

УДК 581.8:633.877.3

## АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ХВОИ *PINUS SYLVESTRIS* L. В УСЛОВИЯХ КЕДРОВСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

Цандекова О. Л.

*ФГБУ науки Институт экологии человека СО РАН, Кемерово, Россия (650065, Кемерово, Ленинградский проспект, 10), e-mail: biomonitoning@bk.ru*

В Кузбасском регионе преобладает карьерный способ добычи угля. В результате угледобычи происходит изменение рельефа местности, нарушение почвенного покрова, которое приводит к изменению биогеоценоза в целом. Выбор лесных культур, способных создавать на отвалах продуктивные насаждения, существенно ограничен. В Кузбассе одной из немногих древесных пород, пригодных для облесения нарушенных земель, является *Pinus sylvestris* L. Проведено изучение анатомо-морфологических показателей сосны обыкновенной разного возраста в условиях Кедровского угольного разреза. У исследуемых растений отмечены некоторые изменения анатомической структуры хвои адаптивного характера. Выявлено, что для деревьев 10–15-летнего возраста характерны более высокие показатели площади центрального цилиндра, проводящих пучков, смоляных каналов и отношения площадей центрального цилиндра к поперечному срезу, чем для деревьев 20–25-летнего возраста. У *Pinus sylvestris* L., произрастающей на спланированном отвале без нанесения ППС, установлено максимальное количество анатомических перестроек хвои, способствующим ее выживанию в экстремальных экологических условиях.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, гранулометрический состав эмбриоземов, анатомо-морфологические показатели хвои, угольный породный отвал.

## ANATOMIC-MORPHOLOGICAL FEATURES OF PINE NEEDLES OF *PINUS SYLVESTRIS* L. IN THE CONDITIONS OF THE KEDROVSKY COAL CUT

Tsandekova O. L.

*Science federal state budgetary Institution Institute of human ecology of the SB RAS, Kemerovo, Russia (650065, Kemerovo, Leningradsky Avenue, 10), e-mail: biomonitoning@bk.ru*

The open pit mining of coal production prevails in the Kuzbass region. As a result of coal mining there is a land relief change, soil disturbance, which leads to the change of biogeocoenosis as a whole. The choice of forest cultures being able to create the dumps productive plantations is restricted substantially. In Kuzbass one of the few tree species suitable for afforestation of degraded lands *Pinus sylvestris* L. is. The study of the anatomical and morphological parameters of *Pinus sylvestris* L. of different age in the conditions of the Kedrovsky coal cut was carried out. Some changes in the anatomical structure of pine needles of the investigated plants of adaptive character were noted. It was revealed that trees 10–15 years of age had higher rates of the square of the central cylinder, conducting bundles, pitch channels and the relationship of the areas of the central cylinder to the transverse shear, than the trees 20–25 years of age. *Pinus sylvestris* L. growing in the planned dumping site without application of the potentially fertile soil layer has the maximum number of anatomical alterations of pine needles contributing to its survival in extreme environmental conditions.

Key words: *Pinus sylvestris* L., granulometric composition of embreozems, anatomic-morphological indicators, coal waste heaps.

### Введение

Интенсивное техногенное воздействие на почвенный покров, вплоть до его полного уничтожения, наблюдается в районах горнодобывающей промышленности, особенно в Кузбассе, где преобладает карьерный способ добычи угля. В Кузбасском регионе нарушено около 100 тыс. га земель, из них большую площадь занимают отвалы вскрышных пород. Из всех техногенных почв рекультивировано только около 20 тыс. га [1]. Угольный разрез «Кедровский» расположен в северной лесостепи Кемеровской области. В результате

угледобычи происходит изменение рельефа местности, полное или частичное нарушение почвенного покрова, водного, воздушного и пищевого режима почв, что ведет к изменению биогеоценоза в целом. В связи с этим экологическая реабилитация техногенных земель становится актуальной и социально важной проблемой.

Выбор лесных культур, способных создавать на отвалах продуктивные насаждения, существенно ограничен. В Кузбассе одной из немногих древесных пород, пригодных для облесения нарушенных земель, является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) [7]. Экологические условия насаждений сосны формируются под влиянием эдафических и агротехнологических факторов. Агрофизические и агрохимические свойства техногенных элювиев и образующихся на них эмбриоземов коренным образом отличаются от таковых на естественных ненарушенных территориях. В связи с этим выявление соответствия условий произрастания сосны обыкновенной ее биологическим требованиям на отвалах весьма актуально. Судить о пластичности сосновых насаждений можно, зная анатомо-морфологические особенности хвои, как наиболее чувствительного органа [3]. Некоторыми исследователями отмечено, что структурные преобразования хвои сосны обыкновенной затрагивают все уровни ее организации путем количественного изменения анатомо-морфологических показателей как в процессе роста хвои, так и в зависимости от экологических условий произрастания [2, 4, 5].

