьшению количества свежего сухостоя в формируемых насаждениях. В древостоях, где проведено селекционное изреживание в середине первого класса возраста, наблюдается резкое уменьшение количества не только старого и свежего сухостоя, но и ветровальных деревьев, а также деревьев, которые повреждены снегом. Повреждение древесных растений дикими копытными животными не имеет ярко выраженной зависимости от проведенных лесохозяйственных мероприятий.

В июле и сентябре 2004 г. проведено исследование продуктивности древостоев в опытных плантационных лесных культурах ели и в контрольных насаждениях. Работы выполнены в кв. 156 Глубокского лесничества Глубокского опытного лесхоза (возраст культур 39 лет) и в кв. 40 Подсвильского лесничества Двинской ЭЛБ ИЛ НАН Беларуси (возраст 23 года). В результате проведенных исследований получена лесоводственно-таксационная характеристика насаждений в зависимости от интенсивности селекционной рубки, проведенной на первом опытном

объекте в возрасте 18 лет, на втором – в возрасте 14 лет.

Установлено, что на лесной плантации с густотой 1390 стволов на 1 га в возрасте 18 лет средний диаметр древостоя превышает контрольный показатель (5880 стволов на 1 га) на 53%. В то же время средняя высота этих насаждений существенно не различается. Запас древостоя в этих насаждениях также находится на одном уровне. Иное дело – сортиментная структура древостоев. Средний объем ствола на лесной плантации с густотой 1390 стволов на 1 га в возрасте 18 лет превышает контрольный показатель в 2,4 раза. Установлено также, что на опытных лесных плантациях наблюдается значительное увеличение количества крупных деревьев в древостое. Так, при густоте стояния деревьев 1390 стволов на 1 га в возрасте 18 лет количество стволов в ступени толщины 24 см составило 285 шт./га, на контрольных же участках в десять раз меньше. Сумма площадей сечения к 39 годам на плантациях ели увеличивается до 37–38 м² на 1 га, что только на 8–10% меньше, чем в контрольных вариантах, в результате чего изреженные древостои становятся в достаточной степени высокополнотными.

В июне 2005 г. были определены биометрические показатели в сосновых лесных культурах. Данные культуры создавались с первоначальной густотой 8,5 тыс. шт. на 1 га. В возрасте 11 лет в них с разной интенсивностью было проведено селекционное изреживание. В результате рубки получено 4 варианта густоты: 1,0; 1,8; 3,6 и 8,0 (контроль) тыс. деревьев на 1 га.

Определено, что к 39 годам средний диаметр древостоя с густотой после изреживания 1,0 тыс. стволов на 1 га на 34% превышает данный показатель в контроле. На рост древостоев по высоте изреживание в середине первого класса возраста практически не оказало влияния, поскольку различия находятся в пределах точности определения средней высоты. По количеству стволов в ступени толщины 24 см и выше крайние варианты различаются в 4,8 раза, что свидетельствует о лучшей сортиментной структуре древостоев с меньшей густотой. При этом во всех вариантах сформировались высокополнотные насаждения.

Для изучения изменения физиологических параметров функционального состояния ассимиляционного аппарата ели европейской и сосны обыкновенной в октябре 2004 г. были взяты образцы хвои на высоте 7–8 м с древесных растений в возрасте 80 лет и в возрасте 30–40 лет, произрастающих в санитарно-защитной зоне г. Новополоцка в непосредственной близости от завода БВК, НПЗ и химкомбината «Полимир» при разной густоте.

Аналогичная работа проведена в 39-летних опытных плантационных культурах ели и сосны, а также в контрольных насаждениях такого же возраста и в возрасте 80 лет в кв. 156 Глубокского лесничества Глубокского опытного лесхоза и кв. 32 Подсвильского лесничества Двинской ЭЛБ ИЛ НАН Беларуси. Полный перечень объектов выглядит следующим образом:

Группа ПП 1:

- а – ВН1 (СЗЗ Новополоцка, БВК, 80 лет);
- б – ПН1 (СЗЗ Новополоцка, БВК, 40 лет, прототип плантации);
- в – КН1 (СЗЗ Новополоцка, БВК, 40 лет, контроль).

Группа ПП 2:

- а – ВН2 (СЗЗ Новополоцка, НПЗ, 80 лет);
- б – ПН2 (СЗЗ Новополоцка, НПЗ, 40 лет, прототип плантации);
- в – КН2 (СЗЗ Новополоцка, НПЗ, 40 лет, контроль).

