

DOI: 10.12737/article_5d4831c4b1e7f8.05899442

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

С. Н. РУСАК, И.И. ВАРЛАМ, К.В. КАЗАРЦЕВА

*БУ ВО «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1,
Сургут, Россия, 628400*

Аннотация: в настоящей статье проанализировано состояние хвойных растений на примере сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающих на территории с разной экологической нагрузкой: городские лесопарковые зоны, пригородные леса и в условиях слаборащенной территории проектируемого памятника природы регионального значения «Тундринский Бор» Сургутского района ХМАО-Югры. Приведены показатели содержания основных фотосинтетических пигментов в хвое сосны в условиях городской лесопарковой зоны в сравнении с хвойными растениями слаборащенной (фоновой) территории. Физиологическое состояние растений можно оценивать по степени активности фотосинтетического аппарата, который напрямую связан с пигментным составом и накоплением биомассы хвои, а также содержанием микроэлементов.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris*, пигментная активность, хлорофилл.

ENVIRONMENTAL CONDITION OF THE PINE ORDINARY IN THE CONDITIONS OF URBANIZED NORTHERN TERRITORIES

S.N. RUSAK, I.I. VARLAM, K.V. KAZARTSEVA

Surgut state University, Lenin pr., 1, Surgut, Russia, 628400

Abstract. This article analyzes the state of coniferous plants on the example of ordinary pine (*Pinus sylvestris* L.) growing in areas with different environmental pressures: urban forest park zones, suburban forests and in conditions of weakly disturbed territory of the projected nature monument of regional significance “Tundrinsky Bor” in the Surgut district of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug- Ugra. The indices of the content of the main photosynthetic pigments in pine needles in the conditions of the urban forest park zone in comparison with the coniferous plants of the weakly disturbed (background) territory are given. The physiological state of plants can be assessed by the degree of activity of the photosynthetic apparatus, which is directly related to the pigment composition and the accumulation of biomass of needles, as well as the content of trace elements.

Key words: *Pinus sylvestris*, pigment activity, chlorophyll.

Введение. Традиционно считается, что пигменты занимают центральное место в фотосинтезе, обеспечивая поглощение и запасание солнечной энергии. К настоящему времени детально исследованы спектральные свойства и биосинтез основных фотосинтетических пигментов, разработана концепция антенных комплексов и реакционных центров, выявлены фундаментальные механизмы фотосинтеза. Процессы фотосинтеза являются наиболее чувствительными физиологическими реакциями растений к внешним стрессовым воздействиям, в этой связи фотосинтетические характеристики пигментной системы могут рассматриваться как некоторые индикаторы общего состояния

растительного организма [2, 6]. В условиях северных территорий фотосинтетическая система растений испытывает дополнительное напряжение, произрастая на бедных и кислых почвах, при недостатке тепла, резких суточных и сезонных перепадах температуры, своеобразном световом режиме.

Целью настоящей работы послужило выявление экологического состояния пигментного комплекса в хвое сосны обыкновенной, произрастающей в условиях различной антропогенной нагрузки.

Общими чертами климата Западно-Сибирской равнины являются: отрицательный радиационный баланс, интенсивная циклоническая деятельность, общая неустойчивость и изменчивость

погоды, резкие колебания метеорологических факторов. ХМАО относится к гипокомфортным территориям с умеренно суровым климатом, с интенсивным природным и нарастающим антропогенным прессингом на здоровье людей. Основным неблагоприятным фактором зимой является холод, а летом – интенсивная ветровая деятельность. Лесная растительность представлена в основном темнохвойными и светлохвойными лесами. Сосняки встречаются на песчаных и супесчаных сильноподзолистых почвах и приурочены к повышенным участкам рельефа. Наиболее распространенные типы сосновых лесов в ХМАО – сосняки лишайниковые и кустарничково-зеленомошные [3, 6].

2. Объект и методы исследования.