**Цель исследования** – изучение анатомо-морфологических показателей хвои *Pinus sylvestris* L. в условиях Кедровского угольного разреза.

#### **Материал и методы исследований**

Исследования проведены в летний период 2010 г. Объектом исследований служила сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) разного возраста – 10–15 лет и 20–25 лет. На территории угольного разреза «Кедровский» были заложены три площадки наблюдений (ПН), которые различались комплексом экологических условий (набором абиотических и биотических факторов): ПН 1 – спланированный отвал с нанесением потенциально плодородного слоя (ППС), ПН 2 – межотвальная впадина без нанесения ППС, ПН 3 – спланированный отвал без нанесения ППС. Породы угольного отвала представлены песчаником (60 %), алевролитами (20 %), аргиллитами (15 %), суглинками и глинами (5 %). Возраст отвала – 25 лет.

С каждой площадки наблюдения у сосны обыкновенной собирали побеги с хвоей второго года с нижней трети кроны с южной стороны и фиксировали в 60 % растворе этилового спирта. Для анатомических исследований, из средней части хвои делали поперечные срезы и помещали их в глицерин. Измерения анатомо-морфологических признаков хвои проводили с помощью микроскопа Аксиоскоп-2+, модель ZEISSN HBO103

and N XBO75 (Германия) с программным обеспечением. В ходе исследования определяли длину хвои, суммарное количество смоляных каналов и их площадь ( $S$ ), площадь поперечного среза ( $S$  п.с.) хвои, площадь центрального цилиндра ( $S$  ц.ц.), суммарную площадь проводящих пучков ( $S$  п.п.), отношение площадей ц.ц. и п.с. хвои. Для определения площадей анатомических показателей использовали программу *Image Tools*. Статистический анализ данных выполнен с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.1 и Microsoft Office Excel 2007. Критическое значение уровня статистической значимости принималось равным 0,05. Описание количественных признаков в исследованных площадках наблюдений производилось с использованием средних арифметических и среднеквадратических (стандартных) ошибок среднего ( $M \pm m$ , где  $M$  – среднее, а  $m$  – ошибка среднего) и коэффициента вариации ( $V$ , %). Агрохимический анализ эмбриоземов проведен в аккредитованном испытательном центре агрохимической службы ФГУ ЦАС «Кемеровский».

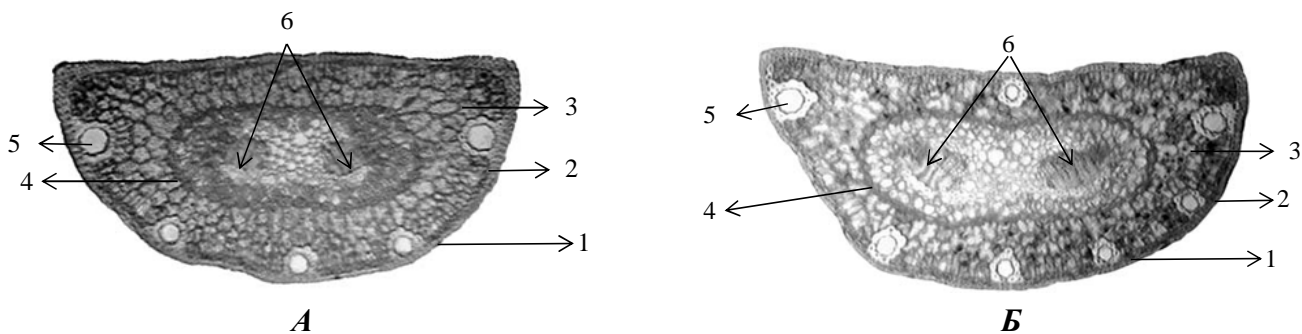
### **Результаты исследования и их обсуждение**