Группа ПП 3:

- а – ВНЗ (СЗЗ Новополоцка, Полимир, 80 лет);
- б – ПНЗ (СЗЗ Новополоцка, Полимир, 40 лет, прототип плантации);
- в – КНЗ (СЗЗ Новополоцка, Полимир, 40 лет, контроль).

Группа ПП 4:

- а – ВК (кв. 156 Глубокское лесничество, 90 км от НПК, 80 лет);
- б – ПК (кв. 156 Глубокское лесничество, 90 км от НПК, 39 лет, опытная лесная плантация);
- в – КК (кв. 156 Глубокское лесничество, 90 км от НПК, 39 лет, контроль).

Группа ПП 5:

- а – ВЯ (Яново, 60 км от НПК, 80 лет);
- б – ПЯ (Яново, 60 км от НПК, 39 лет, опытная лесная плантация);
- в – МЯ (Яново, 60 км от НПК, 39 лет, контроль).

Для оценки состояния устойчивости хвойных древесных растений на них отбирали по три пробных образца хвои на высоте 7–8 м с южной стороны дерева. В отобранных образцах хвои определяли следующие показатели:

- содержание серы;
- содержание и соотношение пулов фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов);
- содержание водорастворимых белков;
- активность фермента пероксидазы.

Анализировали хвою ели и сосны текущего и 1-го годов жизни. Для определения содержания серы в хвое применяли спектрофотометрический метод А. Д. Мочаловой [3], основанный на сжигании измельченного образца с азотнокислым магнием, выведении мешающего окрашиванию железа с помощью хлоридрата гидроксилamina, осаждении сульфатов

хлористым барьером и определении экстинкции на СФ при длине волны 460 нм.

Содержание фотосинтетических пигментов находили на СФ после извлечения их из растительного образца ацетоном.

Содержание водорастворимых белков определяли по микробиуретовой реакции [4]. Калибровочную кривую строили по стандартному раствору бычьего альбумина.

Активность фермента пероксидазы определяли по модифицированному методу А. Н. Бояркина [5]. Об активности пероксидазы судили по времени образования синей окраски окисленного бензидина.

В ходе проведения исследований физиолого-биохимические анализы выполняли четыре раза. Данные обрабатывали на ЭВМ с расчетом средней арифметической каждого вариационного ряда и средней ошибки измерений.

Всего выполнено 1070 физиолого-биохимических анализов тестовых объектов.

Так как в составе выбросов завода БВК Новополоцкого промышленного узла доминирует диоксид серы (SO_2), то данный загрязнитель неизбежно поглощается хвоей из атмосферного воздуха, накапливается в мезофилле, цитоплазме и органоидах клетки и оказывает влияние на важнейшие процессы метаболизма.

Исследования показали, что в зоне распространения эмиссий Новополоцкого НПК в хвое ели европейской накапливается значительное количество серы по сравнению с незагрязненной территорией. Наибольшее количество серы в органах ассимиляции ели европейской накапливалось на пробных площадях, непосредственно примыкающих к заводу БВК и НПЗ (ВН1, ПН1, КН1, ВН2, ПН2 и КН2). В хвое ели европейской в насаждениях старших возрастов накапливалось 0,11–0,18% серы, что почти в 1,5–2,0 раза превышает ее нормальное природное накопление. Так, на стационаре в кв. 156 Глубокского лесничества Глубокского опытного лесхоза этот показатель не превышает 0,5–0,6%, что в 2–3 раза меньше, чем в СЗЗ. В насаждениях ели, примыкающих к химкомбинату «Полимир», накопилось наименьшее количество серы, что может быть связано со спецификой химизма выбросов данного промышленного предприятия или другими невыясненными причинами.

В контрольных условиях (Крулевщизна, 90 км от НПЗ и Яново, 60 км от НПЗ) накапливалось в хвое сосны и ели не более 0,05–0,06% серы. Следует отметить, что содержание серы в хвое существенно различается, так как возраст, густота или изреженность насаждений оказывают влияние на состояние физиолого-биохимических показателей ассимиляционного аппарата ели европейской и сосны обыкновенной.

Примечательно, что в хвое 40-летних насаждений плантационного типа, примыкающих к заводу БВК, содержится наименьшее количество серы (0,11%), тогда как в контрольных более густых древостоях этот показатель на 39% выше. Снижение возраста исследуемых насаждений с 80 до 40 лет также способствовало заметному (на 0,03%) уменьшению накопленной серы в хвое древесных растений. Следовательно, не только возраст, но и густота стояния древесных растений могут оказывать влияние на состояние физиолого-биохимических показателей устойчивости ассимиляционного аппарата ели европейской.