Объектом данного исследования являлась хвоя сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*). Сбор материала производили в летний период на территории городских лесопарковых зон г. Сургута, в пригородной черте (п. Барсово, на расстоянии 17 км в западном направлении от г. Сургута), а также в условиях слабонарушенной территории проектируемого памятника природы регионального значения урочища «Тундринский Бор», расположенного на

западе Сургутского района Ханты-Мансийского автономного округа, в среднем течении реки Оби, в 55 км западнее города Сургута. Выделение биологических образцов проведено по периферии среднего яруса хорошо освещенного участка кроны, соответствовало требованиям ГОСТ 27262-87 [1]. Камеральный этап опыта проведен на базе лаборатории экологического мониторинга «Сургутского государственного университета». Для морфологического определения загрязнения атмосферного воздуха использовалось состояние хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*) [4]. Выполнен спектрофотометрический анализ, признанный вполне корректным инструментом выявления количественных характеристик и структуры пигментного состава листового аппарата и хвои. Использовали спектрофотометр СФ-56, вытяжки пигментов в 96 % этаноле при длинах волн, соответствующих максимумам поглощения: хлорофилла-а (665 Нм), хлорофилла-в (649 Нм), каротиноидов (470 Нм). Статистический анализ фактических данных выполнен в электронных таблицах Excell и Statistica.

Таблица 1

Состояние двухлетней хвои и содержание зеленых пигментов в растительных образцах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*), произрастающих на территории с разной экологической нагрузкой

Пигменты	ПП1	ПП2	ПП3	ПП4	КПП
	$\bar{C} \pm \Delta$, мг/г сухого веса				
Cl_a	1,04 ± 0,04	1,01 ± 0,04	1,04 ± 0,04	*1,17 ± 0,04	*0,47 ± 0,05
Cl_b	0,54 ± 0,01	0,53 ± 0,02	0,51 ± 0,01	*0,69 ± 0,02	*0,32 ± 0,04
$Cl_a + Cl_b$	1,58 ± 0,05	1,54 ± 0,05	1,55 ± 0,05	*1,86 ± 0,05	*0,79 ± 0,04
$K = \frac{Cl_a}{Cl_b}$	1,93:1,0	1,91:1,0	2,04:1,0	1,70:1,0	1,47:1,0
$\frac{\text{здоровая}}{\text{пятна} \div \text{усыхание}}$	Состояние хвои: здоровая, с пятнами, с усыханием (%)				
	$\frac{55,0}{40,5 \div 4,5}$	$\frac{14,5}{82,0 \div 3,5}$	$\frac{18,5}{80,0 \div 1,5}$	$\frac{85,5}{14,5 \div 0}$	$\frac{92,3}{7,7 \div 0}$

*Примечание: где ПП1 – парк «Нефтяник» г. Сургута; ПП2 – парк «Энергетик» г. Сургута; ПП3 – парк «Сайма» г. Сургута; ПП4 – «Барсова гора» пригородная зона г. Сургута; КПП – «Тундринский бор», Сургутский район. Cl_a – содержание хлорофилла «а»; Cl_b – содержание хлорофилла «b»; $Cl_a + Cl_b$ – содержание суммарного хлорофилла а и b; \bar{C} – среднее содержание; $\pm \Delta$ - доверительный интервал.

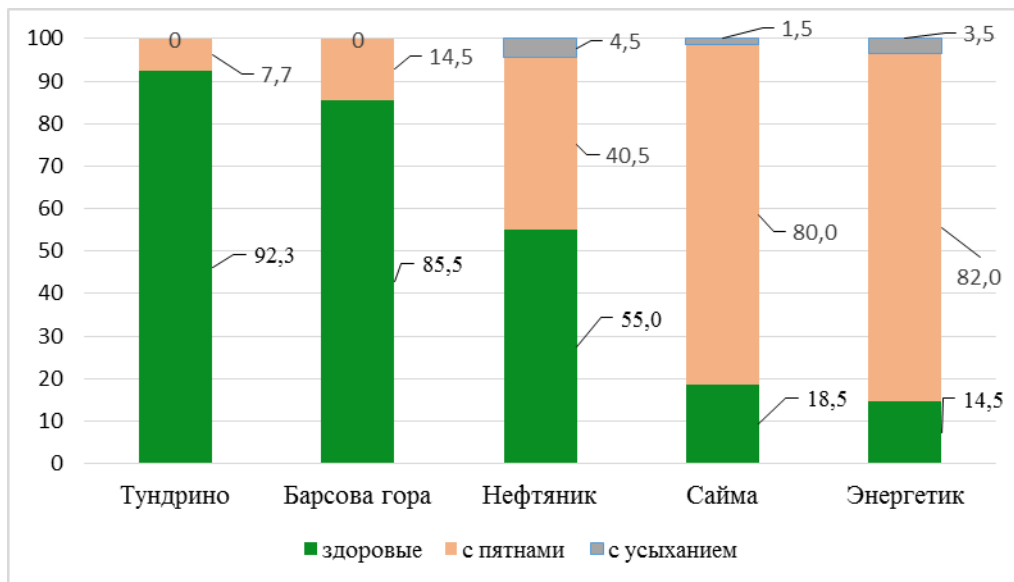


Рис. 1. Состав хвои (%) *Pinus sylvestris* по видам повреждения

Результаты исследований и их обсуждение. Как показали проведенные исследования (Таблица 1), жизненное состояние двухлетней хвои сосны (по показателям частоты встречаемости хлорозов и некрозов, %) на территории городских лесопарковых зон существенно хуже (Рис. 1), в сравнении с пригородной зоной и фоновым участком. Весьма показательным является и факт расположения городских парков относительно близости к городским автомагистралям, к примеру парк «Нефтяник» и «Энергетик» располагаются в обрамлении автомобильных дорог с высокой интенсивностью движения, что оказывает более значительное техногенное воздействие на состояние, так доля здоровой, без видимых повреждений хвои составляет всего 15-18%, в то время как для лесов пригородной зоны и слабонарушенной территории эта доля возрастает до 85-92%.

Содержание зеленых пигментов (хлорофилл, формы «a» и «b») в хвое сосны пригородной территории (ПП4), равно как и фонового участка (КПП), достоверно отличается от городских лесопарковых зон (Таблица 1). Такое различие в уровне накопления фотопигментов, очевидно, связано с повышенным внешним стрессовым воздействием на физиологические реакции растений, что подтверждает рис. 1,

согласно которому наиболее «чистой» зоной является территория «Барсовой горы» и урочища «Тундринский Бор». Состояние хвои сосны обыкновенной в парке «Энергетик» гораздо хуже, чем в остальных исследуемых парках г. Сургута.

Показателей общей устойчивости и степени сформированности фотосинтетического аппарата растений, определяемый как соотношение форм хлорофиллов «a» и «b» в листьях (хвое), в норме этот показатель может соответствовать диапазону значений от 2,0 до 3,0 [7, 8]. В нашем исследовании, отношение хлорофилла «a» к хлорофиллу «b» примерно одинаковое и находилось в диапазоне значений от 1,91:1,0 до 2,04:1,0 для городских зон, для пригородной территории 1,70:1,0, для фонового участка «Тундринский бор» 1,47:1,0. Очевидно такое различие, связано с условиями произрастания: сомкнутость крон, освещенность и пр.

Долевой вклад хлорофилла «a» вдвое больше хлорофилла «b» и составил: для парка «Нефтяник» и парка «Энергетик» хлорофилл «a» – 66%, хлорофилл «b» – 34%; для парка «Сайма» хлорофилл «a» – 67%, хлорофилл «b» – 33%; для «Барсова гора» пригородная зона г. Сургута хлорофилл «a» – 63%, хлорофилл «b» – 37%; для «Тундринский бор», Сургутский район хлорофилл «a» – 59%, хлорофилл «b» – 41%.

Выводы. Устойчивое функционирование хвойных растений на севере в условиях различных антропогенных нагрузок сохраняется благодаря физиологическим адаптациям в фотосинтетических характеристиках пигментной системы. Так при повышении внешних стрессовых воздействий, которые отмечаются в морфологическом описании хвои, суммарное накопление фотосинтетических пигментов в растительных образцах выше, чем на ненарушенных территориях.