Результаты агрохимических анализов показали, что эмбриоземы всех ПН характеризуются высокой обеспеченностью обменным калием (100...240 мг/кг) и низкой обеспеченностью подвижным фосфором (10...50 мг/кг). На ПН1 и ПН2 отмечается средняя обеспеченность нитратным азотом (9,5...13,8 мг/кг). Эмбриоземы ПН3 характеризуются самыми низкими значениями обменного фосфора и нитратного азота (10...20 и 3,6...6,0 мг/кг соответственно). На всех ПН более высокие значения агрохимических показателей характерны для эмбриоземов под сосной II возрастной категории. Анализ содержания подвижных форм тяжелых металлов (*Pb, Cd, Cu, Zn, Mn, Ni, Co, Fe, Cr*) не показал превышения существующих ПДК. Таким образом, эмбриоземы ПН3 (спланированный отвал без нанесения ППС) характеризуются самыми низкими значениями агрохимических показателей в сравнении с ПН1 и ПН2.

Микроскопирование препаратов срезов хвои показало, что у сосны обыкновенной в экстремальных условиях Кедровского угольного разреза отмечались некоторые изменения анатомических показателей тканей адаптивного характера. На всех пробных площадках обнаружен низкий уровень варибельности у всех анатомических признаков. Однако самым стабильным признаком является показатель отношения площади центрального цилиндра к площади поперечного среза, который варьировал в пределах от 0,27 до 0,32. Это свидетельствует об оптимальном соотношении между проводящей системой хвоинки сосны и остальными ее тканями.

Суммарное число смоляных ходов на всех площадках наблюдений примерно одинаково и составило в среднем 5–8 штук (рис. 1).

С помощью наших исследований выявлено увеличение длины хвои, особенно на участке без нанесения потенциально плодородного слоя. При этом увеличивается доля проводящей ткани, в частности, суммарная площадь проводящих пучков. Нами отмечены некоторые отличия микроскопического строения хвои у древесных растений разного возраста на разных площадках наблюдений.



**Примечание:** *А* – сосна 10-15 летнего возраста; *Б* – сосна 20-25-летнего возраста.  
1 – эпидерма, 2 – гиподерма, 3 – складчатый мезофилл, 4 – эндодерма, 5 – смоляной канал, 6 – проводящие пучки.

**Рис. 1. Поперечный срез хвои *Pinus sylvestris* L в условиях Кедровского угольного разреза (10\*10)**

Для сосны обыкновенной 10–15 летнего возраста характерны более низкие значения длины хвои и площади ее поперечного сечения, меньшее количество смоляных ходов, но более высокие показатели их площади, по сравнению со второй возрастной группой (табл. 1).

Таблица 1

**Анатомо-морфологические показатели хвои сосны обыкновенной 10–15 летнего возраста в условиях Кедровского угольного отвала**

Показатели	ПН1	V, %	ПН2	V, %	ПН3	V, %
Длина хвои, мм	36,33±1,29	11	55,00±2,26	12	60,56±1,38	7
S п.с. хвои, мм <sup>2</sup>	1,729±0,022	2	1,666±0,029	3	1,751±0,026	3
S ц.ц., мм <sup>2</sup>	0,529±0,009	3	0,489±0,005	2	0,564±0,022	7
S п.п., мм <sup>2</sup>	0,051±0,003	11	0,062±0,001	1	0,072±0,001	2
S смоляных ходов, мм <sup>2</sup>	0,054±0,001	5	0,045±0,002	6	0,063±0,002	6
Число смоляных ходов, шт.	5±0,001	0	7±0,409	8	7±0,409	8
Отношение S ц.ц. к S п.с.	0,306±0,004	2	0,293±0,005	3	0,322±0,011	6

*Примечание:* здесь и далее: ПН1 – спланированный отвал с нанесением потенциально плодородного слоя (ППС); ПН2 – межотвальная впадина (отвал без нанесения ППС); ПН3 – спланированный отвал без нанесения ППС.

В отличие от первой возрастной группы, у сосны обыкновенной 20–25 летнего возраста выявлены низкие значения площадей центрального цилиндра, проводящих пучков и смоляных ходов, а также отношения площадей центрального цилиндра к поперечному срезу (табл. 2).

