

### СТРУКТУРНАЯ РЕАКЦИЯ ЛИСТА И ОДНОЛЕТНЕГО СТЕБЛЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (PINUS SYLVESTRIS L. (PINACEAE L.)) НА СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ САХАЛИНА

На примере культур сосны обыкновенной, произрастающих в разных условиях, выявлено негативное влияние комплекса факторов, обусловленных близостью моря. Вместе с тем выявлена устойчивость некоторых адаптивных признаков для сосны из разных участков.

**Ключевые слова:** структурная реакция, экологические факторы, анатомия, хвоя, однолетний стебель, кора, древесина.

I.I. Vlasova

### SCOTCH PINE (PINUS SYLVESTRIS L. (PINACEAE L.) LEAF AND ANNUAL STALK STRUCTURAL REACTION ON THE ENVIRONMENTAL SPECIFIC FACTORS IN THE SAKHALIN CONDITIONS

The factors complex negative effect caused by the proximity to the sea on the example of Pinus Sylvestris L. (Pinaceae L.) is revealed. At the same time some adaptive characteristics stability for pines from different sites is shown.

**Key words:** structural reaction, environmental factors, anatomy, needles, annual stalk, bark, wood.

Сосна обыкновенная [Урусов В.М., 2004] – “бореальный ценоэлемент континентального и резко континентального климата”. Дальний Восток обладает оптимальными условиями среды для произрастания сосны обыкновенной [8]. Сахалинская область имеет на своей территории экотопы с такими условиями, но в силу своего островного положения все же является уникальной. В связи с этим необходимо установить соответствие условий мест произрастания биологическим требованиям сосны обыкновенной и реакцию вегетативных органов на факторы среды.

Сахалинская область в силу своего островного положения и орографического строения обладает рядом специфических характеристик: муссонный климат, преобладание рассеянной радиации над прямой; высокая влажность воздуха и др. Учитывая особенности региона и биологические особенности растений, на острове Сахалине можно выращивать высокопродуктивные лесные фитоценозы, в том числе и сосновые.

**Цель исследования.** Выявить влияние специфических факторов среды на культуры сосны обыкновенной, произрастающие в различных условиях обитания на Сахалине.

**Задачи исследования.** Сравнить и проанализировать некоторые морфологические и анатомические параметры сосны обыкновенной из разных районов острова.

Результаты исследования позволят более полно использовать экологические условия для выращивания сосны на Сахалине и экологически обоснованно производить подбор лесокультурных площадей, что обеспечит формирование высокопродуктивных насаждений.

**Материал и методика исследования.** Сбор материала и описание производили на четырех участках, основные таксационные показатели культур которых приводятся в таблице 1. Для сравнения анатомических показателей особей из естественного фитоценоза, образованного сосной обыкновенной, произрастающей в европейской части, были взяты образцы из Белоруссии (Брест).

Таблица 1

Характеристика основных таксационных показателей

Участок	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Средний прирост в высоту, см	Полнота	Первоначальная густота, тыс. шт/га	Густота на время исследования, тыс. шт/га	Запас стволовой древесины, м <sup>3</sup> /га	Возраст, лет
1. Ноглики	13.0	9.5	31.7	0.9-1.0	10	5.5	120	30
2. Первомайское	16	13,4	33,5	0.8	4.8	1.8	170	40
3. Пригородное	13.3	9	33	0.8	10	4	115	27
4. Углезаводск	24.3	21.8	45	1.0	5	3.5	350	56

Участок № 1 расположен на восточном побережье северной части Сахалина, на равнинной местности в 10–12 км от моря, примерно на высоте над уровнем моря не более 50 м, в окрестностях пос. Ноглики. Тип леса: сосняк разнотравный. Характерные особенности района: наибольшая в пределах острова изменчивость температуры воздуха, избыточное увлажнение почвы и развитие болот.

Участок № 2 находится в центральной части Сахалина, в окрестностях пос. Первомайское Смирныховского района. Участок находится под защитой Восточно-Сахалинских гор и является наиболее защищенным от влияния моря из исследованных. Тип леса: сосняк зеленомошный горный. Характерные особенности условий произрастания: наиболее континентальные черты климата.

Участок № 3 располагается в самой южной части Сахалина, на западном побережье залива Анива, в одном километре от моря, на склоне южной экспозиции, с уклоном в 10°, в окрестностях комплекса Пригородное. Сосняк зеленомошно-мелкотравный. Характерные особенности условий произрастания: комплекс факторов, обусловленных близостью моря, ранневесенние оттепели.

Участок № 4 находится в северной части Сусунайской долины, которая располагается на юге Сахалина. Культуры созданы на склоне юго-западной экспозиции, с уклоном в 5–7°, в 25 км от моря, в окрестностях пос. Углезаводска. Сосняк папоротниково-бамбучковый. Высота над уровнем моря – 60–70 м. Характерные особенности условий произрастания: горные хребты предохраняют долину от воздействия холодного морского воздуха; в силу своего местоположения здесь наблюдаются наибольшие температурные контрасты по сравнению с побережьями Сахалина, туманы наблюдаются реже; гидротермальный режим на этом участке оптимален для сосны обыкновенной.

В таблице 2 даны параметры основных показателей климатических условий, в которых находятся исследованные фитоценозы. Первый участок относится к северной климатической области, второй участок расположен в Центрально-Сахалинской климатической области, два последних относятся к Южно-Сахалинской климатической области острова Сахалина.

Таблица 2

**Сравнительная характеристика климатических областей**

Климатический показатель	Климатическая область		
	Северо-Сахалинская климатическая область	Центрально-Сахалинская климатическая область	Южно-Сахалинская климатическая область
Суммарная солнечная радиация, кДж/см <sup>2</sup>	410-419	427-435	Более 452
Средняя температура января, °С	-19.9	-19.5	-13.8
Средняя температура августа, °С	14	16.4	17.3
Весенний переход t° через 0°,	09.05	15.04	09.04
Осенний переход t° через 0°,	25.10	27.10	08.11
Продолжительность безморозного периода, дней	168	194	212
Средняя дата образования снежного покрова	02.11	06.11	22.11
Средняя дата схода снежного покрова	18.05	10.05	29.04
Годовое количество осадков, мм	546	608	753
Среднее количество дней с туманом, дней	85	47	52
Среднее количество дней с метелью, дней	65	19	32
Повторяемость пасмурного неба по общей облачности в январе, %	37-50	37-69	52-79
Повторяемость пасмурного неба по общей облачности в августе, %	58-70	62-69	66-69
Длина дня зимой, ч	8	8.5	9
Длина летом, ч	16	15.5	15

Анализ условий обитания свидетельствует, что участок № 3 находится под более жестким влиянием факторов, обусловленных близостью моря. Участок № 1 расположен в северной климатической области острова, обладающей наиболее неблагоприятными условиями гидротермального режима. Участки № 2 и 4 находятся в условиях, в которых влияние указанных выше факторов минимизировано.

На каждом участке произведены глазомерно-инструментальная таксация, описание пространственной и видовой структуры и отбор модельных деревьев. Высоту деревьев измеряли при помощи маятникового высотомера Макарова, диаметр – при помощи мерной вилки, возраст деревьев подсчитывали по муткам и годичным кольцам ветровальных и спиленных деревьев. При оценке состояния культур учитывали продолжительность жизни хвои, ее состояние и размеры; величину годичного прироста, наличие фауных и ветровальных деревьев. Выявляли первоначальную густоту и современное количество деревьев на 1 га. Закладку пробных площадей осуществляли с учетом требований, принятых в лесостроительных работах [6, 10, 12]

Отбор микрообразцов для анатомического анализа производили из средней части хвои (от 25 деревьев) и однолетних стеблей (от трех деревьев) в период покоя камбия. Модельные деревья не имели признаков внешнего повреждения вредителями и болезнями. Поперечные и продольные срезы для анатомического исследования изготавливали на санном микротоме с замораживающим столиком. Постоянные препараты готовили по методике, общепринятой в анатомии растений [1, 11]. Срезы окрашивали сафранином и нильским синим регрессивным способом, с проводкой через спирты разной концентрации, карбол-ксилол и ксилол. После проводки срезы заливали канадским бальзамом. Анализ препаратов, микрофотографирование и измерения производились на световом микроскопе Axioskop 40 с программным обеспечением AxioVision Rel. 4.8. Обработку результатов осуществляли методом вариационных рядов, для которых определяли показатели: среднюю величину  $M_{cp}$ , среднее квадратичное отклонение  $G$ , коэффициент вариации  $s$ , ошибку средней величины  $m_{M_{cp}}$ , показатель точности  $p$ . В случае необходимости определяли степень достоверности различий между средними  $t$ .

**Результаты исследования.** Результаты измерений анатомических показателей однолетних стеблей и хвои сосны обыкновенной приведены в таблице 3. В данную таблицу для сравнения включены количественные показатели измерений образцов из Белоруссии (Брест).

Таблица 3

## Характеристика анатомических показателей

Показатель	Ноглики	Первомай- ское	Приго- родное	Углеза- водск	Брест
1	2	3	4	5	6
Однолетний стебель					
Радиальный размер клеток, мкм: эпидермы гиподермы	19.5±0.6	23±1.15	25,6±1.0	16.0±0.9	18±0.55
	50±3	31,6±1.9	43,2±3.2	36.7±2.4	40±1.7
Толщина стенок клеток, мкм: гиподермы эпидермы	2.2±0.09	3,6±0.34	2,7±0.14	4.3±0.13	1.9±0.09
	7.8±0.3	8,2±0.5	8,4±0.34	5.9±0.13	6±0.17
Ширина, мкм: перидермы коры древесины	140±3.8	124,6±4.44	121±6	140±3.6	93±3.34
	1262±46	1671±65	880±36	1312±58	873±31
	1611±30	1202±53	570±19.4	1008±20	1268±24
Диаметр клеток паренхимы, мкм	40±1.4	49±1.6	38±1.34	47±1.56	39±1.6
Соотношение, мкм: - ширины коры к древесине - ширины паренхимы первичной коры к коре - клеток флоэмы и ксилемы в радиальном ряду	0.78	1.39	1.54	1.3	0.68
	0,63	0,64	0,61	0,66	0,5
	0.21	0.25	0.28	0.22	0.28

1	2	3	4	5	6
Однолетняя хвоя					
Радиальный размер клеток, мкм: эпидермы гиподермы	18,1±1.3	18±1.0	34,3±3.0	19,2±1,1	13±0.3
	10,1±0.7	9,9±0.76	11,8±0.4	6,5±0.47	9,4±0.36
Диаметр смоляных ходов на поперечном срезе, мкм	70±2.4	60±2.1	59±2.5	63.5±1.8	42.5±1.6
Толщина хвои, мкм	771±9	835±11.2	801±21	864±9	649±7.5
Ширина хвои, мкм	1697±19	1890	1526±59	1814±16	1298±14.5
Толщина стенок клеток, мкм: замыкающих эпидермы гиподермы	11±0.4	5.8±0.5	7.4±0.3	15.1±0.7	9.5±0.4
	6,3±0.36	6,5±0.3	8.3±0,5	5.7±0.24	4,5±0.2
	3,4±0.25	2,3±0.3	2,1±0.1	2.2±0.1	2,9±0.23
Ширина мезофилла, мкм	170,7±14	166,4±9.3	158,6±11	203±11.4	168,5±41
Соотношение: - ширины мезофилла к толщине хвои - клеток флоэмы и ксилемы в радиальном ряду	0.22	0.2	0.2	0.23	0.26
	1.07	0.96	1.05	1.24	1.24

Из таблицы 3, характеризующей анатомические показатели, следует, что в стебле и хвое растений, подвергающихся действию морского ветра (Пригородное), лучше развиты защитные структуры: эпидерма, гиподерма, перидерма. Такая же тенденция наблюдается и у растений, произрастающих в северном участке (Ноглики). Защитные структуры однолетнего стебля и хвои сосны из Белоруссии лишь в некоторых случаях имеют показатели меньше (толщина клеточных стенок гиподермы и эпидермы, ширина перидермы), чем сахалинские, а иногда даже и большие, например, по сравнению с образцами из Углезаводска. А размер клеток паренхимы первичной коры (ассимиляционной ткани) в однолетнем стебле больше у растений, обитающих в защищенных от ветра участках (Первомайское и Углезаводск). В этом отношении показатели образцов с материка примерно одинаковы с наихудшими из исследованных сахалинских (Пригородное и Ноглики). Эта реакция растений закономерна, что подтверждают проведенные ранее исследования [2–4]. Однако естественный фитоценоз из Белоруссии находится в более благоприятных условиях, на что указывают коэффициенты соотношения количества клеток флоэмы к таковому в ксилеме однолетнего стебля. Известно, что в неблагоприятных условиях соотношение клеток флоэмы и ксилемы в радиальном ряду в стебле может достигать 1.0 [5]. В однолетней хвое этот показатель имеет обратную закономерность, т.е. он больше единицы, причем для естественного фитоценоза из Белоруссии и культур из Углезаводска, лучшего по большинству характеристик (табл. 2, 3), этот показатель одинаков – 1.24. Выявлена интересная закономерность соотношения ширины паренхимы первичной коры к ширине коры в однолетнем стебле – для растений с сахалинских районов этот показатель варьирует в небольшом диапазоне (0.61–0.66), а для Белоруссии он равен 0.5. Если брать во внимание, что паренхима первичной коры, в том числе, выполняет функцию фотосинтеза, то островные культуры находятся в более выгодных условиях, обеспечивающих им более высокую продуктивность. Этот показатель является относительно устойчивым для всех сахалинских образцов и отличается для особей из Брестского фитоценоза, что говорит о специфическом комплексе факторов, характерных для островного положения.

Из сравнения достоверности различий (табл. 4) следует, что хорошо различаются показатели тканей, выполняющих функции защиты. Большинство показателей образцов из Бреста достоверно отличаются в той или иной степени по сравнению с показателями сахалинских участков. Между деревьями сахалинских участков достоверность различий неоднозначна, но вполне объяснима: островные условия находятся под действием муссонного климата, обладающего на каждом участке специфическими чертами.