Способность адаптироваться хвойных растений на севере сохраняется благодаря изменениям в структурной организации клеток и клеточных органелл ассимиляционного аппарата, которая прослеживается в показателе общей устойчивости фотосинтетического аппарата и долевого вкладе форм хлорофилла «a» и «b».

Литература

- ГОСТ 27262-87. Корма растительного происхождения. Методы отбора проб. // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200024371>
- ГОСТ 56166-2014. Качество атмосферного воздуха. Метод определения экологических нормативов на примере лесных экосистем. – М.: Стандартинформ, 2014.
- Зуевский, В.П. Окружающая среда и здоровье населения Ханты-Мансийского автономного округа: монография / В. П. Зуевский, А. В. Карпин, В. Н. Катюхин. – Сургут: Изд-во СурГУ, 2001. – 71 с.
- Мелехова О. П. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирования./ под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Егоровой. – М.: Академия, 2006. – 269 с.
- Русак, С.Н. Фотосинтетические пигменты сосны сибирской (*Pinus sibirica* du tour) в биоиндикации условий окружающей среды / С.Н. Русак, И. И. Варлам, И. В. Кравченко, К. В. Казарцева // Проблемы региональной экологии – 2018. – №3. – С.6-12.
- Тарусина, Е.А. Экологическая характеристика пригородных лесов г. Сургута / Е. А. Тарусина, Л. Ф. Шепелева, И. О. Соборнова // Сб. науч. Тр. Вып. 20: Естественные науки / Сургут. гос. ун-т. – Сургут: Изд-во СурГУ, 2004. – С. 67-82.
- Титова, М.С. Динамика фотосинтезирующей активности хвои *Picea ajanensis* и *Picea Smithiana* в условиях зелёной зоны г. Уссурийска / М. С. Титова // Вестник ИРГСХА. – 2013. – С. 47 – 53.
- Филимонова, М.В. Пигментный аппарат *Pinus sulvestris* L. Барсовой горы в зависимости от загрязнения среды обитания / М.В. Филимонова, И.В. Кравченко, С.Н. Русак // Хвойные бореальные зоны. – 2013 – Том XXXI №3-4. – С. 82-88.

References

- GOST 27262-87. Feed of plant origin. Sampling methods. // [Electronic resource] - Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/1200024371>
- GOST 56166-2014. Air quality. The method of determining environmental standards on the example of forest ecosystems. - M.: Standardinform, 2014.
- Zuevsky, V.P. Environment and public health of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug: monograph / V.P. Zuevsky, A.V. Karpin, V.N. Katyukhin. - Surgut: Publishing house of SurGU, 2001. - 71 p.
- Melekhova O. P. Biological control of the environment. Bioindication and biotesting. / Ed. O.P. Melekhova and E.I. Yegorova. - M.: Academy, 2006. - 269 p.
- Rusak. S.N. Fotosinteticheskiye pigmenty sosny sibirskoy (*Pinus sibirica* du tour) v bioindikatsii usloviy okruzhayushchey sredy / S.N. Rusak. I. I. Varlam. I. V. Kravchenko. K. V. Kazartseva // Problemy regionalnoy ekologii – 2018. – №3. – S.6-12.13
- Tarusina, E.A. Ecological characteristics of suburban forests of Surgut / E. A. Tarusina, L. F. Shepeleva, I. O. Sobornova // Coll. nooch Tr. Issue 20: Natural Sciences / Surgut. state un-t - Surgut:

Publishing house of SurGU, 2004. - p. 67-82.

7. Titova, M.S. The dynamics of the photosynthetic activity of the needles of *Picea ajanensis* and *Picea Smithiana* in the conditions of the green zone of the city of Ussuriysk / M.S. Titova // Vestnik IRSHA. - 2013. - p. 47 - 53.
8. Filimonova. M.V. Pigmentnyy apparat *Pinus sulvestris* L. Barsovoy gory v zavisimosti ot zagryazneniya sredy obitaniya / M.V. Filimonova. I.V. Kravchenko. S.N. Rusak // Khvoynnye borealnyye zony. – 2013 – Tom XXXI №3-4. – S. 82-88.