

© 2007 Н.Н. Егорова, А.А. Кулагин*
**ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ АССИМИЛЯЦИОННЫХ
ОРГАНОВ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ВИДОВ В
ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

**Егорова Н.Н., Кулагин А.А. ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ
АССИМИЛЯЦИОННЫХ ОРГАНОВ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ВИДОВ В
ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ.**

В работе представлены материалы об особенностях развития листьев тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) и березы бородавчатой (*Betula pendula* Roth.), а также хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.), произрастающих в условиях техногенного загрязнения окружающей среды.

**Egorova N.N., Kulagin A.A. FEATURES of a leaves STRUCTURE of
FOREST FORMED SPECIES IN TECHNOGENIC CONDITIONS .**

In this work the materials about features of leaves development of a poplar (*Populus balsamifera* L.) and birch (*Betula pendula* Roth.), and also needles of a pine (*Pinus sylvestris* L.) and larch (*Larix sukaczewii* Dyl.), growing in technogenic conditions are submitted.

ВВЕДЕНИЕ

Способность древесных растений развиваться в экстремальных ЛРУ, например, в условиях жесткой конкуренции на периферии ареала или в условиях техногенеза, определяет их потенциальные возможности к выживанию. Техногенная трансформация природных ландшафтов нередко приводит к формированию экстремальных ЛРУ, несмотря на то, что это происходит в пределах географического и экологического ареалов отдельных видов древесных растений.

Цель работы – охарактеризовать анатомо-морфологические особенности ассимиляционных органов изменения березы бородавчатой (*Betula pendula* Roth.), тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.) в экстремальных лесорастительных условиях.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- изучить анатомические особенности ассимиляционного аппарата (листья) берёзы бородавчатой;
- изучить анатомические особенности ассимиляционного аппарата (листья) тополя бальзамического;
- изучить анатомические особенности ассимиляционного аппарата (хвоя) сосны обыкновенной;

* Институт биологии Уфимский научный центр РАН, г.Уфа, E-mail: smu@anrb.ru

- изучить анатомические особенности ассимиляционного аппарата (хвоя) лиственницы Сукачёва;

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКОТОПОВ

Отвалы Башкирского медно-серного комбината (БМСК) (г. Сибай) расположены в подзоне южной лесостепи Зауралья. Леса представлены берёзовыми колками по понижениям рельефа и на теневых склонах возвышенностей. Широколиственные породы отсутствуют. Рельеф равнинно-увалистый. Отвалы БМСК находятся в районе Башкирского горнорудного промышленного узла. Климат тёплый, засушливый. Сумма эффективных температур в районе 2000-2200⁰С. Продолжительность периода активной вегетации составляет 127-136 дней, безморозный период длится 100-120 дней. За период вегетации выпадает 150-200 мм осадков. Высота снежного покрова к концу февраля редко превышает 20 см. В почвенном покрове преобладают южные чернозёмы, солонцеватые чернозёмы и солонцы. На выходах плотных пород - маломощные грубоскелетные почвы (Агроклиматические ресурсы ..., 1976, Физико-географическое районирование ..., 2005)

Отвалы Учалинского горно-обогатительного комбината (УГОК), расположены на юго-восточной границе подзоны предлесостепных сосново-берёзовых лесов. Преобладают сосновые и сосново-берёзовые леса, реже встречаются осиники, в заболоченных местах - березняки из берёзы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.). Рельеф низкогорный. Отвалы УГОК находятся на территории Белорецкого промышленного узла. Климат переходный от умеренно-тёплого к тёплому, среднеувлажнённый. Сумма эффективных температур в районе 1500-1800⁰С. Продолжительность периода активной вегетации составляет 106-110 дней. Безморозный период длится 90-100 дней, в случае поздневесенних или раннеосенних заморозков сокращается на 30 дней. За период активной вегетации выпадает от 200 до 300 мм осадков. Максимальная высота снежного покрова около 50 см. Почвенный покров образуют различные лесостепные почвы, участками встречаются горно-дерново-подзолистые, а на высоте - типичные высокогумусные обыкновенные чернозёмы (Физико-географическое районирование ..., 2005, Агроклиматические ресурсы ..., 1976).

Отвалы медноколчаданных месторождений УГОКа и БМСКа сложены скальными плохо выветривающимися кварцитами, порфиритами, пиритами и глинами. Почвогрунты на этих отвалах (возраст отвала 15-20 лет) ещё не имеют морфологической выраженности генетических горизонтов и характеризуются малым содержанием гумуса, слабощелочной реакцией среды и довольно высоким содержанием (особенно почвогрунты БМСК) поглощённых оснований. Кроме того, почвогрунты бедны азотом и в большинстве случаев - фосфором (Агроклиматические ресурсы ..., 1976).

Отвалы буроугольных разработок расположены близ города Кумертау. *Отвалы Кумертауского буроугольного разреза (КБР)* характеризуются большой неоднородностью состава отсыпных пород. Коренные породы

представлены пермскими и третичными глинами, конгломератами, песчаниками, известняками, древнеаллювиальными песками и галечником. В связи с многообразием состава коренные породы различны и по реакции среды: кислые, слабокислые, щелочные (карбонатные). Техногенные почвогрунты и молодые почвы Кумертауских отвалов бедны азотом, подвижным фосфором и характеризуются сравнительно высоким количеством поглощённых оснований. Рельеф района равнинный полого возвышенно - холмистый на юге и востоке. Климат характеризуется континентальностью и умеренным увлажнением. Сумма активных температур в районе 2200°-2300°С. Безморозный период имеет продолжительность 116-124 дня. Осадков за период активной вегетации выпадает в среднем около 200 мм, максимальная высота снежного покрова не превышает 40 см. (Агроклиматические ресурсы ..., 1976, Физико-географическое районирование ..., 2005).

Стерлитамакский промышленный центр. Рельеф характеризуется обширными низменными террасовыми полого-увалистыми равнинами. Большая часть территории района занята обширными степными пространствами, ныне распаханными, и лишь небольшие участки принадлежат широколиственным лесам. К поймам рек приурочены осокоревые и ольховые леса с примесью дуба, липы и вяза. Почвенный покров представлен типичными и выщелочными чернозёмами, местами тёмно-серыми и серыми лесными почвами. Климат характеризуется континентальностью и недостаточным увлажнением. Сумма активных температур в районе 2300°С. Продолжительность периода с температурами выше 10°С составляет 139 дней, безморозного - 120 - 130 дней. Продолжительность вегетационного периода 170 дней с 21 апреля по 10 октября. Среднее годовое количество осадков 350-450 мм. Средняя мощность снежного покрова к концу зимы достигает 25 см. По природным условиям район представляет собой северную лесостепь. Леса широколиственные и хвойные, на западе местами заболоченные. В растительном покрове Уфимского плато (многолетняя почвенная мерзлота) преобладают елово-пихтовые леса 2-3 бонитетов со значительной примесью широколиственных пород. К вторичным лесам здесь относятся берёзовые, осиновые 2-3 бонитетов и липовые 4-5 бонитетов. Местами на склонах встречаются сосновые и лиственничные леса. Рельеф местности увалисто-равнинный. Почвы дерново-подзолистые, светло- и тёмно-серые, местами выщелочные и оподзоленные чернозёмы. Сумма температур за период с температурами выше 10°С изменяется в пределах 1800 - 2000°С. Продолжительность его составляет 119-127 дней. Безморозный период составляет 90-100 дней. Среднее годовое количество осадков колеблется от 550 до 600 мм, за период с температурой выше 10°С выпадает 225-250 мм осадков. Средняя высота снежного покрова - достигает 45-60 см (Агроклиматические ресурсы ..., 1976; Физико-географическое районирование ..., 2005).

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Листья и хвою отбирали в течение летней вегетации, со 100 растений из средней части кроны. Образцы фиксировались в спирте, а затем из средней части листовой пластинки готовили поперечные срезы, используя санный микротом (МС-2), толщина срезов - 20 мкм. Препараты исследовали под микроскопом Amplival (Carl Zeiss Jena, Germany) при 192-кратном увеличении. Изучали форму клеток и толщину отдельных слоёв. Статистическая обработка результатов проводилась общепринятыми методами (Зайцев, 1990) с использованием программного пакета MS Excel 2000.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Берёза бородавчатая

Установлено, что у листовых пластинок берёзы *верхняя кутикула* изменяется в пределах от 0,74 до 1,19 мкм. У ряда образцов, собранных на отвалах БМСК на верхней кутикуле имелся восковой налёт. Верхняя кутикула за период вегетации на отвалах БМСК увеличивается до 29%. На отвалах УГОК значения толщины верхней кутикулы варьируют в течение вегетационного периода от 28 до 18%. На отвалах КБР за вегетационный период значения к концу вегетации увеличиваются до 7%. В городе Стерлитамаке верхняя кутикула за период вегетации уменьшается на 10%. При просмотре поперечного среза листовой пластинки чёткой границы между верхней кутикулой и эпидермисом не прослеживается. *Верхний эпидермис* изменяется в пределах от 0,81 до 2,10 мкм. На отвалах БМСК за период вегетации значения верхнего эпидермиса возрастают в июле до 50%, но к августу месяца снижаются к исходным значениям. Следует отметить очень крупные размеры клеток в середине вегетационного периода. На отвалах УГОК значения верхнего эпидермиса в июле месяце увеличиваются до 78%, а к концу вегетации значения уменьшаются на 9%. На отвалах КБР за период вегетации размеры увеличиваются до 37%. В городе Стерлитамаке верхний эпидермис за период вегетации уменьшается на 17%. К концу вегетации размеры клеток увеличиваются. *Столбчатая паренхима* изменяется в пределах от 4,05 до 6,08 мкм. На отвалах БМСК за период вегетации размеры столбчатой паренхимы уменьшаются, к концу вегетации на 20%. В начале вегетационного периода на БМСК клетки тоньше, чем на УГОК, структура зернистая с хлорофиллом. На отвалах УГОК значения столбчатой паренхимы уменьшаются на 31%, а к концу вегетации увеличиваются до 4%. В июне месяце форма клеток эллипсовидная, удлинённая на концах. На отвалах КБР значения толщины столбчатой паренхимы к концу вегетации уменьшаются на 17%. В городе Стерлитамаке столбчатая паренхима за период вегетации уменьшается на 23%. Наблюдаются изменения в столбчатой паренхиме - структура к концу вегетации делится на два яруса. *Губчатая паренхима* изменяется в пределах от 5,83 до 16,55 мкм. Размеры губчатой паренхимы на отвалах БМСК за период вегетации увеличиваются, в середине вегетации до 38%, а к концу вегетационного периода до