Таблица 2

**Анатомо-морфологические показатели хвои сосны обыкновенной 20–25 летнего возраста в условиях Кедровского угольного отвала разреза**

Показатели	ПН1	V, %	ПН2	V, %	ПН3	V, %
Длина хвои, мм	55,67±2,19	12	52±1,51	9	61±3,29	16
S п.с. хвои, мм <sup>2</sup>	1,817±0,066	6	1,484±0,076	9	1,887±0,018	2
S ц.ц., мм <sup>2</sup>	0,489±0,035	12	0,411±0,017	7	0,580±0,005	2
S п.п., мм <sup>2</sup>	0,059±0,003	9	0,049±0,004	15	0,069±0,001	3
S смоляных ходов, мм <sup>2</sup>	0,044±0,001	2	0,043±0,001	6	0,044±0,001	5
Число смоляных ходов, шт.	7±0,578	14	5±0,409	12	8±0,001	0
Отношение S ц.ц. к S п.с.	0,269±0,009	6	0,277±0,004	3	0,309±0,001	1

Сравнительный анализ исследуемых участков показал, что для сосны обыкновенной, как первой возрастной группы, так и второй, произрастающей на отвале без нанесения ППС (ПН3), характерны более высокие анатомические показатели (на 5–40 %), по сравнению с другими площадками наблюдений (ПН1 и ПН2). Так, у деревьев 10–15 летнего возраста на ПН3 длина хвои больше на 9 и 40 % (ПН1 и ПН2), площадь проводящих пучков – на 14 и 29 %, площадь смоляных ходов – на 14 и 29 %. У деревьев 20–25 летнего возраста – площадь центрального цилиндра больше на 16 и 29 %, площадь проводящих пучков – на 14 и 29 %, количество смоляных ходов – на 13 и 38 %, в сравнении с ПН1 и ПН2 соответственно.

Анатомо-морфологические показатели адаптивного характера также были выявлены некоторыми исследователями у сосны в различных экологических условиях. В частности, Н. Н. Егоровой и А. А. Кулагиным [5] на отвалах Кумертауского бурогоугольного разреза у сосны обыкновенной установлено увеличение тканей хвои первого, второго и третьего года в течение вегетационного периода и утолщение хвои, вследствие развития мезофилла. О. М. Соболева с соавторами [6] отмечают увеличение смоляных каналов на поперечном срезе хвои сосны обыкновенной, снижение размеров хвои и отношения площади центрального цилиндра к площади поперечного сечения в условиях г. Новокузнецка. Y. Nuhoglu [8] выявил увеличение диаметра смоляных каналов в хвое *Pinus brutia* в зоне влияния ТЭЦ вблизи турецкого города Еникёя.

## Заключение

Таким образом, у *Pinus sylvestris* L. в условиях Кедровского угольного разреза выявлены некоторые изменения анатомической структуры хвои адаптивного характера. У деревьев первой возрастной категории отмечены более высокие показатели площади центрального цилиндра, проводящих пучков, смоляных каналов и отношения площадей центрального цилиндра к поперечному срезу, чем у второй возрастной категории. С увеличением возраста сосны (до 20–25 лет) возрастает длина хвои и суммарное количество смоляных ходов. На спланированном отвале без нанесения ППС (ПНЗ) отмечено самое большое количество анатомических перестроек хвои, способствующих выживанию сосны в экстремальных условиях.

## Список литературы

1. Баранник Л. П., Николайченко В. П. Лесная фитомелиорация техногенных земель в Кузбассе // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – Кемерово, 2006. – № 5. – С. 45-47.
2. Бендер Ольга Григорьевна. Морфо-анатомические и ультраструктурные характеристики хвои сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) в Горном Алтае: дис. ... канд. биол. наук. – Томск, 2003. – 122 с.
3. Буинова М. Г. Анатомия и пигменты листа растений Забайкалья. – Новосибирск: Наука, 1988. – 96 с.
4. Егорова Н. Н., Кулагин А. А. Анатомическое строение ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в экстремальных лесорастительных условиях // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. – 2006. – № 6. – С. 38-48.
5. Зотикова А. П., Бендер О. Г., Собчак Р. О., Астафурова Т. П. Сравнительная оценка структурно-функциональной организации листового аппарата хвойных растений на территории г. Горно-Алтайска // Вестник ТГУ. – 2007. – № 299 (1). – С. 197-200.
6. Соболева О. М. Эколого-физиологическая адаптация сосны обыкновенной на урбанизированных территориях Кемеровской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Кемерово, 2009. – 17 с.
7. Чибрик Т. С., Батурин Г. И. Биологическая рекультивация нарушенных промышленностью земель. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2003. – 36 с.
8. Nuhoglu Y. The harmful effects of air pollutants around the Yenikoy thermal power plant on architecture of Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) needles // J Environ Biol. – 2005. Vol. 26. – P. 315-322.

## Рецензенты:

Седельникова Л. Л., д-р биол. наук, старший научный сотрудник, Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск.

Заушинцена А. В., д-р биол. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово.