

На правах рукописи



ЮСУПОВ АЙДАР АЙРАТОВИЧ

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ
ЛИСТВЕННИЦЫ СУКАЧЕВА (*LARIX SUKACZEWII* DYL.)
В РАЗЛИЧНЫХ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ
НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН**

03.02.08 - экология

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук**

САРАТОВ - 2011

Работа выполнена в Научно-образовательном экологическом центре Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы.

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор
Кулагин Андрей Алексеевич

Официальные оппоненты доктор биологических наук, профессор
Усманов Искандер Юсуфович

кандидат биологических наук, доцент
Давиденко Татьяна Николаевна

Ведущая организация Филиал ФГУ ВНИИЛМ Восточно-
европейская лесная опытная станция
(г. Казань)

Защита состоится **«17» февраля 2011 года в 10.00 часов** на заседании диссертационного совета Д 212.243.13 при Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского» по адресу: 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83, аудитория 61; тел./факс (8452) 511635, E-mail: biosovet@sgu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в Зональной научной библиотеке имени В.А. Артисевич ГОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского».

Автореферат разослан **«29» декабря 2010 года.**

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук, доцент



С.А. Невский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В современных социально-экономических условиях особую актуальность приобретают прикладные исследования, касающиеся оценки природных ресурсов и их рационального использования. Древесная растительность, выполняющая множество важнейших биосферных средостабилизирующих функций, является объектом интенсивного использования человеком на протяжении многовековой истории его развития. Особую ценность при этом приобретают наиболее устойчивые к различным механическим и другим воздействиям древесные материалы, отличающиеся прочностью и долговечностью. Необходимо отметить, что именно этими качествами и характеризуется древесина лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.). Кроме того, данный вид, некогда занимавший на Южном Урале значительные территории, образуя коренные типы лесов, отличается быстрым ростом, декоративностью, высокой устойчивостью к действию различных экологических факторов и малотребовательностью к условиям произрастания. Все эти качества лиственницы обусловили достаточно интенсивное пользование в лиственничниках, пик которого, по объективным причинам пришелся на середину XX столетия (Красинский, 1950; Ратнер, 1950; Рябинин, 1962; Тарабрин и др., 1971; Антипов, 1979; Гудериан, 1979; Махнев, Мамаев, 1979; Шилова и др., 1979; Шварц, 1980; Реймерс, Яблоков, 1982; Кулагин Ю.З., 1985; Тарабрин и др., 1986; Воронин, 1989; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Бабушкина, Луганский, 1990; Лесные..., 1990; Пигулевская, 1990; Ягодин, 1990; Усманов и др., 2001; Коршиков, 1994; Сергейчик, 1984, 1994; Биоиндикация..., 1994; Коршиков, 1996; Розенберг и др., 1998; Головкин, 1999; Sillen, Martell, 1964; Wood, 1974; Dassler, 1981; Smith, 1981; Metal..., 1988; Sheiber, 1990). Сегодня лиственница Сукачева включается в список приоритетных древесных пород, заготовка древесины которых ограничено разрешена на территории Республики Башкортостан.

Цель работы - охарактеризовать особенности развития и использования лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.) в пределах Республики Башкортостан.

Задачи исследования:

1. Определить эколого-физиологические особенности лиственницы Сукачева при развитии в контрастных лесорастительных условиях.
2. Проанализировать рост хвои, побегов и стволовой древесины лиственницы Сукачева в контрастных лесорастительных условиях.
3. Представить характеристику плодоношения и естественного возобновления лиственничников Башкортостана.
4. Определить относительное жизненное состояние лиственничников Республики Башкортостан.

Научная новизна настоящей диссертационной работы заключается в том, что впервые для Республики Башкортостан представлена развернутая характеристика особенностей развития одной из основных лесообразующих пород России – лиственницы Сукачева. Анализ состояния данного вида, развитие которого на сегодняшний день лимитировано рядом причин, позволит на следующем этапе развития лесного хозяйства сделать упор на создание высокопродуктивных лесонасаждений, способных выполнять комплекс природоохранных и средообразующих функций на значительных территориях.

Обоснованность выводов и достоверность результатов работы обеспечены значительным объемом фактического материала, лабораторными и полевыми экспериментами с применением современных методов проведения исследований и подтверждением их методами математической статистики.

Декларация личного участия. Автор лично производил работы по аналитическому обзору литературы. Формулирование цели, гипотезы и задач исследований, а также выбор методик производился совместно с научным руководителем. Сбор фактического материала, закладка лабораторных и полевых опытов, проведение агрохимических и химических

анализов почв, проведение камеральных работ, анализ и обобщение результатов исследований, формулирование выводов и рекомендаций производству произведены автором лично. В совместных публикациях доля участия автора составляет от 20 до 70%.

Практическая значимость определяется тем, что изучение особенностей развития и устойчивости лиственницы Сукачева на начальных этапах лесопользования - залог рационального использования данного вида. При этом лесоводы смогут избежать ряд ошибок, совершенных в прошлые годы, в результате которых лиственничники оказались на грани исчезновения на территории Южного Урала.

Практическая направленность проделанной работы связана с обоснованием использования лиственницы Сукачева при создании санитарно-защитных насаждений и озеленении промышленных центров Предуралья и Южного Урала.

Апробация работы. В период выполнения работ с 2005 по 2010 гг. результаты исследований докладывались на III Всероссийской научной конференции «Принципы и способы сохранения биоразнообразия» (г. Пущино, 2008 г.), 4-й Международной конференции «Биоразнообразие и биоресурсы Урала и сопредельных территорий» (г. Оренбург, 2008 г.), VIII Международной конференции молодых ученых «Леса Евразии – Северный Кавказ» (г. Сочи, 2008) и 5-й Международной научно-практической конференции «Биоразнообразие и биоресурсы Урала и сопредельных территорий» (г. Оренбург, 2010 г.).

Организация исследований. Исследования проводились в рамках выполнения проектов «Восстановление и формирование лесных экосистем в критических ландшафтах Башкортостана» (грант РФФИ №08-04-97017; грант АН РБ №40/35-П) и НИР по тематическому плану МОН РФ проведения фундаментальных исследований (подраздел 01.11 гл.073) «Ландшафтно-экологическое обоснование лесной рекультивации отвалов горно-добывающей промышленности».

На защиту выносятся следующие положения:

1. Экстремальные лесорастительные условия техногенного характера оказывают на состояние лиственницы Сукачева угнетающее воздействие в большей степени по сравнению с природными экстремальными лесорастительными условиями.

2. Изменения, происходящие в растениях, направлены на снижение негативного влияния комплекса экологических факторов, характеризующих различные лесорастительные условия.

3. Определение потенциальных возможностей лиственницы Сукачева, как лесообразующей породы, обеспечивает необходимость принятия экологически корректных решений при лесовосстановлении техногенных ландшафтов и проведении практических лесохозяйственных мероприятий в экстремальных лесорастительных условиях.

Публикации. Основные результаты исследований изложены в 6 научных публикациях, в том числе в 3 статьях в журналах, рекомендованных перечнем ВАК России.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа изложена на 160 страницах и включает введение, 5 глав, выводы, список литературы, включающий 218 наименований, в том числе 22 на иностранных языках и приложений, содержит 19 таблиц и 50 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ВВЕДЕНИЕ

Во введении обоснована актуальность исследований, определены цель и задачи исследований, представлены теоретическая и практическая значимость работы, а также основные положения, выносимые на защиту.

ГЛАВА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ ЛИСТВЕННИЦЫ СУКАЧЕВА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Выполнен обзор работ по проблемам оценки состояния лиственничников в пределах Южного Урала (Тюлина, 1929; Васильев, 1929; Крашенинников, 1939; Дылис, 1947;

Тимофеев, 1961; Тахтаджян, 1966; Возяков, 1967; Внедрение лиственницы..., 1968; Кулагин, 1969; Свистун, 1970; Хасанов, 1970; Пугачев, 1973; Поздняков, 1975; Мелехова, Любавская, 1975; Опыт выращивания..., 1976; Кулагин, 1976, 1980; Юлашев, Морозов, 1976; Кабанов, 1977; Мозговая, 1977; Мухин, 1977; Тимофеев, 1977; Круклис, Милютин, 1977; Гетко и др., 1978; Баталов, Мартьянов, 1978; Попов, 1980; Правдин, 1979; Абаимов, 1980; Попов, 1980; Баталов и др., 1981, 1984; Дылис, 1981; Путенихин, 1993, 2000, 2004; Тимерьянов и др., 1994; Милютин и др., 1995; Янбаев, 1997, 2002; Тимерьянов, 1997, 1998; Мартьянов и др., 2002; Милютин, 2003; Путенихин и др., 2004; Государственный доклад..., 2007; Семериков, 2007; Schober, 1949; Putenikhin, Martinsson, 1995; Ewald et al., 1998 и других). На основе критического анализа литературных данных были определены основные направления исследований.

ГЛАВА 2. КРАТКАЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Район исследований расположен в пределах административных границ Республики Башкортостан, на границе Европы и Азии, между 51031' и 56025' северной широты и 53010' и 60000' восточной долготы, занимая площадь 143,6 км² (Хисматов, 1987). Протяженность с севера на юг составляет 550 км, с запада на восток - 450 км.

Южные отроги Уральских гор занимают более 1/4 территории республики, около 2/3 приходится на Предуралье (юго-восточная окраина Восточно-Европейской равнины), и менее 1/10 - на Зауралье (Хисматов, 1979). Перепад высот от 58,7 м над уровнем моря в устье р. Белой до 1640 м над уровнем моря - г. Ямантау. Высотная дифференциация такова: доля территории с абсолютными отметками до 500 м н.у.м. составляет 81,1; от 500 до 1000 м - 18,6; выше 1000 м - 0,3% от площади всей республики.

Климат умеренно-теплый, континентальный. Резко выделяются холодный и теплый периоды года; осень и весна относительно скоротечны. Ярким показателем континентальности служит средняя и абсолютная амплитуда температуры воздуха, которая на Южном Урале достигает 86-88 градусов. По степени континентальности Башкортостан занимает одно из первых мест в Европейской части России. Воздушные массы Атлантики оказывают значительное влияние на климат республики, особенно в теплое время года; зимой возрастает значение азиатского антициклона. Суммарный объем осадков на территории РБ составляет в среднем в год 90,5 мм³, причем 72% идет на испарение.

ГЛАВА 3. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Программа работ была направлена на решение поставленных задач, для реализации которых проведены эксперименты в полевых условиях. Исследования особенностей роста и развития лиственницы Сукачева проводили в Предуралье и на Южном Урале в различных экстремальных типах лесорастительных условий (ЛРУ) природного характера (Уфимское плато, Бугульминско-Белебеевская возвышенность, хребет Крыктытау) и антропогенного характера (Уфимский промышленный центр, Стерлитамакский промышленный центр, отвалы Кумертауского бурогоугольного разреза).

Уфимское плато (условия многолетней почвенной мерзлоты). Необходимо отметить ряд особенностей почв Приуфимского низкогорного лесорастительного района. Во-первых, это малая выраженность процесса оподзоливания, которое отмечается только на глинистых делювиальных шлейфах подошв склонов в сочетании со светло-серыми почвами хвощево-кислично-снытевого типа лесорастительных условий. Во-вторых, общей морфологической особенностью всех типов почв является их щебнистость и укороченность почвенного профиля (30–60 см) в сочетании с высоким содержанием гумуса. Размещение почвенных разностей связано с рельефом, при этом отмечается малая зависимость типа почв от типа древостоя, когда тип почвы более определяется приуроченностью к тому или иному элементу рельефа, а в целом проявляется ведущая роль карбонатных почвообразующих пород. В почвенном покрове района преобладают светло-серые лесные

почвы, которые занимают около 80% территории округа и приурочены в основном к ровным водораздельным поверхностям плато и верхним частям склонов. Кроме того, на Уфимском плато встречаются уникальные не только для Республики Башкортостан, но и для Российской Федерации реликтовые (плейстоценового возраста) мерзлотные и мерзлотные горно-лесные перегнойно-карбонатные почвы (Мукатанов, 1992, 1999). Мерзлота представлена в мелкоземке крупинками и кристалликами льда с глубины 40 см и глубже (в зависимости от температурных особенностей года).

В водоохранно-защитных лесах Павловского водохранилища (Уфимское плато) лиственница Сукачева представляет собой стенотоп или психрофил, поэтому данный вид локализован строго на склонах с многолетней почвенной мерзлотой, что свидетельствует об «ограждающем» влиянии мерзлоты, защищающей лиственницу от конкурентов, действующих по линии затенения (Кулагин Ю.З., 1978). Как было отмечено выше, сфагново-зеленомошный тип ЛРУ, связанный исключительно с близким расположением мерзлоты (промерзание подпочвенных и нижнепочвенных горизонтов) в сочетании пониженной инсоляцией – это самый неблагоприятный по лесорастительным факторам тип местообитаний в пределах водоохранно-защитных лесов Уфимского плато. Кроме того, это самый малораспространенный тип лесорастительных условий (менее 3% лесов Уфимского плато).

Бугульминско-Белебеевская возвышенность (инсолируемые крутосклоны). Наиболее распространенными типами почв на территории округа являются выщелоченные, карбонатные, типичные, оподзоленные и солонцеватые черноземы, а также темно-серые лесные почвы. Особенностью почвенного покрова Белебеевской возвышенности является его комплексность и мозаичность, которая отражается в мощности почвенного профиля, частой изменчивости почв по мощности и содержанию гумуса (Мукатанов, 2002). Выщелоченные черноземы характерны для возвышенных участков, где они развиты в комплексе с темно-серыми лесными почвами и черноземами оподзоленными. Темно-серые слабо оподзоленные лесные почвы формируются на элювиоделювиальных отложениях. Типичные черноземы обычно встречаются на склонах и пониженных участках возвышенностей. Карбонатные черноземы обычно приурочены к повышенным элементам рельефа плато, перегибам склонов, бровкам надпойменных террас. Для крутосклонов характерны маломощные эродированные почвы.

Изученные древостой лиственницы на инсолируемых крутосклонах представляют собой культуры, созданные в 1973 году. Посадка была механизированная, расстояние между деревьями в ряду 0,5 м, схема смещения в рядах: 1-й ряд – 8Б2С, 2-й ряд – 8С2Лц. В подлеске отмечена чилига, ива козья, черемуха обыкновенная.

Хребет Крыктытау (условия высотной поясности). Почвы Ирэндикско-Крыктинского района преимущественно светло-серые лесные, маломощные грубоскелетные и эродированные, с частыми выходами горных пород. Мощность гумусового горизонта этих почв не превышает 10-20 см, структура его непрочная, пылевато-зернистая. На выровненных участках (Прикрыктинский район) распространены выщелоченные черноземы. По днищам долин и низменным побережьям озер обычны дерновые и местами – торфяно-глеевые почвы. Отдельными пятнами встречаются солончаки и солонцы. Изучение морфологических свойств почв на хр.Крыктытау показало, что для исследуемых почв характерен примитивный или неполноразвитый профиль с мощностью до 50 см, отсутствие резкой дифференциации на горизонты и переходных горизонтов. Почвы характеризуются легкосуглинистым гранулометрическим составом, структурой кубовидного типа, отсутствием карбонатов по всему профилю, повышенной каменистостью. Гумусово-аккумулятивные горизонты (A_1) имеют темно-серую окраску и небольшую мощность (5-17 см), рыхлое сложение и комковато-зернистую структуру. Переходные горизонты АВ более светлые, плотные с ореховатой структурой, встречается

щепнистый элювий коренных пород. Исследованные темно-серые лесные почвы обладают высоким потенциальным плодородием и низкой противоэрозионной устойчивостью.

Древостои на хр.Крыктыгау представляют собой естественные семенные и порослевые смешанные насаждения. При рассмотрении в вертикальной зональности прослеживается ярко выраженная поясность: верхнюю часть склонов занимают преимущественно лиственничники с примесью березы и сосны; в средней части располагаются березняки и осинники; нижнюю часть склонов и подошву занимают березняки с примесью осины. Лиственница Сукачева в средней части склона и на подошве представлена единичными деревьями.

Пробные площади заложены на перегибе выположенной вершины юго-восточного склона, в средней части склона и на подошве. Микрорельеф на вершине хребта представлен скальными выходами горных пород, на средней части склона – валунами, руслами ручьев и временными водотоками, на подошвенной части склона – микрорельеф выровненный.

Уфимский промышленный центр (нефтехимическое загрязнение). Почвенный покров района отличается пестротой – в северной части преобладают серые лесные, темно- и светло-серые лесные, в южной и юго-западной части – черноземы (типичные и выщелоченные). Почвообразующие породы представлены делювиальными и элювиально-делювиальными отложениями, по долинам рек – аллювиально-делювиальные отложения. Почвы района характеризуются тяжелым механическим составом (в основном тяжело- и среднесуглинистые), слабо и средне эродированные (преобладает эрозия от стока талых и ливневых вод).

Изученные древостои лиственницы в пределах Уфимского промышленного центра представлены культурами. На разном удалении от источника нефтехимического загрязнения (группа Уфимских НПЗ) заложено 6 пробных площадей в насаждениях лиственницы Сукачева.

Стерлитамакский промышленный центр (полиметаллическое загрязнение). Почвенный покров района представлен типичными черноземами в комплексе с выщелоченными и карбонатными черноземами. Почвообразующие породы представлены делювиальными отложениями, по долинам рек – аллювиально-делювиальными отложениями (Почвы Башкортостана, 1995). Черноземы характеризуются глинистым механическим составом, средняя мощность гумусового горизонта 35-40 см с максимальной глубиной до 70 см. Почвы района сильно эродированы (совместное действие водной и ветровой эрозии с преобладанием ветровой).

Изученные древостои лиственницы в пределах Стерлитамакского промышленного центра представлены культурами. Пробные площади заложены в северной, промышленной части города и близ Ашкадарского питомника Стерлитамакского лесничества, который расположен в южной, относительно «чистой» части г.Стерлитамака (условный контроль).

В подлеске изученных насаждениях лиственницы Сукачева отмечены клен ясенелистный, черемуха обыкновенная, рябина обыкновенная, смородина черная, спирея зверобоелистная. Травяной покров равномерного сложения с общим проективным покрытием до 60%.

Кумертауский промышленный центр (отвалы бурогоугольного месторождения). Почвенный покров Кумертауского промышленного центра и в целом района представлен черноземами (выщелоченные, типичные и солонцеватые) и серыми лесными почвами. Основные почвообразующие породы представлены делювиальными и элювиоделювиальными отложениями (Почвы Башкортостана, 1995). Солонцеватые черноземы характеризуются тяжелым механическим составом. Почвы района сильно эродированы (совместное действие водной и ветровой эрозии с преобладанием ветровой).

Отвалы Кумертауского бурогоугольного разреза характеризуются большой неоднородностью состава вскрышных пород. Коренные породы представлены пермскими и

третичными глинами, конгломератами, песчаниками, известняками, древнеаллювиальными песками и галечником, что отражается на кислотности. Техногенные почвогрунты и молодые почвы Кумертауских отвалов бедны азотом, подвижным фосфором и характеризуются сравнительно высоким количеством поглощенных оснований.

Изученные древостои лиственницы в пределах Кумертауского промышленного центра представлены культурами. Пробные площади заложены на отвалах Кумертауского бурогольного разреза и в культурах вне зоны воздействия Кумертауского промышленного центра (в южной части города) в окрестностях с.Ермолаево.

Программа проведения исследований особенностей роста и развития лиственницы Сукачева составлена с учетом имеющихся рекомендаций по изучению растительных и лесных сообществ (Сукачев, 1966; Клейн, Клейн, 1974; Методы изучения..., 2002; Newbold, 1967; Synthesis..., 2000; Clark et al., 2001; Protocol..., 2002; A handbook..., 2003; Titus, 2004).

Закладка и описание постоянных и временных пробных площадей в культурах лиственницы Сукачева проводилось по стандартным методикам (Сукачев, 1966; Методы изучения..., 2002). Пробные площади были заложены в различных типах экстремальных ЛРУ, всего заложено 25 пробных площадей. На пробных площадях проведен таксационный учет всех деревьев лиственницы Сукачева. Высота деревьев замерялась высотомером Haglof Electronic Clinometer (Haglof, Sweden) с точностью до 0,1 м, диаметр определялся на высоте 1,3 м мерной вилкой Mantax Precision Blue MA 800 (Haglof, Sweden) с точностью до 0,5 см.

Возраст деревьев устанавливался стандартными дендрохронологическими методами (Дендрохронология..., 1986; Ваганов и др., 1996; Ваганов, Шашкин, 2000; Methods..., 1990). Для установления возраста древостоев у десяти деревьев на пробной площади на высоте 0,4 м с помощью приростных буров Suunto (Finland) и Mora (Sweden) отбирались керны, возраст устанавливался последующим подсчетом годичных колец на микроскопе МБС-1 (Россия).

Измерения морфометрических показателей побегов и хвои лиственницы Сукачева проводились по методике Р.М.Клейна и Д.Т.Клейна (1974). Промеры делались стандартным способом на протяжении всех исследований в два этапа: измерение морфометрических показателей хвои и побегов (изучение динамики сезонного роста) и измерение морфофизиологических показателей хвои. Для получения сопоставимых результатов при определении морфометрических и физиологических показателей все модельные ветви отбирались с нижней трети кроны с юго-западной стороны. Это связано с тем, что размеры хвои в кроне дерева зависят от стороны света и экспозиции кроны, уровня освещения, местоположения побегов, возраста ветви (Коппель, Фрей, 1984; Микшис, Озолинчюс, 1987; Онучин, Козлова, 1993). Подобный подбор позволяет ограничить влияние выше отмеченных факторов, отличающихся высокой изменчивостью (Hochbichler, 1997).

1– определение физиологических показателей. Для определения содержания пигментов в хвое образцы отбирали из средней части кроны не менее чем с 20 деревьев (Клейн, Клейн, 1974). Отбор растительного материала производился в середине дня, когда содержание пигментов в хвое наибольшее – в 11.00-14.00. Собранную хвою измельчали, после чего навески (0,1 г), взвешенные на электронных лабораторных весах ВЛТЭ-150 (Госметр, Россия), помещали в пробирки и заливали 10 мл 96%-го этилового спирта и помещали в темное помещение во избежание разрушения пигментов фотосинтеза на свету. Через 12 часов проводили измерения содержания пигментов фотосинтеза – хлорофиллов **A** и **B**, а также каротиноидов методом спектрофотометрии с использованием спектрофотометра КФК-5М (Россия). Содержание пигментов в листьях рассчитывали в два этапа по формулам:

1 этап – Расчет концентрации пигментов хвои в спиртовом растворе (мг/л):

$$C_{\text{хлорофилл A}} = 13,7 \cdot D_{665} - 5,76 \cdot D_{649}; C_{\text{хлорофилл B}} = 25,8 \cdot D_{649} - 7,6 \cdot D_{665}$$

$$C_{\text{каротиноиды}} = 4,695 \cdot D_{440,5} - 0,268 \cdot (C_{\text{хлорофилл А}} + C_{\text{хлорофилл В}}),$$

где D_{665} , D_{649} и $D_{440,5}$ – показатели оптической плотности спиртового раствора при соответствующих длинах волн (665, 649 и 440,5 нм).

II этап – Расчет количества пигментов в хвое (мг/г сырой массы):

$$A = \frac{V \cdot C}{P \cdot 1000},$$

где V – объем спиртовой вытяжки (10 мл); C – концентрация пигментов в спиртовом растворе (мг/л); P – навеска растительного материала (0,1 г).