32%. На отвалах УГОК размеры губчатой паренхимы в июле месяце уменьшаются на 2%, а к концу вегетации увеличиваются до 143%. На отвалах КБР за период вегетации значения толщины губчатой паренхимы увеличиваются до 36%. В городе Стерлитамаке значения губчатой паренхимы за период вегетации уменьшаются на 23%. В начале вегетации клетки губчатой паренхимы располагаются очень "рыхло", образуя крупные газоносные межклетники. В середине вегетационного периода губчатая паренхима имеет больший размер, форма клеток округлённая. *Нижний эпидермис* изменяется в пределах от 0,69 до 0,99 мкм. На отвалах БМСК за период вегетации значения толщины нижнего эпидермиса сильно варьируют, но к концу вегетации уменьшаются на 6%. На отвалах УГОК значения толщины нижнего эпидермиса увеличиваются до 36%. В начале вегетационного периода стенки нижнего эпидермиса утолщены. На отвалах КБР значения к концу вегетационного периода увеличиваются до 22%. В начале вегетации границы нижних слоёв чётко не прослеживаются. В городе Стерлитамаке значения нижнего эпидермиса к концу вегетации уменьшаются на 4%. В начале вегетации границы нижнего эпидермиса чётко не прослеживаются. *Нижняя кутикула* изменяется в пределах от 0,50 до 0,74 мкм. На отвалах БМСК и на отвалах УГОК за период вегетации нижняя кутикула увеличивается (до 4% и до 10% соответственно). Толщина нижней кутикулы на отвалах УГОК очень незначительная. На отвалах КБР за период вегетационного периода значения возрастают на 20% (к концу вегетации). В начале вегетационного периода чётких границ не прослеживается. В городе Стерлитамаке значения нижней кутикулы за период вегетации уменьшаются на 17%. При просмотре поперечного среза четкой границы между нижней кутикулой и эпидермисом в начале вегетационного периода не прослеживается.

Тополь бальзамический

На примере проб листовых пластинок тополя можно проследить, что верхняя кутикула изменяется в пределах от 0,54 до 0,94 мкм. У ряда образцов на верхней кутикуле имелся восковой налёт (УГОК). На отвалах БМСК и УГОК и в городе Стерлитамаке за период вегетации верхняя кутикула увеличивается (до 31%, 74% и 24% соответственно). На отвалах КБР за период вегетации толщина верхней кутикулы уменьшается на 12%. *Верхний эпидермис* изменяется в пределах от 0,72 до 1,48 мкм. На отвалах БМСК за период вегетации значения верхнего эпидермиса уменьшаются, к концу вегетации на 5%. На отвалах УГОК значения размеров верхнего эпидермиса увеличиваются, к концу вегетации на 72%. На отвалах КБР и в городе Стерлитамаке за период вегетации значения верхнего эпидермиса увеличиваются (до 5% и до 57% соответственно). *Столбчатая паренхима* изменяется в пределах от 4,28 до 8,59 мкм. На отвалах БМСК за период вегетации размеры столбчатой паренхимы увеличиваются до 16%. На отвалах УГОК значения столбчатой паренхимы к концу вегетации уменьшаются на 19%. На отвалах КБР за период вегетации значения столбчатой па-

ренхимы к концу вегетации увеличиваются до 3%. В городе Стерлитамаке столбчатая паренхима за период вегетации уменьшается на 16%. Ткань зернистая, располагается двумя или более ярусами (первая пробная площадь начало вегетации), кроме второй пробной площади середина вегетации, третьей пробной площади середина вегетации и четвертой пробной площади конец вегетационного периода. *Губчатая паренхима* изменяется в пределах от 6,09 до 10,20 мкм. На отвалах БМСК и в городе Стерлитамаке за период вегетации размеры губчатой паренхимы увеличиваются (до 32% и до 18% соответственно). На отвалах УГОК и на отвалах КБР значения губчатой паренхимы к концу вегетации увеличиваются (до 7% и до 13% соответственно). В Стерлитамаке клетки губчатой паренхимы крупные, располагаются очень "рыхло", образуя крупные газоносные межклетники. *Нижний эпидермис* изменяется в пределах от 0,66 до 1,02 мкм. На отвалах БМСК и УГОК и в городе Стерлитамаке за период вегетации значения нижнего эпидермиса увеличиваются (на 30%, на 39% и 23% соответственно). На отвалах КБР за период вегетации значения уменьшаются на 3%. *Нижняя кутикула* изменяется в пределах от 0,42 до 1,53 мкм. На отвалах БМСК значения нижней кутикулы к концу вегетационного периода увеличиваются до 10%. На отвалах УГОК значения нижней кутикулы увеличиваются до 15%. На отвалах КБР и в городе Стерлитамаке за период вегетационного периода значения уменьшаются (на 53% и на 33% соответственно).

Сосна обыкновенная

Установлено, что у хвои сосны размеры *верхнего эпидермиса* изменяются в пределах от 1,47 до 2,36 мкм. У ряда образцов, собранных в начале вегетационного периода на отвалах БМСК на верхнем эпидермисе хвои второго года имелся восковой налёт толщиной 2,1 мкм. В середине вегетации на хвое первого года толщина воскового налёта составляет 0,84 мкм, хвое второго года - 2,1 мкм, хвое второго года в конце вегетации - 0,84 мкм. Края воскового налёта во всех случаях неровные. За период вегетации размер верхнего эпидермиса хвои первого года уменьшается на 11%. В хвое второго года к середине вегетации верхний эпидермис увеличивается до 11%, а к концу вегетации снижается до исходных данных начала вегетации. Размер верхнего эпидермиса хвои третьего года уменьшается на 27%. На отвалах УГОК значения толщины верхнего эпидермиса в течение вегетационного периода увеличиваются до 21% хвои первого года и до 12% хвои второго года. Верхний эпидермис хвои третьего года увеличивается к концу вегетации до 25%. Толщина *воскового налёта* в начале вегетации на хвое первого года примерно 1,26 мкм, второго года - 1,26 - 2,52 мкм, третьего года примерно 0,84 мкм. Следует отметить, что у ряда образцов хвои первого и второго года в середине вегетационного периода и в конце вегетации восковой налёт отсутствует. На отвалах КБР за период вегетации размеры толщины верхнего эпидермиса увеличиваются к концу вегетации до 15%, до 11% и до 24% (хвоя первого, второго года и третьего

года соответственно). У ряда образцов только в начале вегетационного периода имелся восковой налёт, слои не ровные. На хвое первого года его толщина достигает 1,68 мкм, на хвое второго года - 0,84 мкм, а в образцах хвои третьего года восковой налёт отсутствует. На территории города Стерлитамака верхний эпидермис хвои первого года за период вегетации увеличивается до 11%. Значения толщины верхнего эпидермиса хвои второго года к концу вегетации уменьшаются на 20%. За период вегетации значения верхнего эпидермиса хвои третьего года увеличиваются к концу вегетации до 4%. У ряда образцов имелся восковой налёт. В начале вегетации на хвое первого, второго года толщина его составляет до 0,84 мкм, на хвое третьего года - до 1,26 мкм. В середине вегетационного периода восковой налёт имеет хвоя второго года от 0,42 мкм и хвоя третьего года от 0,84 до 2,1 мкм. *Верхняя гиподерма* изменяется в пределах от 1,29 до 2,10 мкм. На отвалах БМСК за период вегетации размеры верхней гиподермы хвои первого года не изменяются. В хвое второго года её размеры к концу вегетации увеличиваются до 7%. В хвое третьего года верхняя гиподерма в июле месяце уменьшается на 5%, а к концу вегетации увеличивается до исходных значений июня месяца. На отвалах УГОК размеры толщины верхней гиподермы увеличиваются - хвои первого года до 63%, второго года до 46%, третьего года до 35%. На отвалах КБР за период вегетации размеры толщины верхней гиподермы хвои первого года уменьшаются в июле месяце на 16%, второго и третьего года на 4%. Но к концу вегетации значения толщины увеличиваются - хвои первого года до 19%, второго года до 19%, третьего года до 36%. В городе Стерлитамаке за период вегетации размеры толщины верхней гиподермы увеличиваются - хвои первого года до 36%, второго года до 13%, третьего года до 6%. *Верхняя складчатая паренхима* изменяется в пределах от 4,35 до 17,33 мкм. На отвалах БМСК за период вегетации толщина складчатой паренхимы хвои первого года уменьшается на 11%. К середине вегетационного периода толщина складчатой паренхимы хвои второго года увеличивается до 16%, хвои третьего года до 1%, а к концу вегетации уменьшается на 2%. На отвалах УГОК размеры толщины складчатой паренхимы хвои первого года увеличиваются, к концу вегетации до 16%. В течение вегетационного периода размеры складчатой паренхимы хвои второго года уменьшаются на 19%. В хвое третьего года значения толщины складчатой паренхимы в июле месяце уменьшаются на 8%, а к концу вегетации незначительно увеличиваются (до 2%). На отвалах КБР размеры толщины складчатой паренхимы за весь период вегетации увеличиваются в хвое первого года до 108%, второго года до 33% и третьего года до 67%. В городе Стерлитамаке в середине вегетации размеры складчатой паренхимы хвои первого года уменьшаются, но к концу вегетации увеличиваются до 31%. В хвое второго года наблюдается тенденция к увеличению до 13%. В хвое третьего года в середине вегетации значения складчатой паренхимы уменьшаются, а к концу вегетации увеличиваются до 39%. *Верхняя эндодерма* изменяется в пределах от 1,12 до 2,59 мкм. На отвалах БМСК за период вегетации толщина верхней эн-

додермы хвои первого года к концу вегетации увеличиваются до 5%. В хвое второго значения верхней эндодермы в течение вегетационного периода уменьшаются на 13%, а в хвое третьего года значения верхней эндодермы увеличиваются до 15%. На отвалах УГОК значения толщины верхней эндодермы хвои первого года увеличиваются, к концу вегетации до 2%. В хвое второго года значения верхней эндодермы в течение вегетационного периода уменьшаются на 9%. В хвое третьего года значения верхней эндодермы в течение вегетационного периода увеличиваются до 32%. На отвалах КБР толщина верхней эндодермы за весь период вегетации увеличивается в хвое первого года до 32%, хвое второго года до 39%, хвое третьего года до 18%. В городе Стерлитамаке в хвое первого года наблюдается тенденция к увеличению до 84%. Толщина верхней эндодермы хвои второго и третьего года в середине вегетации уменьшается, но к концу вегетации увеличивается до 22% и до 1% (хвоя второго и третьего года соответственно). *Верхняя трансфузионная паренхима* изменяется в пределах от 5,17 до 21,84 мкм. На отвалах БМСК за период вегетации толщина трансфузионной паренхимы хвои первого года увеличивается до 24%. Значения толщины трансфузионной паренхимы хвои второго года к июлю уменьшаются, а к концу вегетации увеличиваются на 11%. За период вегетации в хвое третьего года отмечается тенденция к увеличению толщины трансфузионной паренхимы до 87%. На отвалах УГОК значения толщины трансфузионной паренхимы хвои первого и третьего года за период вегетации увеличиваются (до 35% и до 115% соответственно). В хвое второго года значения в июле месяце уменьшаются, а к концу вегетации увеличиваются до 18%. На отвалах КБР значения толщины трансфузионной паренхимы хвои первого и второго года за весь период вегетации увеличиваются (до 36% и до 101% соответственно). В хвое третьего года значения за период вегетации уменьшаются на 4%. В городе Стерлитамаке значения толщины трансфузионной паренхимы за период вегетации хвои первого года увеличиваются до 93%. Размеры трансфузионной паренхимы хвои второго года и третьего года в середине вегетации уменьшаются, а к концу вегетации увеличиваются в хвое второго года до 12%, третьего года до 13%. *Склеренхима* изменяется в пределах от 1,12 до 9,98 мкм. На отвалах БМСК в середине вегетационного периода толщина склеренхимы хвои первого года увеличиваются до 15%, а к концу вегетации уменьшается до исходных размеров июня месяца. Размеры склеренхимы хвои второго и третьего года за весь период вегетации увеличиваются: хвое второго года до 13%, в хвое третьего года до 36%. На отвалах УГОК значения толщины склеренхимы хвои первого, второго и третьего года, за период вегетации увеличиваются до 127%, до 269% и до 78%. На отвалах КБР значения толщины склеренхимы хвои за весь период вегетации увеличиваются - первого года до 68%, второго года до 78%, третьего года до 42%. В городе Стерлитамаке значения толщины склеренхимы хвои за период вегетации увеличиваются - первого года до 133%, второго года до 60%, третьего года до 27%. *Ксилема* изменяется в пределах от 2,38 до 8,51 мкм. На отвалах

БМСК толщина ксилемы в течение вегетационного периода увеличивается - хвой первого года до 19%, хвой второго года до 12%, хвой третьего года до 84%. На отвалах УГОК размеры толщины ксилемы за период вегетации увеличиваются - хвой первого года до 84%, второго года до 51%, третьего года до 107%. На отвалах КБР размеры толщины ксилемы хвой первого года за весь период вегетации увеличиваются до 73%, хвой второго года уменьшаются к концу вегетационного периода до 4%. Размеры толщины ксилемы хвой третьего года в середине вегетационного периода уменьшаются на 4%, а к концу вегетации увеличиваются до 8%. В городе Стерлитамаке в течение вегетации в хвое первого, второго и третьего года наблюдается тенденция к увеличению толщины ксилемы: в хвое первого года до 82%, второго года до 47%, третьего года до 44%. *Флоэма* изменяется в пределах от 1,12 до 9,98 мкм. На отвалах БМСК толщина флоэмы в течение вегетационного периода хвой первого года увеличивается до 19%. В хвое второго года в середине вегетации толщина слоя увеличивается к концу вегетации до 7%. Размеры флоэмы хвой третьего года в середине вегетации уменьшаются на 2%, а к августу увеличиваются до 80%. На отвалах УГОК размеры толщины флоэмы хвой за период вегетации увеличиваются - первого года до 51%, второго года до 28%, третьего года до 21%. На отвалах КБР значения толщины флоэмы хвой первого и второго года за весь период вегетации увеличиваются, а в хвое третьего года уменьшаются: в хвое первого года до 62%, в хвое второго года до 53%, а в хвое третьего года на 31%. В городе Стерлитамаке размеры толщины флоэмы за период вегетации хвой первого и третьего года увеличиваются. В хвое первого года до 106%, в хвое третьего года до 18%. Толщина флоэмы хвой второго года за период вегетации уменьшается на 8%. *Нижняя трансфузионная паренхима* изменяется в пределах от 3,07 до 13,02 мкм. На отвалах БМСК за период вегетации толщина трансфузионной паренхимы хвой первого года увеличивается до 56%. В хвое второго года размеры трансфузионной паренхимы к июлю увеличиваются до 9%, а к концу августа до исходных значений июня месяца. В июле месяце толщина хвой третьего года уменьшается на 19%, а к концу вегетации увеличивается до 114%. На отвалах УГОК размеры трансфузионной паренхимы хвой за период вегетации уменьшаются - первого года и второго года на 53%, третьего года на 42%. На отвалах КБР размеры толщины трансфузионной паренхимы хвой первого, второго и третьего года за весь период вегетации уменьшаются (на 26%, на 43% и на 23% соответственно). В городе Стерлитамаке за период вегетации размеры толщины трансфузионной паренхимы хвой первого и третьего года увеличиваются - в хвое первого года до 27%, хвое третьего года до 47%. Размеры трансфузионной паренхимы хвой второго года за период вегетации увеличиваются на 4%. *Нижняя эндодерма* изменяется в пределах от 1,37 до 3,03 мкм. На отвалах БМСК за период вегетации толщина нижней эндодермы уменьшается в хвое первого года на 17%, в хвое второго года на 5%, в хвое третьего года на 6%. На отвалах УГОК размеры нижней эндодермы хвой первого и второго года уменьшаются к