В целом насаждения ели в зоне распространения эмиссий НПК характеризуются нарушениями накопления и соотношения пулов фотосинтетических пигментов по сравнению с контрольными аналогами, отобранными на пробных площадях вне зоны загрязнения. Так, в еловых насаждениях, расположенных в зоне влияния эмиссий БВК (ВН1, ПН1, КН1) зарегистрировано значительное снижение накопления фотосинтетических пигментов в хвое текущего и 1-го года жизни, что сопряжено с высокими уровнями поглощенной серы из атмосферного воздуха (ВН1 соответственно 73,7 и 82,5% к контролю, ПН1 соответственно 74,9 и 61,3% к контролю, КН1 соответственно 51,7 и 50,5% к контролю). Следует отметить, что по этому показателю несколько большую устойчивость проявили насаждения ели старшего возраста (80 лет) по сравнению с более молодыми (40 лет). В то же время в контрольных 40-летних насаждениях отмечено большее снижение содержания хлорофилла и каротиноидов по сравнению с опытными культурами в связи с большим накоплением серы в хвое (0,18% в контрольных насаждениях ели против 0,11% серы в насаждениях, где проводилось селекционное изреживание).

В насаждениях ели, примыкающих к Новополоцкому нефтеперерабатывающему заводу (ВН2, ПН2, КН2), четко регистрируется уменьшение накопления фотосинтетических пигментов в хвое ели текущего и 1-го года жизни, причем насаждения старшего возраста оказываются наиболее устойчивыми (т. е. они характеризуются наименьшим уровнем снижения содержания пигментов: на 83,1–98,8% относительно контроля). Более молодые древостои ели здесь менее устойчивы. Суммарное содержание хлорофилла и каротиноидов в хвое разного возраста здесь составляет 62,2–49,4% по отношению к контролю, в то время как в густых (контрольных) насаждениях это содержание намного больше (73,9–74,4% относительно контрольного уровня).

При анализе содержания пигментов фотосинтеза в хвое ели в насаждениях плантаци-

яного типа ВНЗ, ПНЗ, КНЗ, прилегающих к заводу Полимир, оказывается, что оно снижено по сравнению с контролем, но в разной мере, в разных насаждениях, в зависимости от возраста и густоты. Здесь наиболее устойчивой оказалась хвоя 1-го года жизни ели в возрасте 80 лет: общее содержание пигментов составило 95,6% к контролю. Хвоя текущего года жизни была более чувствительна. В 40-летних же насаждениях более чувствительной оказалась хвоя 1-го года жизни. При этом общее содержание пигментов составило 70,3% к контролю в редких насаждениях ели и 72,9% – в густых (насаждения плантационного типа оказались несколько более чувствительными).

В опытных вариантах наблюдается нарушение соотношения пулов хлорофилл *a* / хлорофилл *b* преимущественно в сторону увеличения, что может быть связано с блокированием сульфгидрильных групп белков токсическими газами и нарушением биосинтеза пигментов. Зарегистрировано также и нарушение соотношения хлорофилла и каротиноидов в большинстве насаждений ели. Наибольшие же нарушения пулов хлорофилла и каротиноидов выявлены в 40-летних опытных культурах.

Анализ состояния фотосинтетических пигментов хвои сосны на территории, удаленной от НПК на 60 км, показал наибольшее содержание пигментов в хвое великовозрастных насаждений (80 лет) по сравнению с 39-летними. В то же время опытные лесные культуры (ВЯ) содержали больше пигментов, чем 90-летние насаждения (МЯ). Опытные культуры сосны содержали меньшее количество хлорофилла и каротиноидов в хвое текущего года жизни, чем высоковозрастные редкие и густые насаждения. В 39-летних насаждениях сосны в хвое 1-го года жизни накапливалось меньше пигментов, чем в аналогичных образцах 80-летних насаждений.

Выявленные нами закономерности изменения содержания пигментов в органах ассимиляции хвойных пород в зоне распространения эмиссий Новополоцкого промышленного комплекса близки к описанным в научной литературе изменениям, обнаруженным другими авторами на территориях, подверженных влиянию промышленных газообразных выбросов [5].

В насаждениях ели европейской разного возраста и разной густоты как в непосредственной близости, так и на удалении от Новополоцкого промышленного комплекса обнаружено нарушение и других параметров состояния жизнедеятельности: активности фермента пероксидазы, содержания водорастворимых белков, соотношения показате-

лей активности пероксидазы и содержания белков.