Исследования водного режима хвои лиственницы Сукачева проводили в три этапа.

I этап – для определения интенсивности транспирации отбирали хвою из средней части кроны, затем ее взвешивали с использованием весов Waga torsyjna-WT (Poland). Повторное взвешивание производили через 3 минуты, в течение которых ассимиляционные органы лежали на рассеянном свете (в тени под кронами деревьев). Взвешивание проводили три раза в день – утром (до 9.00), в обед (13.00-14.00) и вечером (18.00-19.00). Интенсивность транспирации рассчитывали по формуле:

$$ИТ = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 60}{m_1 \cdot 3} \cdot 1000, \text{ мг/г} \cdot \text{ час}$$

где m_1 – масса хвои до выдерживания на рассеянном свете; m_2 – масса хвои после 3-х минутного выдерживания на рассеянном свете.

II этап – определение водного дефицита ассимиляционных органов. В середине дня (11.00-14.00) образцы хвои отбирали из средней части кроны деревьев, взвешивали и помещали в закрытый сосуд с водой таким образом, чтобы хвоя была полностью погружена в воду. Через 3 часа производили повторное взвешивание (после полного насыщения водой) на весах Waga torsyjna-WT (Poland). Водный дефицит позволяет оценить процент от массы полностью насыщенных водой хвои и рассчитывается по формуле:

$$ВД = 100 - \left(100 \cdot \frac{m_1}{m_2}\right), \%$$

где m_1 – масса листа после срывания с побега; m_2 – масса листа после 3-х часового выдерживания в воде.

III этап – определение относительного содержания воды в ассимиляционных органах. В середине дня (11.00-14.00) образцы хвои отбирались из средней части кроны деревьев, взвешивали и помещали в закрытый эксикатор с водой таким образом, чтобы основание хвои было полностью погружено в воду, а верхняя часть оставалась над водой. Через 3 часа производили повторное взвешивание (после полного насыщения водой) на весах Waga torsyjna-WT (Poland). Затем в лабораторных условиях хвоя высушивалась в термостате при температуре +60°C в течение 12-15 часов. После сушки растительный материал повторно взвешивался на электронных лабораторных весах ВЛТЭ-150 (Госметр, Россия) с точностью до 0,001 г для определения массы абсолютно сухой хвои. Относительное содержание воды рассчитывалось по формуле:

$$ОСВ = \frac{m_1 - m_3}{m_2 - m_3} \cdot 100, \%$$

где m_1 – масса хвои после срывания с побега, m_2 – масса хвои после 3-часового насыщения водой, m_3 – масса хвои после сушки.

2 - измерение морфометрических показателей побегов и хвои. Длина побегов первого, второго и третьего года и длина свежей хвои измерялась штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. Оценка относительного жизненного состояния (ОЖС) насаждений лиственницы Сукачева проводилась по методике В.А.Алексеева (1990). Учитывались таксационные показатели древостоя, густота кроны, наличие мертвых сучьев, состояние хвои.

Статистическую обработку результатов проводили по Боровикову с соавт.(1997) а также с использованием программных продуктов, STATISTICA 6.0, OriginPro, Microsoft Excel 2000 из пакета Microsoft Office XP.

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

4.1. Содержание пигментов фотосинтеза в хвое лиственницы Сукачева

Необходимо отметить, что при произрастании в экстремальных типах ЛРУ реакция пигментного комплекса хвои лиственницы Сукачева на действие негативных факторов неодинаковая. В целом, отмечено снижение содержания пигментов (сумма всех пигментов) в хвое лиственниц, произрастающих в экстремальных типах ЛРУ по сравнению с контрольными значениями, за исключением высотной поясности хр.Крыктытау, где в конце вегетационного периода наблюдается превышение значений содержания пигментов по сравнению с контролем. Отмечены изменения в структуре пигментного комплекса лиственниц. На многолетней почвенной мерзлоте основу пигментного комплекса хвои лиственницы составляют каротиноиды и хлорофилл **A**, на инсолируемых крутосклонах преобладает хлорофилл **B** и каротиноиды, в условиях высотной поясности – каротиноиды и хлорофилл **A**. В антропогенных ландшафтах можно отметить, что в пигментном комплексе преобладают каротиноиды и хлорофилл **A**. Кроме того, в условиях полиметаллического загрязнения окружающей среды отмечено стабильное возрастание доли хлорофилла **B** в составе пигментного комплекса, на отвалах буроугольного разреза – увеличение доли хлорофилла **A** на фоне снижения доли каротиноидов.

4.2. Водный режим ассимиляционных органов лиственницы Сукачева

Анализируя особенности водного режима хвои лиственницы Сукачева в экстремальных типах ЛРУ, следует отметить, что при ухудшении экологических условий происходит изменение интенсивности транспирации, как правило, идет нарастание интенсивности транспирации к концу вегетационного периода. Зачастую, нарастание идет скачкообразно – в июле, самом жарком месяце года для всех изученных экотопов отмечается резкий спад интенсивности транспирации и резкое увеличение процессов транспирации в августе. Значение водного дефицита, как правило, также возрастает к концу вегетационного периода на фоне снижения содержания свободной воды в хвое лиственницы.

4.3. Анализ роста побегов и хвои лиственницы Сукачева

Установлено, что в экстремальных ЛРУ (как природного, так и антропогенного характера) длина и масса 100 шт. хвои, как правило, ниже контрольных значений. Исключение составляет Стерлитамакский промышленный центр и условия высотной поясности хр.Крыктытау В первом случае в условиях полиметаллического типа загрязнения в начале вегетационного периода хвоя лиственницы короче и имеет меньшую массу, чем в контроле, а во второй половине сезона увеличивается и превосходит контрольные значения (масса 100 шт. хвои также увеличивается к концу вегетационного периода). Во втором случае, длина и масса хвои лиственницы на вершине хребта выше, чем на середине склона, но ниже чем у лиственниц, произрастающих у подножий склонов. Динамика приростов хвои также отличается по типам ЛРУ. На мерзлотных склонах отмечается незначительный прирост хвои за вегетационный период. На инсолируемых крутосклонах Бугульминско-Белебеевской возвышенности и в условиях нефтехимического загрязнения Уфимского промышленного центра приросты хвои лиственницы ниже, чем в контрольных условиях. Динамика приростов хвои лиственницы в условиях Стерлитамакского промышленного центра и на отвалах Кумертауского буроугольного разреза выше по сравнению с контролем. При произрастании в условиях высотной поясности хр.Крыктытау динамика приростов хвои на вершине хребта имеет промежуточное значение (выше чем на середине склона и ниже, чем у подножий).

4.4. Приросты стволовой древесины лиственницы Сукачева

Накопление биомассы растениями служит одним из основных критериев их состояния под действием множества экологических факторов. Возраст растений лиственницы Сукачева, произрастающих на мерзлотных склонах Уфимского плато превышает 110 лет. Необходимо отметить тот факт, что несмотря на весьма жесткие ЛРУ их постоянство обеспечивало стабильный рост растений на протяжении всего онтогенеза до настоящего времени. Толщина коры деревьев составляет 6,3 мм. Установлено, что только в первое десятилетие жизни величина приростов стволовой древесины составляла 1,6 мм, затем это значение снизилось до 1 мм и оставалось постоянным на протяжении 70 лет. На современном этапе наблюдается незначительное, но при этом постоянное снижение показателей приростов стволовой древесины до значений 0,7 мм. Факт снижения приростов стволовой древесины можно объяснить естественным старением деревьев лиственницы Сукачева. Необходимо отметить, что благодаря своим особенностям древесина лиственницы устойчива к гниению, что подтверждается фактом отсутствия сердцевинной гнили у всех исследуемых растений.

На крутосклонах Бугульминско-Белебеевской возвышенности растения лиственницы Сукачева произрастают в культурах, возраст которых составляет около 35 лет. Основной особенностью данного местообитания является инсоляция. На фоне этих факторов нами не установлены достоверные различия между величинами приростов опытных и контрольных растений. Показано, что в отдельные годы величины приростов опытных растений несколько меньше, чем в контроле, однако эти показатели не отличаются больше, чем на 10%. Основные достоверно значимые различия нами установлены для параметра толщины коры. Установлено, что толщина коры лиственниц, произрастающих на инсолируемых крутосклонах составляет 5,5 мм, а у контрольных растений – 4,8 мм соответственно. Таким образом, показано, что развитость коры определяет морфологические приспособления к условиям произрастания.

Возраст растений лиственницы Сукачева, произрастающих в условиях вертикальной поясности на восточном макросклоне Уральских гор составляет в среднем около 40 лет, при этом встречались экземпляры, возраст которых превышал 100-летний показатель. Необходимо отметить тот факт, что несмотря на весьма жесткие ЛРУ их постоянство обеспечивало стабильный рост растений на протяжении всего онтогенеза вплоть до настоящего времени. Толщина коры деревьев составляет 4,8 - 5,3 мм. Установлено, что на протяжении всего развития изменения приростов стволовой древесины у растений, развивающихся в верхней, средней и нижней частях склона составляло 1,5 - 2,2 мм. Необходимо отметить, что древесина лиственницы устойчива к гниению - это подтверждается фактом отсутствия сердцевинной гнили у всех исследуемых растений.

Уфимский промышленный центр характеризуется ярко выраженным нефтехимическим типом загрязнения окружающей среды. В ходе проведения научно-исследовательских работ нами установлено, что наибольшие показатели изменчивости приростов стволовой древесины характерны для условий северной промзоны города - от 1 до 2 мм в течение онтогенеза. Характеризуя развитие древесины в условиях городского парка и в контроле следует отметить, что здесь приросты распределены более равномерно и составляют около 2 мм. В целом, величина приростов стволовой древесины в контроле несколько больше по сравнению с опытными участками. Обратная картина наблюдается для показателей толщины коры – наибольшее значение установлено для зоны промпредприятий (5,7 мм), среднее – для парковой зоны города (4,9 мм), наименьшее – для территории условного контроля (4 мм). Таким образом, результаты убедительно показывают, что кора выполняя защитные функции развивается в тех местообитаниях, где это необходимо, при этом накопление биомассы растениям происходит менее интенсивно.

В санитарно-защитных насаждениях г. Стерлитамака растения лиственницы Сукачева произрастают в культурах, возраст которых около 50 лет. Основной особенностью данного

промцентра является круглогодичный выброс многочисленными промышленными предприятиями огромных количеств загрязняющих веществ в атмосферу, в состав которых входят тяжелые металлы. На фоне сильнейшего аэротехногенного загрязнения нами отмечается постоянное снижение приростов стволовой древесины лиственницы. После создания санитарно-защитных насаждений до середины 90-х годов – величина приростов стволовой древесины сокращается в 5 раз. Несмотря на очевидное подавление роста растений и накопления биомассы многолетних органов, в последнее десятилетие наметилась тенденция к увеличению приростов стволовой древесины до показателей 2,7 мм. Толщина внешнего защитного слоя деревьев лиственницы – коры составляет 6,4 мм, что является важнейшим условием ограничения поступления токсикантов внутрь растения. Установлено, что в условиях контроля средние приросты стволовой древесины на протяжении всего срока развития дерева меньше, по сравнению с аналогичными показателями для опытных растений. Толщина коры в контроле также на 30% меньше, чем в условиях техногенеза, что свидетельствует о защитной функции коры для лиственницы.

4.5. Относительное жизненное состояние, плодоношение, естественное возобновление лиственничников

Уфимское плато. Водоохранно-защитные леса не испытывают значительной антропогенной нагрузки, в регионе отсутствуют промышленные предприятия. Несмотря на то, что насаждения лиственницы Сукачева произрастают на теневых склонах с присутствием многолетней почвенной мерзлоты (самый неблагоприятный по лесорастительным факторам тип местообитаний в пределах водоохранно-защитных лесов Уфимского плато) относительное жизненное состояние лиственницы Сукачева, приближается к 100% (90-98%), насаждения могут быть отнесены к категории «здоровых». Видимых повреждений на хвое и побегах растений не обнаружено (отмечено единичное усыхание хвои), кроме того, хорошая очищаемость стволов от мертвых сучьев (отмечено 10-15% мертвых сучьев) и высокая густота кроны подтверждает статус «здоровых» насаждений.

Бугульминско-Белебеевская возвышенность. Оценка относительного жизненного состояния насаждений лиственницы Сукачева на инсолируемых крутосклонах показала, что густота кроны деревьев лиственницы в составляет 60-100%, мертвых сучьев немного – 5%. Хвоя лиственницы повреждена на 5-30%. Здоровых деревьев лиственницы в насаждении – 62,9%, ослабленных – 35,2%, сухостоя – 1,9%. Сильно ослабленных и отмирающих деревьев не обнаружено. Относительное жизненное состояние насаждений лиственницы Сукачева – «здоровое» (индекс ОЖС – 87,5%). На плакорной части склона ОЖС насаждений лиственницы несколько выше – 89,1% («здоровое»). В насаждении не отмечено сухостоя и отмирающих деревьев. Хвоя, вследствие меньшей инсоляции и улучшенного режима увлажнения почв повреждена меньше (5-15%), мертвых ветвей всего 5-10%, густота кроны 70-100%

Хр.Крыктыгау. Поскольку в состав древостоя лиственница Сукачева входит только на вершине хребта, а в остальных условиях (средняя часть подошва склона) представлена единичными экземплярами, подробно остановимся на характеристике ОЖС насаждений, произрастающих на вершине хребта. В целом жизненное состояние древостоя на ПП№1 оценивается как ослабленное (показатель жизненного состояния 59,1%). Однако, жизненное состояние древесных пород, входящих в состав насаждения неодинаково. Жизненное состояние главной породы (лиственницы) оценивается как ослабленное (показатель 69,0%). В 2007 г. произошло значительное ухудшение состояния лиственницы по сравнению с 2005 г. После строительства на склоне горнолыжной трассы, принадлежащей горнолыжному центру «Магнитогорск-Металлург» произошло нарушение целостности насаждения на перегибе хребта вследствие устройства трассы и привело к тому, что насаждение оказалось в ветроударной зоне и в зоне отбрасывания снега с трассы. Это

обстоятельство обусловило появление большого количества ветроломов (до 1/4 высоты ствола от вершины), суховершинностей (до 1/4 высоты ствола от вершины) и ветровалов (6 вывалов деревьев с корнями на границе с трассой). Кроме того, высокая загущенность древостоя снижает густоту кроны. Береза же находится в сильно ослабленном состоянии (показатель 49,2%). Основными причинами ухудшения состояния по сравнению с 2005 г. являются также ветроломы (иногда до 1/2 высоты ствола и более) и вывалы деревьев с корнем, а также угнетение вследствие высокой загущенности насаждения по главной породе, что отражается на неразвитости кроны и наличии значительного запаса сухостоя (0,48 м³ из 8). Кроме высокой конкуренции береза плохо выдерживает экстремальные условия вершины горы, где хвойные (особенно лиственница) находятся в естественных условиях произрастания. Жизненное состояние древостоя на ПП№4 (расположенной вне зоны воздействия горнолыжного центра) оценивается как здоровое (показатель жизненного состояния 83,9%), относительно 2005 г. этот показатель практически не изменился (87,8%). У главной породы лиственницы произошло ухудшение состояния (с 88,6% до 75,2%) за счет увеличения сухостоя (деревья, ранее отнесенные к отмирающим, перешли в разряд сухостоя) и неразвитости крон вследствие загущенности древостоя. Следует отметить, что состояние лиственницы перешло из категории «здорового» в категорию «ослабленного». У березы, напротив, наблюдается улучшение состояния крон, вследствие чего показатель их жизненного состояния значительно увеличился относительно 2005 г. (от 81,9% до 92,5%), и таким образом ОЖС деревьев березы оценивается как «здоровые».

Следует так же отметить, что наилучшее ОЖС отмечено для насаждений, расположенных на подошве склона (в пределах от 69,8 до 84,0%). Относительное жизненное состояние насаждений, произрастающих на середине склона в ряду «вершина ⇒ склон ⇒ подошва» наименьшее и составляет 60,3-80,%. Это можно объяснить тем, что на вершине хребта насаждения произрастают на выположенных участках, на подошве склона – лучшие условия в силу более мощного почвенного покрова за счет развития их на делювиально-пролювиальных отложениях, сносимых со склона. В средней части склона под слоем почвы в 15-20 см залегают коренные горные породы и древесные растения вынуждены осваивать этот слой почвы (мощностью не более 20 см) при высокой конкуренции между собой, кустарниковыми и травянистыми растениями.

Уфимский промышленный центр. Исследования показали, что ОЖС насаждений лиственницы Сукачева в условиях нефтехимического загрязнения оценивается как «сильно ослабленное» (ПП№1, $L_v=48,1\%$) и «ослабленное» (ПП№3, $L_v=48,1\%$). Насаждение в пределах ПП№1 загущено, деревья имеют плохо сформированную крону (густота кроны редко превышает 60% от нормы), стволы плохо очищаются от мертвых сучьев, повреждения хвои в среднем составляют 1-10%. Доля сухостоя в насаждении – 33,6%, доля отмирающих деревьев – 14,3%. Деревья лиственницы в пределах ПП№3 имеют более мощную крону (густота кроны – 30-60% от нормы), но очищаемость стволов от мертвых сучьев слабая (40-60% мертвых сучьев). Повреждения хвои достигают в среднем 1-10% площади хвои. Доля сухостоя в насаждении ниже и составляет 26,9%, доля отмирающих деревьев так же меньше – 3,9%. Относительное жизненное состояние насаждений лиственницы Сукачева, произрастающих в зоне относительного контроля (ПП№6) оценивается как «здоровое» ($L_v=90,6\%$). Деревья лиственницы имеют хорошо сформированную крону (до 40-70% от нормы), стволы хорошо очищены от мертвых сучьев (доля мертвых сучьев – 1-10%), отсутствуют видимые повреждения хвои. Сухостой и отмирающие деревья на пробной площади отсутствуют.

Стерлитамакский промышленный центр. Оценка ОЖС насаждений лиственницы Сукачева показало, что в условиях загрязнения отмечается снижение ОЖС до уровня $L_v=74,0\%$, насаждение «ослабленное». Основное снижение показателя ОЖС происходит вследствие плохой очищаемости стволов от мертвых сучьев (в кроне присутствует 15-35%

мертвых сучьев) и невысокой густоты кроны (70-85% от нормы). Степень повреждения хвои составляет 10-20% от ее площади. Относительное жизненное состояние насаждения в зоне относительного контроля оценивается как «здоровое» ($L_v=89,5\%$). Деревья лиственницы имеют хорошо сформированные кроны, стволы очищаются от мертвых сучьев, степень повреждения хвои не превышает 10% от ее площади.

Кумертауский промышленный центр. Относительное жизненное состояние насаждений лиственницы Сукачева, произрастающих на отвалах Кумертауского бурогольного разреза составляет 55%, т.е. насаждения относятся к категории «ослабленных» (близких к «сильно ослабленным»). У деревьев лиственницы отмечается сильное повреждение ассимиляционного аппарата – значительная часть хвои опадает (т.е. наблюдается преждевременный опад), а та часть хвои, которая остается, покрыта хлорозными и некротическими пятнами до 80% ее площади. Понятно, что густота кроны при сильнейшем поражении хвои невысокая и, как правило, не превышает 50%. Однако мертвых сучьев на стволах деревьев небольшое количество (до 15%), что говорит о хорошей очищаемости стволов. Относительное жизненное состояние насаждений лиственницы, произрастающих в зоне условного контроля оценивается как «здоровое» ($L_v=85,0\%$). Стволы хорошо очищаются от мертвых сучьев (всего 3-5% мертвых сучьев в кроне), степень повреждения хвои не превышает 5% от общей площади хвои (отмечаются, как правило, хлорозы хвои). Однако деревья имеют плохо сформированные кроны (всего 50-60% от нормы).

Таким образом, относительное жизненное состояние насаждений лиственницы Сукачева, произрастающих в природных экстремальных типах ЛРУ в целом выше по сравнению с насаждениями, произрастающими в техногенных экстремальных типах ЛРУ. Жизненное состояние большинства насаждений в природных экстремальных типах ЛРУ оценивается как «здоровое» (за исключением одного насаждения в пределах вершины хр.Крыктытау, где ОЖС насаждения оценивается как «ослабленное»). В то время, как в техногенных условиях ОЖС насаждений оценивается как «ослабленное» и «сильно ослабленное». Наиболее сильно ослаблены насаждения в Уфимском промышленном центре, что можно объяснить произрастанием непосредственно в окрестностях группы нефтеперерабатывающих предприятий (400-500 м). Следует так же отметить низкое жизненное состояние насаждений лиственницы на отвалах Кумертауского бурогольного разреза, которое близко к переходу в категорию «сильно ослабленное», но вследствие того, что оно моложе всех остальных насаждений ОЖС насаждения оценивается как «ослабленное». В дальнейшем можно прогнозировать ухудшение ОЖС данных насаждений и переход в состояние «сильно ослабленное».

Пик репродуктивной активности лиственниц, в зависимости от ЛРУ, приходится на возраст 30-60 лет. При этом значительные изменения плодоношения наблюдаются при развитии растений в условиях техногенеза. Работы, проведенные в лиственничниках, произрастающих на отвалах Кумертауского промышленного центра и лесных массивах, развивающихся в условиях многолетней почвенной мерзлоты на Уфимском плато, на крутосклонах Бугульминско-Белебеевской возвышенности и на хр. Крыктытау показали, что плодоношение отдельных деревьев оценивается на уровне 3-4 баллов. В тоже время, плодоношение растений развивающихся в условиях аэротехногенного загрязнения в промзоне г.Стерлитамака и г. Уфы, оценивается на уровне 2-3 баллов. Это может быть объяснено тем, что биологический возраст насаждений, произрастающих в условиях промцентра соответствует критическому состоянию старости, вследствие чего уровень плодоношения снижается.

Общеизвестно, что развитие древостоев невозможно без процессов подпологового возобновления, успешность которого всецело зависит от уровня плодоношения основной древесной породы и степени развития травянистого яруса. Необходимо отметить, что в

условиях Стерлитамакского и Уфимского промышленного центра, и на Уфимском плато в условиях многолетней почвенной мерзлоты и на инсолируемых крутосклонах Бугульминско-Белебеевской возвышенности лиственница, несмотря на достаточно высокий уровень плодоношения, не возобновляется. В процессе проведения описаний живого напочвенного покрова нами не были зафиксированы молодые особи лиственницы, которые можно было бы отнести к категории крупного либо мелкого подроста. Такой факт объясняется тем, что благодаря разрастанию травянистой растительности на территории пробных площадей семена не справляются с конкурентными отношениями и не прорастают. Однако в работе Мартянова с соавторами (2002) указывается на слабое возобновление лиственницы на Уфимском плато на открытых участках (стр. 125).

Характеризуя естественное возобновление лиственницы Сукачева, при произрастании на отвалах в г.Кумертау отмечается, что среди мелкого подроста прочих древесных и кустарниковых растений ни на территории лесопосадок, ни на открытых участках растений основной породы нами не обнаружено. В очень незначительных количествах обнаруживаются особи лиственницы Сукачева, относящиеся к категории крупного подроста – около 10 шт./га. Местопроизрастания и внешний вид растений указывает на то, что особи отнесенные нами к категории крупного подроста, являются организмами, развитие которых задерживается вследствие токсичности растительного субстрата и неспособности противостоять техногенному воздействию. Необходимо отметить, что у условий контроля нами наблюдалась схожая картина, поскольку развитие травяного яруса не способствует развитию сеянцев лиственницы Сукачева.