концу вегетации на 0,5%(хвоя первого года) и на 23% (хвоя второго года). Толщина нижней эндодермы хвои третьего года в течение вегетационного периода увеличивается до 21%. На отвалах КБР размеры толщины нижней эндодермы хвои первого, второго и третьего года в середине вегетации уменьшаются, а в конце увеличиваются до 18%, до 5% и до 24% соответственно. В городе Стерлитамаке наблюдается тенденция к увеличению толщины слоя хвои первого года до 34%. Размеры нижней эндодермы хвои второго и третьего года в середине вегетации уменьшаются, а к концу вегетации увеличиваются - в хвое второго года до 1%, в хвое третьего года до 11%. *Нижняя складчатая паренхима* изменяется в пределах от 6,05 до 23,63 мкм. На отвалах БМСК в июле месяце толщина складчатой паренхимы хвои первого года увеличивается, а к концу вегетации уменьшается на 4%. Толщина складчатой паренхимы хвои второго года увеличивается до 37%, а хвои третьего года до 92%. На отвалах УГОК размеры толщины складчатой паренхимы за период вегетации увеличиваются до 16% (хвоя первого года), у хвои второго года уменьшаются на 10%, хвои третьего года увеличиваются до 100%. На отвалах КБР размеры толщины складчатой паренхимы хвои первого, второго и третьего года за весь период вегетации увеличиваются до 60%, до 27% и до 37% соответственно. В городе Стерлитамаке в середине вегетации толщина складчатой паренхимы хвои первого и третьего года уменьшаются, но к концу вегетации увеличиваются - в хвое первого года до 13%, в хвое третьего года до 29%. В хвое второго года наблюдается тенденция к увеличению толщины складчатой паренхимы до 66%. *Нижняя гиподерма* изменяется в пределах от 1,37 до 2,21 мкм. На отвалах БМСК за период вегетации нижняя гиподерма хвои первого года уменьшается на 5%. В хвое второго года толщина возрастает в июле до 5%, но к августу снижается на 5%. В хвое третьего года толщина нижней гиподермы не изменяется. На отвалах УГОК размеры нижней гиподермы хвои увеличиваются - первого года до 49%, второго года до 46%, третьего года до 53%. На отвалах КБР за период вегетации размеры толщины нижней гиподермы хвои увеличиваются - первого года до 19%, второго года до 27%, третьего года до 20%. В городе Стерлитамаке нижняя гиподерма за период вегетации хвои первого и второго года увеличивается - в хвое первого года до 23%, в хвое второго года до 11%. В хвое третьего года толщина нижней гиподермы за вегетационный период уменьшается на 6%. *Нижний эпидермис* изменяется в пределах от 1,6 до 2,1 мкм. У ряда образцов, собранных на отвалах БМСК имеется восковой налёт - в начале вегетационного периода на хвое первого года толщиной до 3,36 мкм, на хвое второго года толщиной до 2,52 мкм, на хвое третьего года толщиной от 0,42 до 2,1 мкм. В середине вегетации на хвое второго года восковой налёт толщиной от 0,84 до 1,68 мкм, а на хвое третьего года от 1,26 до 1,68 мкм. В конце вегетационного периода восковой налёт имеется на хвое первого года (толщина от 1,26 до 2,52 мкм) и на хвое второго года (толщина до 2,1 мкм). Во всех случаях края слоя не ровные. За период вегетации нижний эпидермис хвои первого года уменьшается на 5%. К середине ве-