Содержание белков в хвое ели в высоковозрастных посадках (80 лет) во всех вариантах (ВН1, ВН2, ВНЗ) увеличивается по сравнению с контролем (соответственно 106,8–138,7%, 134,6–184,6%, 131,7–191,9%), что можно рассматривать как результат реализации защитных приспособительных возможностей растений и более высокой устойчивости. В редких 40-летних насаждениях, наиболее близко примыкающих к НПК (ПН1, ПН2), содержание белка в хвое ели было соответственно 57,3–98,1% и 80,8–83,2% относительно контроля, что свидетельствует о снижении устойчивости растений. В густых 40-летних посадках (КН1 и КН2) содержание белка в хвое было соответственно 89,2–110,0% и 66,0–122,9%. По мере удаления от НПК «Полимир» содержание белков в хвое ели как разреженных, так и густых плантаций больше, чем на меньшем расстоянии от промышленного комплекса. Это коррелирует с пониженным уровнем накопления серы (0,05–0,06%) и, вероятно, большей устойчивостью.

Экологические условия произрастания растений в зоне влияния эмиссий НПК приводят к нарушению активности фермента пероксидазы, в большинстве случаев ее активность ингибируется, что ведет к снижению устойчивости растений из-за нарушения антиоксидантного статуса.

Что же касается сосновых насаждений, то для старовозрастных редких насаждений сосны в чистой зоне характерно более низкое соотношение Б/ПО (6,319–6,943) по сравнению с более молодыми густыми насаждениями (7,405–12,563), что, возможно, сопряжено с особенностями их функционирования. Густые высоковозрастные насаждения сосны (ЯМ) характеризуются большим содержанием белка и большей активностью пероксидазы, чем густые 40-летние плантационные насаждения сосны.

Осенью 2005 г. на опытной плантации ели в кв. 40 Подсвильского лесничества Двинской ЭЛБ ИЛ НАН Беларуси были взяты по четыре образца хвои на высоте 7–8 м с южной стороны дерева и выполнен их анализ в лаборатории УП «Белгослес». Полученные результаты приведены в таблице.

Результаты изучения содержания ряда химических элементов в органах ассимиляции в насаждениях ели европейской в возрасте 80 лет и 21 года (редкие – плантационные и густые – контрольные) позволили установить следующее. Контрольный вариант и лесные плантации характеризуются близкими уровнями накопления серы, фосфора, цинка, меди, марганца и бора.

Содержание химических элементов в хвое насаждений ели разного возраста

Химический элемент	Содержание химических элементов, мг/кг		
	Контрольное насаждение в возрасте 21 года	Плантация в возрасте 21 года	Насаждение в возрасте 80 лет
Ca	4470,0	6544,5	4788,0
Fe	49,0	112,8	61,0
K	7388,4	6128,7	6807,9
Mg	802,7	1034,2	832,8
Mn	2316,9	2323,9	1837,1
P	1713,6	1539,4	1439,8
S	764,4	766,9	642,5
Cu	3,6	2,3	3,3
Zn	33,7	34,0	43,4
B	7,8	6,9	5,7

Одновременно наблюдается четкая закономерность увеличения в насаждениях плантационного типа содержания железа, кальция и снижения содержания калия. Снижение калия может отрицательно влиять на устойчивость растительных организмов. Известно, что его наличие обеспечивает высокую реакционную способность синтезирующих клеточных систем. Доказана локализация калия в ядрах, хлоропластах и вакуолях. Он участвует в азотном и углеводном обмене, биосинтезе белка, улучшает эффективность использования солнечной энергии и отток ассимилянтов, снижает транспирацию, повышает стойкость коллоидов цитоплазмы, поддерживает тургорное состояние клеток [6].

Увеличение накопления железа в хвое может иметь защитно-приспособительное значение, что повышает устойчивость лесного насаждения в целом. Железо играет важную роль в фотосинтезе, дыхании и азотном обмене клеток. Этот элемент входит в состав гемсодержащих ферментов. Увеличение содержания кальция также благоприятно для растений. Кальций содержится в хромосомах, рибосомах, митохондриях и клеточном соке, регулирует кислотно-щелочное равновесие, увеличивает вязкость цитоплазмы.

