

УДК 581.8: 633.877.3

**ИЗМЕНЕНИЯ АНАТОМИЧЕСКИХ И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ХВОИ  
*PINUS SYLVESTRIS* L. В ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ УГОЛЬНОГО ОТВАЛА**

**CHANGES OF ANATOMICAL AND MORFOLOGICAL TRAITS NEEDLES  
*PINUS SYLVESTRIS* L. IN TECHNOGENIC CONDITIONS OF COAL DUMP**

©Цандекова О. Л.

канд. с.-х. наук

ФИЦ УУХ СО РАН «Институт экологии человека»,  
г. Кемерово, Россия, [zandekova@bk.ru](mailto:zandekova@bk.ru)

©Tsandekova O.

Ph.D., Federal Research Centre Coal and Coal Chemistry  
of SB RAS "Institute of Human Ecology",  
Kemerovo, Russia, [zandekova@bk.ru](mailto:zandekova@bk.ru)

©Легощина О. М.

ФИЦ УУХ СО РАН «Институт экологии человека»,  
г. Кемерово, Россия, [legoshchina@mail.ru](mailto:legoshchina@mail.ru)

©Legoshchina O.

Federal Research Centre Coal and Coal Chemistry  
of SB RAS Institute of Human Ecology,  
Kemerovo, Russia, [legoshchina@mail.ru](mailto:legoshchina@mail.ru)

*Аннотация.* В работе представлены результаты исследования анатомических и морфологических перестроек хвои *Pinus sylvestris*, произрастающей в условиях породного отвала «Кедровский». Специфические экологические условия угольного отвала вызывают различные адаптационные изменения анатомических и морфологических показателей хвои *P. sylvestris* – утолщение эпидермы, увеличение площади смоляных ходов, мезофилла, центрального цилиндра, а также удлинение хвои, увеличение ее высоты и ширины, возрастание площади поверхности хвои.

*Abstract.* The paper presents the results of the study of anatomical and morphological rearrangements of *Pinus sylvestris* needles grown in the conditions of the Kedrovsky dump. Specific ecological conditions of the coal dump cause various adaptive changes in the anatomical and morphological characteristics of the *P. sylvestris* needles - thickening of the epidermis, increase in the area of the resin passages, mesophyll, the central cylinder, as well as elongation of the needles, increase in its height and width, and increase in the surface area of the needles.

*Ключевые слова:* хвоя, анатомические признаки, морфологические параметры, угольный отвал.

*Keywords:* needles, anatomical signs, morphological parameters, coal dump.

В настоящее время на территории Кузбасса идет интенсивное развитие открытого способа при разработке полезных ископаемых. В результате деятельности горнодобывающих предприятий изменяется ландшафт земной поверхности, образуются отвалы вскрышных пород. На отвалах угольных разрезов формируются специфические экологические условия, которые характеризуются низким содержанием питательных веществ и низкой влагообеспеченностью. Одной из основных древесных пород, пригодных для облесения нарушенных земель, является сосна обыкновенная, в связи со своей малотребовательностью к плодородию почвы.

Древесные растения обладают высокой чувствительностью к техногенной нагрузке, поэтому могут служить адекватными индикаторами состояния урбоэкосистемы. Для ранней диагностики состояния древесных растений могут быть использованы анатомические и морфологические характеристики ассимилирующих органов, которые в значительной мере определяют ростовые и репродуктивные процессы. Изменения анатомо-морфологических структурных компонентов древесных растений, связанных с влиянием разнообразных биотических и абиотических факторов окружающей среды, демонстрирует экологическую пластичность вида и повышает его устойчивость в экстремальных условиях произрастания [1, 2].

*Цель работы* – оценить изменения анатомических и морфологических признаков хвои сосны обыкновенной в техногенных условиях угольного породного отвала.

Исследования проведены на породном отвале «Южный» угольного разреза «Кедровский». Разрез «Кедровский» расположен в 25 км севернее города Кемерово (56°32'52" с. ш., 86°05'54" в. д.). Объектом исследований служила *Pinus sylvestris* L. (сосна обыкновенная), произрастающая на территории породного отвала угольного разреза «Кедровский». Возраст деревьев составлял 25-30 лет, II класса бонитета с полнотой 0,3–0,5.

Сбор материала (хвои) проводили в 2015-2016 гг. Для исследований образцы хвои собирали в летний период с десяти модельных деревьев удовлетворительного жизненного состояния (с десяти ветвей с нижней трети по периметру кроны) на каждом изучаемом участке. Растительные образцы фиксировали в 60 % растворе этилового спирта. Для анатомических исследований, из средней части ассимиляционного аппарата делали поперечные срезы и помещали их в глицерин. Измерения анатомо-морфологических признаков проводили с помощью микроскопа Аксиоскоп-2+, модель ZEISS N HBO103 and N HBO75 (Германия) с программным обеспечением. В ходе исследования определяли анатомические и морфологические показатели по общепринятой методике. Статистическая обработка полученных данных выполнена с помощью стандартного пакета программ STATISTICA 8.0. for Windows.

Покровные ткани первыми принимают негативные воздействия окружающей среды. Результаты анатомических изменений тканей хвои *P. sylvestris*, произрастающей в условиях породного отвала Кедровского угольного разреза, представлены в Таблице 1. В течение вегетации показатели высоты кутикулы оставались на уровне контрольных значений. По нашим наблюдениям, толщина гиподермы снижалась на 7-12%, а эпидермы – возрастала на 6-37% по сравнению с контролем.

Таблица 1.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ ПОКРОВНЫХ ТКАНЕЙ ХВОИ *P. SYLVESTRIS*,  
 ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ  
 ПОРОДНОГО ОТВАЛА РАЗРЕЗА «КЕДРОВСКИЙ»

Площадки наблюдений	высота кутикулы, мкм	высота эпидермы, мкм	высота гиподермы, мкм	высота эндодермы, мкм
<i>июнь</i>				
контроль	0,29±0,07	1,59±0,38	1,06±0,06	2,21±0,09
опыт	0,32±0,05	1,69±0,26	0,98±0,10	2,19±0,01
<i>июль</i>				
контроль	0,28±0,12	1,45±0,08	1,09±0,04	2,52±0,04
опыт	0,28±0,12	1,97±0,01*	0,96±0,04*	2,49±0,11
<i>август</i>				
контроль	0,28±0,05	1,39±0,09	1,27±0,12	2,29±0,09
опыт	0,28±0,07	1,91±0,08*	1,18±0,07	2,16±0,07

Примечание: здесь и далее \*- достоверное отличие от контроля при  $p < 0,05$

В условиях породного отвала отмечено увеличение площадей тканей хвои *P. sylvestris*, особенно в июле и августе (Таблица 2).

Таблица 2.

ЗНАЧЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ ТКАНЕЙ ХВОИ *P. SYLVESTRIS*

Площадки наблюдений	площадь поперечного среза, мкм <sup>2</sup> * 10 <sup>3</sup>	площадь смоляных ходов, мкм <sup>2</sup> * 10 <sup>3</sup>	площадь мезофилла, мкм <sup>2</sup> * 10 <sup>3</sup>	площадь центрального цилиндра, мкм <sup>2</sup> * 10 <sup>3</sup>
<i>июнь</i>				
контроль	48,62±2,38	2,03±0,04	23,45±1,02	16,03±0,03
опыт	41,72±1,13*	1,73±0,04*	23,59±1,05	13,49±0,07*
<i>июль</i>				
контроль	45,77±1,45	1,28±0,01	24,17±1,23	14,93±0,11
опыт	52,59±2,53*	1,50±0,04*	28,04±1,40	16,92±0,33*
<i>август</i>				
контроль	46,59±1,27	1,02±0,17	20,60±1,04	16,28±0,18
опыт	55,50±1,05*	1,77±0,01*	25,80±1,05*	16,68±0,59

В этот период показатели варьировали в среднем от 1,50 до 55,50 мкм. Наибольшая степень изменчивости наблюдалась в значениях площадей смоляных каналов и мезофилла. Так, в июле диаметр смоляных каналов хвои сосны превысил контрольные значения в 1,2 раза, в августе – в 1,7 раза; клеток мезофилла – в 1,2 и 1,3 раза соответственно. Изменения вышеуказанных параметров на отвале, очевидно, связано с дефицитом воды и недостатком питательных веществ.

Анализ морфологических показателей хвои *P. sylvestris* показал, что отмечены некоторые различия у контрольных и опытных образцов (Таблица. 3). Так, длина хвои в июне снижалась на 21%, в июле наблюдалась тенденция к ее увеличению на 20% относительно контроля. Аналогичная закономерность наблюдалась и в значениях площади

поверхности хвои. В июле данный показатель превысил контроль на 30%, в августе – на 23%. Значения высоты и ширины хвои варьировали в пределах от 0,63 до 1,54 мм.

Таблица 3.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХВОИ *P. SYLVESTRIS*

Площадки наблюдений	длина хвои, мм	высота хвои, мм	ширина хвои, мм	площадь поверхности хвои, мм <sup>2</sup>
<i>июнь</i>				
контроль	50,71±2,00	0,66±0,017	1,35±0,042	157,75±2,57
опыт	40,03±1,61*	0,63±0,023	1,27±0,059	118,51±5,84*
<i>июль</i>				
контроль	50,38±1,14	0,69±0,029	1,33±0,049	167,69±6,62
опыт	60,22±1,91*	0,73±0,022	1,54±0,016*	218,05±8,37*
<i>август</i>				
контроль	60,08±1,61	0,67±0,021	1,29±0,054	184,50±3,76
опыт	60,52±1,42	0,77±0,017*	1,49±0,049*	226,71±4,14*

Наши данные согласуются с результатами исследований других авторов [3, 4] указывающих на увеличение толщины кутикулы, площади мезофилла и центрального цилиндра, площади поверхности хвои и длины хвои у сосны в техногенных условиях.

Таким образом, специфичные экологические условия породного отвала угольного разреза «Кедровский» вызывают различные адаптационные изменения анатомических и анатомических показателей хвои *P. sylvestris* – утолщение эпидермы, увеличение площади смоляных ходов, мезофилла, центрального цилиндра, а также удлинение хвои, увеличение ее высоты и ширины, возрастание площади поверхности хвои.

Список литературы:

1. Hu Y., Yan L., Li H. Studies on the anatomical characteristics of the stems of 14 desert plants // J. Arid Land Resour. Environ. 2006. №20 (2). P. 202-208.
2. Хикматуллина Г. Р. Сравнение морфологических признаков листа *Betula pendula* в условиях урбаноосреды // Вестник Удмуртского университета. 2013. №2. С. 48-56.
3. Рудник Т. И., Зотикова А. П., Бендер О. Г. Морфо-анатомические особенности хвои экотипов кедра сибирского в условиях юга Томской области // Вестн. Том. гос. ун-та. 2007. №300-2. С. 228-230.
4. Иозус А. П., Морозова Е. В. Морфологические и анатомические особенности хвои сосны обыкновенной разного географического происхождения в географических культурах Волгоградской области // Современные проблемы науки и образования. 2015. №4. С. 508. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/127-20526> (дата обращения: 9.10.2017).

References:

1. Hu, Y., Yan, L., & Li, H. (2006). Studies on the anatomical characteristics of the stems of 14 desert plants. *J. Arid Land Resour. Environ.*, (20), 202-208
2. Khikmatullina, G. R. (2013). Comparison of the morphological features of the *Betula pendula* leaf in urban environment conditions. *Vestnik Udmurtskogo universiteta*, (2), 48-56. (in Russian).

3. Rudnik, T. I., Zotikova, A. P., & Bender, O. G. (2007). Morpho-anatomical features of needles of *Pinus Sibirica* ecotypes in environment of Tomsk region. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, (300-2), 228-230. (in Russian).

4. Iozus, A. P., & Morozova, E. V. (2015). Morphological and anatomical features of conifer needle of Scots Pine different geographical origin in geographic cultures Volgograd region. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, (4), 508. (in Russian).

Работа поступила  
в редакцию 13.10.2017 г.

Принята к публикации  
16.10.2017 г.

Ссылка для цитирования:

Цандекова О. Л., Легощина О. М. Изменения анатомических и морфологических признаков хвои *Pinus sylvestris* L. в техногенных условиях угольного отвала // Бюллетень науки и практики. Электрон. журн. 2017. №11 (24). С. 44-48. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/tsandekova-legoshchina> (дата обращения 15.11.2017).

Cite as (APA):

Tsandekova, O., & Legoshchina, O. (2017). Changes of anatomical and morphological traits needles *Pinus sylvestris* L. in technogenic conditions of coal dump. *Bulletin of Science and Practice*, (11), 44-48