гетации толщина нижнего эпидермиса хвои второго года увеличивается до 5%, а к концу вегетации уменьшается на 16%. В хвое третьего года наблюдается тенденция к увеличению нижнего эпидермиса, к концу вегетации он увеличивается до 12%. На отвалах УГОК размеры толщины нижнего эпидермиса хвои первого и третьего года в течение вегетационного периода увеличиваются до 23% и до 25% соответственно. Нижний эпидермис хвои второго года в июле месяце уменьшается на 8%, к концу вегетации увеличивается до 12%. Восковой налёт прослеживался в начале вегетации на хвое первого года (толщина до 1,26 мкм), на хвое второго года (толщина от 0,84 до 1,26 мкм), на хвое третьего года (толщина до 1,26 мкм). В середине вегетации на хвое первого, второго и третьего года толщина воскового налёта (толщина до 0,84 мкм). В конце вегетации восковой налёт имелся только на хвое второго года (толщина от 1,26 до 1,68 мкм). На отвалах КБР за период вегетации размеры толщины нижнего эпидермиса увеличиваются - хвои первого года до 25%, хвои второго года до 14%, хвои третьего года на 6%. Восковой налёт отмечается в начале вегетационного периода на хвое второго года (1,26 мкм), а в конце вегетации на хвое второго и третьего года (0,84 мкм). В городе Стерлитамаке размер нижнего эпидермиса хвои первого и второго года в середине вегетации уменьшается, а к концу вегетации увеличивается. В хвое первого года до 4%, в хвое второго года до 2%. За период вегетации размеры толщины нижнего эпидермиса хвои третьего года уменьшаются на 10%. Толщина воскового налёта в начале вегетационного периода на хвое первого года (составляла до 1,26 мкм), на хвое второго года - от 0,42 до 0,84 мкм, на хвое третьего года - до 1,68 мкм. В середине вегетации на хвое первого и третьего года толщина воскового налёта до 1,26 мкм, на хвое второго года достигала толщины - до 1,68 мкм, а в конце вегетации на хвое второго года - до 0,84 мкм, на хвое третьего года - до 1,26 мкм. Процентное соотношение *площади смоляных ходов* к площади поперечного среза хвои изменяется в пределах от 0,5 до 1,9%. На отвалах БМСК процентное количество смоляных ходов хвои первого года к середине вегетации увеличивается до 0,9%, а к концу вегетации снижается на 0,1%. В середине вегетации процентное соотношение площади смоляных ходов хвои второго года уменьшается на 0,3%, а к концу вегетации увеличивается до исходных значений июня месяца. В середине вегетационного периода отмечается увеличение процентного соотношения площади смоляных ходов хвои третьего года, а к концу вегетации уменьшается до исходных параметров июня месяца. На отвалах УГОК процентное соотношение площади смоляных ходов к площади поперечного среза хвои первого года в течение вегетационного периода увеличивается до 0,7%, хвои второго и третьего года в июле месяце увеличивается до 0,5% и до 0,7% соответственно. А к концу вегетации площадь смоляных ходов к площади поперечного среза уменьшается: в хвое второго года на 0,2%, в хвое третьего года на 0,9%. На отвалах КБР за период вегетации процентное соотношение площади смоляных ходов к площади поперечного среза увеличивается в хвое первого года до 0,6%, в хвое второго года до 0,3%, в

хвое третьего года на 0,6%. В городе Стерлитамаке в хвое первого года процентное соотношение площади смоляных ходов к площади поперечного среза за период вегетации не изменяется. Процентное соотношение площади смоляных ходов к площади поперечного среза в хвое второго года в середине вегетации уменьшается, а к концу вегетации увеличивается до 0,5%. В хвое третьего года за период вегетации процентное соотношение площади смоляных ходов к площади поперечного среза постепенно увеличиваются до 0,4%.

Лиственница Сукачёва

Установлено, что ошибки средних параметров составили от 0 до 1,37 мкм. *Верхний эпидермис* изменяется в пределах от 0,84 до 1,26 мкм. На отвалах КБР за период вегетации размер толщины верхнего эпидермиса в июле увеличивается на 0,05 мкм, а к концу вегетации уменьшается на 0,21 мкм. На территории города Стерлитамака верхний эпидермис в течение вегетационного периода увеличивается до 0,42 мкм от исходных данных. *Верхняя гиподерма* изменяется в пределах от 0,84 до 1,05 мкм. На отвалах КБР за период вегетации размеры толщины верхней гиподермы уменьшаются на 0,11 мкм. В городе Стерлитамаке размеры толщины верхней гиподермы в середине вегетации уменьшаются на 0,16 мкм, а в конце вегетации увеличивается до исходных данных. *Верхняя складчатая паренхима* изменяется в пределах от 2,73 до 6,83 мкм. На отвалах КБР размеры толщины складчатой паренхимы за весь период вегетации увеличиваются на 0,42 мкм. В городе Стерлитамаке наблюдается тенденция к увеличению в течение вегетации до 1,57 мкм. *Верхняя эндодерма* изменяется в пределах от 0,95 до 1,89 мкм. На отвалах КБР толщина верхней эндодермы за период вегетации увеличивается до 0,17 мкм. В городе Стерлитамаке толщина верхней эндодермы за весь период вегетации увеличивается до 0,63 мкм. *Верхняя трансфузионная паренхима* изменяется в пределах от 1,05 до 1,79 мкм. На отвалах КБР значения толщины трансфузионной паренхимы вегетационного периода увеличиваются до 10,0 мкм. В городе Стерлитамаке значения толщины трансфузионной паренхимы за период вегетации хвои первого года уменьшаются на 0,42 мкм. *Склеренхима* изменяется в пределах от 0,53 до 0,95 мкм. На отвалах КБР значения толщины склеренхимы хвои в июле уменьшается на 0,21 мкм, а в конце вегетации увеличивается до исходных данных. В городе Стерлитамаке значения толщины склеренхимы хвои за период вегетации увеличиваются до 0,21 мкм. *Нижняя трансфузионная паренхима* изменяется в пределах от 1,05 до 2,31 мкм. На отвалах КБР размеры толщины трансфузионной паренхимы в июле месяце уменьшаются, а в конце вегетации увеличиваются до 0,63 мкм от исходных данных. В городе Стерлитамаке размеры толщины трансфузионной паренхимы в июле месяце уменьшаются, к концу вегетации уменьшаются на 0,21 мкм от исходных данных. *Ксилема* изменяется в пределах от 1,47 до 2,25 мкм. На отвалах КБР размеры толщины ксилемы хвои за весь период вегетации уменьшаются на 0,36 мкм. В городе Стерлитамаке в июле

месяце наблюдается тенденция к уменьшению, а к концу вегетации увеличивается до исходных данных. *Флоэма* изменяется в пределах от 1,47 до 2,31 мкм. На отвалах КБР значения толщины флоэмы хвои за весь период вегетации уменьшаются на 0,42 мкм. В городе Стерлитамаке размеры толщины флоэмы за период вегетации уменьшается на 0,21 мкм от исходных данных. *Нижняя эндодерма* изменяется в пределах от 1,47 до 1,79 мкм. На отвалах КБР размеры толщины нижней эндодермы хвои за вегетационный период увеличиваются до 0,26 мкм от исходных данных. В городе Стерлитамаке наблюдается тенденция к уменьшению толщины слоя хвои на 0,11 мкм. *Нижняя складчатая паренхима* изменяется в пределах от 2,73 до 6,93 мкм. На отвалах КБР размеры толщины складчатой паренхимы хвои в июле месяце увеличиваются до 0,99 мкм, а к концу вегетации уменьшается на 0,27 мкм от исходных данных. В городе Стерлитамаке в середине вегетации толщина складчатой паренхимы уменьшаются, но к концу вегетации увеличиваются до 1,26 мкм. *Нижняя гиподерма* изменяется в пределах от 0,74 до 1,16 мкм. На отвалах КБР в середине вегетации размеры толщины нижней гиподермы хвои увеличиваются до 0,32 мкм, а к концу вегетации уменьшаются до исходных данных. В городе Стерлитамаке в середине вегетации размеры толщины нижней гиподермы хвои увеличиваются до 0,11 мкм, а к концу вегетации уменьшаются до исходных данных. *Нижний эпидермис* изменяется в пределах от 0,84 до 1,26 мкм. На отвалах КБР за период вегетации размеры толщины нижнего уменьшаются на 0,19 мкм. В городе Стерлитамаке размер нижнего эпидермиса хвои за весь период вегетации увеличивается до 0,42 мкм. Процентное соотношение *площади смоляных ходов* к площади поперечного среза хвои изменяется в пределах от 0,1 до 0,9%. На отвалах КБР в период вегетации процентное соотношение площади смоляных ходов к площади поперечного среза в июне и июле месяце составляет 0,2%, а к концу вегетации уменьшается на 0,1%. В городе Стерлитамаке процентное соотношение площади смоляных ходов к площади поперечного среза за период вегетации не изменяется и составляет 0,1%. Следует отметить, что в хвое лиственницы Сукачёва имеется только два смоляных хода. Поэтому процентное соотношение площади смоляных ходов к площади поперечного среза хвои незначительное. Это можно объяснить, что смоляные ходы не успевают развиваться в течение вегетационного периода в связи с листопадным явлением.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на то, что исследуемые виды древесных растений характеризуются сильно различающейся экологией в ходе исследований удалось установить некоторые общие закономерности в развитии ассимиляционных органов в техногенных условиях. Так, установлено, что у ассимиляционных органов берёзы бородавчатой в экстремальных условиях произрастания в течение вегетационного периода толщина отдельных слоёв увеличивается, также наблюдается утолщение листовой пластинки на отвалах: Башкирского медно-серного комбината (г.Сибай), Учалинского горно-

обогащительного комбината (г. Учалы), Кумертауского бурогольного разреза (г. Кумертау). У тополя бальзамического наблюдается утолщение листовой пластинки на отвалах: Башкирского медно-серного комбината (г. Сибай), Учалинского горно-обогащительного комбината (г. Учалы), Кумертауского бурогольного разреза (г. Кумертау) и на промышленной зоне (г. Стерлитамак). Характерной особенностью в анатомической организации сосны обыкновенной также является чёткая закономерность утолщения слоёв хвои первого, второго и третьего года за весь период вегетации на всех пробных площадях - на отвалах БМСК, на отвалах УГОК, на отвалах КБР, в городе Стерлитамаке. Характерно различное анатомическое строение хвои лиственницы, а также свойственно значительная изменчивость размеров и формы клеток тканей хвои. Анализируя результаты исследований, следует отметить, что у лиственницы Сукачёва толщина отдельных слоёв хвоинок увеличивается в г. Кумертау и г. Стерлитамаке в течение всего вегетационного периода.

Работа выполнена в рамках исследований, поддержанных РФФИ – гранты №№ 05-04-97901, 05-04-97903, 05-04-97906

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агроклиматические ресурсы** Башкирской АССР Л.: Гидрометеиздат, 1976.
Государственный доклад состоянии окружающей природной среды Республики Башкортостан в 2002 году. - Уфа, 2003.
Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике. - М.: Наука, 1990.
Физико-географическое районирование Башкирской АССР (Репринтное издание). - Уфа, 2005.

Поступила в редакцию
21 января 2007 г.