Анализ содержания химических элементов в хвое плантационных культур в возрасте 21 года и 80 лет показывает, что близкими уровнями характеризуется накопление калия, фосфора, серы и меди. Одновременно наблюдается резкое снижение содержания кальция, железа, марганца, магния и бора, что свидетельствует о заметном снижении физиологической устойчивости насаждений ели с увеличением их возраста.

Проведенные исследования, несмотря на некоторую противоречивость полученных ре-

зультатов, позволяют сделать следующие предварительные выводы:

- содержание серы в хвое ели обыкновенной на плантационных насаждениях увеличивается по мере приближения к Новополюцкому НПК и может служить индикатором загрязнения атмосферного воздуха диоксидом серы;

- загрязнение атмосферного воздуха является одним из факторов нарушения физиологических показателей ассимиляционного аппарата ели европейской и сосны обыкновенной;

- повышенный уровень накопления серы в хвое относительно его нормального природного уровня аккумуляции приводит к нарушению физиолого-биохимических показателей: содержания и соотношения пулов хлорофилла и каротиноидов, водорастворимых белков и активности фермента пероксидазы;

- насаждения ели европейской и сосны обыкновенной старших возрастов в техногенных условиях могут накапливать в хвое серу, что способствует уменьшению содержания в ней белков и свидетельствует о снижении устойчивости древесных растений с увеличением возраста древостоев;

- опытные лесные культуры ели и сосны в большинстве случаев показывают большую устойчивость к неблагоприятным условиям произрастания, лучшую адаптацию и стабильность физиологических показателей жизнедеятельности в сравнении с одновозрастными контрольными (более густыми) насаждениями.

Исследования показали, что содержание серы в хвое ели увеличивается по мере приближения к Новополюцку и может служить индикатором загрязнения атмосферного воздуха диоксидом серы. Загрязнение атмосферного воздуха является одним из факторов нарушения физиологических показателей ассимиляционного аппарата ели европейской и сосны обыкновенной.

новенной. С уменьшением возраста и густоты древостоев у ели в большинстве случаев повышается физиологическая устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды и улучшается адаптация и стабильность физиологических показателей жизнедеятельности.

Для результатов наших исследований характерна некоторая противоречивость, что вполне закономерно, так как они получены за два года наблюдений и отличаются определенной сложностью, так как связаны с физиологией древесных растений.

Анализируя физиологические показатели, нельзя не учитывать, что кроме качества хвои на продуктивность ассимиляционного аппарата влияет ее количество на дереве, а этот показатель значительно выше на лесных плантациях. Именно разрастание крон древесных растений и увеличение линейных и весовых показателей их ассимилирующего аппарата после селекционного изреживания древостоев создает условия для быстрого восстановления корненасыщенности почвы и позитивно влияет на прирост по диаметру и сортиментную структуру древостоев, что обеспечивает интенсивное выравнивание продуктивности культурфитоценозов, в результате чего запас плантаций ели I^a бонитета на старопахотных почвах уже к 40-летнему возрасту может достигать 400 м³ на 1 га [7].

Проведенные исследования позволяют сделать предварительный вывод о том, что применение плантационного лесовыращивания способствует повышению устойчивости хвойных биоценозов против ряда неблаго-

приятных факторов внешней среды. Главное преимущество лесных плантаций состоит в том, что они позволяют в будущем безболезненно изменять целевую направленность и сроки выращивания, а значит и устойчивость ели и сосны в зависимости от сложившихся климатических условий.

Литература

1. Писаренко А. И. Экологические аспекты управления лесами // Лесное хозяйство. – 2000. – № 3. – С. 8–11.
2. Стороженко В. Г. Содержание понятия устойчивого лесного сообщества // Состояние и мониторинг лесов на рубеже XXI века: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Мн.: ИЭБ НАНБ, 1998. – С. 233–235.
3. Мочалова А. Д. Спектрофитометрический метод определения серы в растениях // Сельское хозяйство за рубежом. – 1975. – № 4. – С. 17–21.
4. Шлык А. А., Прудникова И. В., Парамонова Т. К. Влияние ингибиторов сульфгидрильных групп на биосинтез протохлорофиллида и хлорофиллов *a* и *b* // Биосинтез и состояние хлорофиллов в растениях. – Мн.: Наука и техника, 1975. – 284 с.
5. Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения. – Киев: Наукова думка, 1978. – 112 с.
6. Алимин Е. П., Пономарев А. А. Физиология растений. – М.: Колос, 1979. – 311 с.
7. Штукин С. С. Ускоренное выращивание сосны, ели и лиственницы на лесных плантациях. – Мн.: Право и экономика, 2004. – 314 с.