Оценивая возобновительный процесс лиственницы в условиях высотной поясности установлено, что на вершине хр. Крыкты имеются особи, относящиеся к категории малого подроста в количестве не более 200 шт/га. По мере уменьшения высоты над уровнем моря развитие травяного яруса увеличивается, что затрудняет прорастание семян под пологом леса.

Хозяйственное использование обследованных лиственничников может осуществляться только в рекреационных и научно-исследовательских целях. Заготовка древесины лиственницы на современном этапе запрещена, а на исследуемых участках такой вид использования недопустим поскольку все лесонасаждения относятся к лесам 1-й группы - водоохранные на Уфимском плато и хр. Крыктытау, почвозащитные противозерозионные – на крутосклонах Бугульминско-Белебеевской возвышенности и хр. Крыктытау, санитарно-защитные насаждения в городах Стерлитамаке и Уфе, а также на промышленных отвалах близ г. Кумертау. Особенности формирования растительности в условиях техногенного загрязнения окружающей среды не позволяют использовать вторичную продукцию лесных экосистем промзоны и отвалов, поскольку существует опасность химического отравления населения этой продукцией. Таким образом, древесная продукция лиственничников может быть использована предприятиями деревообрабатывающей промышленности только после проведения рубок ухода, в которых без сомнения нуждаются культуры лиственницы Сукачева, созданные на отвалах и в промзоне городов Стерлитамака и Уфы.

ГЛАВА 5. ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫРАЩИВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИСТВЕННИЦЫ СУКАЧЕВА В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН

Определяющим фактором в жизни растений нельзя назвать какое-либо природное или антропогенное явление или процесс. Как правило, совокупность факторов оказывает суммарное влияние на растительный организм, причем часто наблюдаются синергизм или антагонизм при действии различных факторов. Несмотря на эти обстоятельства, мы можем выделить определенные экологические факторы в качестве основных, при этом в целом лесорастительные условия будут характеризоваться именно с точки зрения определяющего фактора, не исключая при этом другие воздействия (Одум, 1986; Розенберг, 1994; Кулагин А.А., 2006).

Способность древесных растений успешно расти и развиваться в экстремальных лесорастительных условиях, например, в условиях жесткой конкуренции на периферии ареала или в условиях техногенеза, связана с реализацией адаптивных возможностей и видоспецифичности древесных растений. Техногенная трансформация природных ландшафтов нередко приводит к формированию экстремальных лесорастительных условий, несмотря на то, что это происходит в пределах географического и экологического ареалов отдельных видов древесных растений.

Для проведения комплексных лесоэкологических исследований лиственницы Сукачева были выбраны контрастные по лесорастительным условиям экотопы. К таким экотопам относятся – теневые северные склоны водоохранно-защитной зоны Уфимского плато, где обнаруживается явление многолетней почвенной мерзлоты; инсолируемые крутосклоны Бугульминско-Белебеевской возвышенности, характеризующиеся высоким углом склонов (выше 20°), высокой инсоляцией и эродированными почвами с укороченным профилем; хребет Крыктытау, в пределах которого отмечается высотная поясность, почвы характеризуются укороченным профилем, кроме того здесь проходит восточная граница ареала лиственницы Сукачева; Уфимский промышленный центр, в пределах которого сосредоточено три крупных нефтеперерабатывающих завода, предприятия химического и нефтехимического профиля, что обуславливает преобладающий нефтехимический тип загрязнения окружающей среды; Стерлитамакский промышленный центр, представляющий собой концентрацию химических, нефтехимических и вспомогательных производств с преобладающим полиметаллическим типом загрязнения; отвалы Кумертауского бурогоугольного разреза, отсыпка которых прекращена 25 лет назад и где была проведена лесная рекультивация с участием лиственницы. Таким образом, экстремальными и определяющими развитие древесных растений факторами выступают многолетняя почвенная мерзлота (постоянно действующий, но не изменяющийся фактор), высокая инсоляция и слаборазвитость почв, а также техногенез, проявляющийся как в форме статического воздействия (отвалы горнодобывающей и перерабатывающей промышленности), так и в виде динамического воздействия – воздушное нефтехимическое и полиметаллическое хроническое загрязнение окружающей среды.

Проведенные исследования позволили выявить ряд изменений надземных органов лиственницы Сукачева, которые могут быть определены как адаптивные. В первую очередь, в экстремальных лесорастительных условиях отмечаются изменения в скорости роста побегов. В природных экстремальных типах ЛРУ, эти изменения проявляются в снижении прироста побегов. Техногенез вызывает изменения в росте побегов лиственницы неоднозначно. Так, в условиях нефтехимического загрязнения отмечено превышение приростов. При произрастании на бурогоугольных отвалах, наоборот, отмечается снижение приростов побегов лиственницы Сукачева по сравнению с контролем. Полиметаллическое загрязнение приводит к снижению длины побегов первого и второго года по сравнению с контролем. Отмечены изменения в формировании ассимиляционного аппарата лиственницы Сукачева. В экстремальных ЛРУ (как природного, так и антропогенного характера) длина и масса 100 шт. хвои как правило ниже контрольных значений. Исключение составляет Стерлитамакский промышленный центр и условия высотной поясности хр.Крыктытау. В первом случае в условиях полиметаллического типа загрязнения в начале вегетационного периода хвоя лиственницы короче и имеет меньшую массу, чем в контроле, а во второй половине сезона увеличивается и превосходит контрольные значения (масса 100 шт. хвои также увеличивается к концу вегетационного периода). В условиях высотной поясности длина и масса хвои лиственницы на вершине выше, чем в середине склона, но ниже чем у лиственниц, произрастающих у подножий склонов.

Экстремальные лесорастительные условия приводят к неоднозначным изменениям в составе пигментного комплекса хвои лиственницы Сукачева. В целом в экстремальных ЛРУ отмечается снижение содержания суммы пигментов фотосинтеза в хвое лиственниц по сравнению с контрольными значениями. Однако, в условиях высотной поясности хр.Крыктытау в конце вегетационного периода наблюдается превышение значений содержания пигментов по сравнению с контролем. Отмечены изменения в составе пигментного комплекса лиственниц. Как правило, изменения проявляются в увеличении доли, приходящейся на хлорофилл А и каротиноиды. При этом в условиях полиметаллического загрязнения окружающей среды отмечено стабильное возрастание доли хлорофилла В в составе пигментного комплекса. Изменения в составе и структуре пигментного комплекса лиственницы Сукачева носят адаптивный характер для растения в целом, поскольку в данном случае обеспечивается известный «эффект усиления фотосинтеза» (Полевой, 1989), при котором эффективность и продуктивность фотосинтеза резко увеличивается, что является необходимым условием для покрытия дополнительных энергетических затрат при адаптации в экстремальных ЛРУ.

Водный режим растений является основой минерального питания и стабильности протекания основных физиологических процессов жизнеобеспечения. При произрастании в экстремальных типах ЛРУ происходят изменения в водном режиме лиственницы Сукачева. Следует отметить, что при ухудшении экологических условий происходит изменение интенсивности транспирации – как правило, происходит нарастание интенсивности транспирации к концу вегетационного периода. Зачастую, нарастание идет скачкообразно – в июле, самом жарком месяце года для всех изученных экотопов отмечается резкий спад интенсивности транспирации и резкое увеличение процессов транспирации в августе. Значения водного дефицита, как правило, также возрастают к концу вегетационного периода на фоне снижения содержания свободной воды в хвое лиственницы. Данные изменения также свидетельствуют о значительной адаптивной роли воды в растениях, поскольку именно за счет нее обеспечивается работа верхнего концевое двигателя, осуществляется минеральное питание растений, а также происходит снижение токсичности загрязнителей путем их растворения, транспортировки и выведения из организма растений.

Оценка относительного жизненного состояния насаждений позволяет определить изменения на популяционном уровне. Показатели ОЖС изменяются от 100% на Уфимском плато (многолетняя почвенная мерзлота) до 48,1% - при произрастании в условиях нефтехимического загрязнения (Уфимский промышленный центр). Относительное жизненное состояние насаждений лиственницы Сукачева, произрастающих в природных экстремальных типах ЛРУ в целом выше по сравнению с насаждениями, произрастающими в техногенных экстремальных типах ЛРУ.

Характеризуя адаптивные изменения на различных уровнях организации лиственницы Сукачева при развитии в экстремальных лесорастительных условиях необходимо отметить, что техногенез оказывает отрицательное влияние на развитие растений в большей степени по сравнению с природными факторами.

Адаптация древесных растений лежит в основе выживания и успешного их развития в постоянно меняющихся условиях, является важнейшей характеристикой вида в обеспечении гомеостаза. Изменчивость, устойчивость и экологическая пластичность служат одними из основных составляющих адаптивного потенциала (Кулагин А.А., 2006). Лиственница Сукачева в ряду хвойных древесных пород занимает особое место. Экобиоморфа этого вида сочетает признаки хвойных и лиственных растений. Ведущее значение, в аспекте характеристики адаптивного потенциала вида, принадлежит хвоепадности и быстрому росту лиственницы Сукачева. Данная особенность лиственницы Сукачева позволяет ей успешно произрастать в различных экстремальных лесорастительных условиях (как природного, так и антропогенного происхождения),

занимая зачастую самые экстремальные экотопы. Выделенные адаптационные реакции лиственницы Сукачева на различных уровнях организации (от анатомо-морфологических до популяционных) обеспечивают устойчивый рост и развитие деревьев в экстремальных лесорастительных условиях. Лиственница Сукачева, как лесообразующая порода, достаточно устойчива к действию техногенных факторов, обладает высокой газопоглотительной способностью и может успешно использоваться в создании санитарно-защитных насаждений в крупных промышленных центрах.

ВЫВОДЫ

1. Показано, что содержание пигментов фотосинтеза в хвое уменьшается в экстремальных типах ЛРУ, кроме условий высотной поясности, где на вершине хр.Крыктытау масса пигментов в хвое лиственницы выше по сравнению с насаждениями, расположенными ниже по склону и у подножья. В условиях многолетней почвенной мерзлоты, высотной поясности, нефтехимического и полиметаллического загрязнения (аэротехногенное и отвалы) в структуре пигментного комплекса преобладают хлорофилл А и каротиноиды. В условиях высокой инсоляции - хлорофилл В и каротиноиды. Характеризуя водный режим лиственницы Сукачева показано, что при ухудшении экологических условий происходит увеличение интенсивности транспирации к концу вегетационного периода. Показатели водного дефицита также возрастают к концу вегетационного периода на фоне снижения содержания свободной воды в хвое лиственницы.

2. Рост побегов первого, второго и третьего года жизни во всех экстремальных типах ЛРУ достоверно меньше по сравнению с контрольными условиями. Исключение составляет Уфимский промышленный центр (где длина побегов всех возрастов выше контрольных значений) и Стерлитамакский промышленный центр (где в условиях загрязнения отмечается превышение длины трехлетних побегов по сравнению с контролем). По сравнению с длиной побегов динамика их приростов отличается в зависимости от типа ЛРУ и в условиях экологического пессимума ниже, чем в контроле. Длина хвои лиственницы Сукачева во всех изученных экстремальных типах ЛРУ, кроме Стерлитамакского промышленного центра, ниже по сравнению с контрольными. В условиях высотной поясности хр. Крыктытау значение длины хвои на вершине хребта занимает промежуточное значение между значениями на середине и подошве склона. Динамика приростов хвои лиственницы, также как и побегов, в течение вегетационного периода снижается в экстремальных условиях по сравнению с контролем.

3. Для растений, произрастающих природных экстремальных ЛРУ плодоношение несколько выше и оценивается на уровне 3 баллов, при этом имеются отдельные особи, плодоношение которых определено в 4 балла. В условиях техногенеза плодоношение оценивается в 2 балла с наличием отдельных деревьев, которые плодоносят на уровне 3 баллов. Естественное возобновление лиственничников в условиях техногенеза, а также на Уфимском плато в условиях многолетней почвенной мерзлоты и на инсолируемых крутосклонах Бугульминско-Белебеевской возвышенности лиственница, несмотря на достаточно высокий уровень плодоношения, не обнаружено. В условиях высотной поясности на вершине хр. Крыкты имеются особи, относящиеся к категории мелкого подроста в количестве не более 200 шт/га. По мере уменьшения высоты над уровнем моря развитие травяного яруса увеличивается, что затрудняет прорастание семян под пологом леса.

4. В природных экстремальных лесорастительных условиях (многолетняя почвенная мерзлота и инсолируемые крутосклоны) не отмечается снижения ОЖС древостоев лиственницы Сукачева – все насаждения оцениваются как «здоровые». Исключение составляет лиственничник на вершине хр. Крыктытау, который отнесен к

категории «ослабленного». При развитии лиственницы Сукачева в условиях теногенеза состояние насаждений характеризуется как «ослабленное» или «сильно ослабленное».

5. Показано, что ответные реакции растений лиственницы Сукачева при произрастании в экстремальных лесорастительных условиях, проявляющиеся в изменениях физиологических, морфологических и ценопопуляционных показателей являются адекватной реакцией растений на стресс и могут быть отнесены к категории адаптивных ответных реакций, необходимых для выживания растений.

6. Создание лиственничников может быть рекомендовано для промышленных центров и отвалов. Наиболее эффективными для выполнения средостабилизирующих функций могут быть признаны насаждения с участием лиственницы Сукачева до 4-5 единиц в смеси с такими породами как сосна обыкновенная, береза повислая и тополя. Кроме того, лесохозяйственные мероприятия в смешанных лесах, где представлена и лиственница Сукачева, должны быть направлены на увеличение площадей, занятых данным видом.

СПИСОК ПЕЧАТНЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

*-публикация в печатном издании перечня ВАК РФ

1. *Хисамов Р.Р., Юсупов А.А., Абдуллин Р.Р., Кулагин А.А. Об эффективности полезащитного лесоразведения на Южном Урале // Вестник Оренбургского государственного университета, 2007. - №75. – С. 384-387.
2. Кулагин А.А., Абдуллин Р.Р., Юсупов А.А. Особенности адаптивных реакций лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.) в условиях техногенеза // Материалы III Всероссийской научной конференции «Принципы и способы сохранения биоразнообразия». – Йошкар-Ола, Пушкино, 2008. - С. 258-259.
3. Юсупов А.А., Зайцев Г.А., Кулагин А.А. Оценка состояния насаждений лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.) в условиях полиметаллического загрязнения окружающей среды (Стерлитамакский промышленный центр) // Труды Института биоресурсов и прикладной экологии (Материалы Международной конференции «Биоразнообразие и биоресурсы Урала и сопредельных территорий»). – Оренбург, 2008. – С. 129-131.
4. *Кулагин А.А., Юсупов А.А. О содержании фотосинтетических пигментов в хвое лиственницы Сукачева при развитии в условиях аэротехногенного полиметаллического загрязнения окружающей среды // Известия Самарского научного центра РАН. - 2008. - Т.10, №2 (24). - С. 617-620.
5. Юсупов А.А., Абдуллин Р.Р., Кулагин А.А. Об ограничении миграции экотоксикантов с использованием древесных растений в Башкирском Предуралье // Материалы VIII Международной конференции молодых ученых «Леса Евразии – Северный Кавказ». - Сочи, 2008. – С. 124-125.
6. *Юсупов А.А., Кулагин А.А., Хисамов Р.Р. Оценка состояния насаждений с участием лиственницы Сукачева в пределах Республики Башкортостан // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2010. - №2 (26). – С. 242-243.