## Достоверность различий между количественными показателями растений разных участков

Сравниваемые пары	Модуль достоверности различий между средними $t$								
	Однолетний стебель						Однолетняя хвоя		
	Радиальный размер клеток		Толщина клеточных стенок		Ширина		Ширина мезофилла	Толщина клеточных стенок	
	Эпидермы	Гиподермы	Эпидермы	Гиподермы	Перидермы	Коры		Эпидермы	Гиподермы
Ноглики–Первомайское	2.6	5.6	0.72	4.1	2.6	4.2	0.25	0.4	3.8
Ноглики–Пригородное	5.2	1.45	1.25	3.2	2.6	6.5	0.7	3.1	4.5
Ноглики–Углезаводск	3.1	3.4	6.1	12.9	0.03	0.7	1.9	1.4	11.4
Ноглики–Брест	1.8	2.9	5.1	1.8	9.2	7	0.05	4.1	1.4
Первомайское–Пригородное	1.8	3.0	0.3	2.5	0.5	9.1	0.5	2.9	0.95
Первомайское–Углезаводск	4.8	1.7	4.7	1.8	2.7	3.4	2.6	2.1	14.2
Первомайское–Брест	3.9	3.2	4.1	4.9	5.7	9.4	0.05	5.1	2.3
Пригородное–Углезаводск	6.8	0.9	5.8	4.7	4.0	0.2	2.9	4.5	14.6
Пригородное–Брест	7.2	2.4	6.7	1.6	2.7	6.3	0.2	6.6	3.0
Углезаводск–Брест	1.9	1.0	1.0	14.4	9.4	6.7	0.8	3.5	12.4

Из таблицы следует, что достоверность различий подтверждает исследования: по большинству показателей различия достоверны между образцами из участков, находящимися в неблагоприятных и благоприятных условиях, и недостоверны, если образцы относятся к участкам, которые находятся примерно в одинаковых условиях по интенсивности влияния факторов.

Изменение в анатомических показателях хвои и однолетних стеблей при ухудшении условий (увеличение параметров защитных тканей и уменьшение ассимилирующих) подтверждается внешним состоянием деревьев. Неблагоприятное влияние близости моря обусловлено явлением физиологического иссушения, которое проявляется в пожелтении и раннем опадении хвои. Усиление транспирации, когда корни еще не в состоянии всасывать воду из почвы, обуславливает пожелтение хвои, уменьшение степени развития ассимиляционной ткани, сокращает сроки жизни хвои. Это влечет за собой снижение интенсивности накопления биомассы и, как следствие, снижение роста деревьев. Подобное явление наблюдается на побережье Кольского полуострова [7]. На тканевом уровне это проявляется уменьшением абсолютного значения ширины мезофилла в хвое и паренхимы первичной коры в однолетних стеблях, что видно из результатов нашей работы. Относительная же ширина мезофилла меняется в небольшом диапазоне, на это указывает недостоверность различия этого показателя в однолетней хвое между образцами из разных участков, что говорит, по-видимому, об устойчивости этого признака и подтверждается показателем соотношения толщины мезофилла к толщине хвои. Что же касается ухудшения состояния культур из северного участка (Ноглики), который находится довольно далеко от моря, то это объясняется, очевидно, явлением физиологической засухи, которая возникает часто у растений, находящихся в условиях избыточного увлажнения и низких температур почвы [9].

## Выводы

1. На основании полученных результатов полагаем, что на Сахалине возможно создание *продуктивных* культур сосны обыкновенной.

2. Наиболее благоприятными условиями для создания культур сосны обыкновенной обладают такие местообитания, которые защищены от действия морских ветров (как на Среднем Сахалине, так и в районах Южного Сахалина, защищенных хребтами). При создании культур необходимо учитывать элементы микро-рельефа, экспозицию склона, так как чаще всего на склонах, обращенных к морю, и на южных и юго-западных склонах, подверженных солнцепёку, хвоя «выгорает» ранней весной.

## Литература

1. Барыкина Р.П. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 312 с.
2. Власова И.И., Еремин В.М., Копанина А.В. Сравнительная оценка состояния культур сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) отдельных территорий юга острова Сахалин // Состояние лесов Дальнего Востока и актуальные проблемы лесопользования: мат-лы Всерос. конф. с междунар. участием. – Хабаровск: Изд-во ДальНИИЛХа, 2009. – С. 179.
3. Власова И.И., Еремин В.М., Копанина А.В. Культуры сосны обыкновенной на Сахалине // Известия Самарского НЦ РАН. – Самара, 2010. – Т. 12, № 1(3). – С. 863–866.

4. Власова И.И., Копанина А.В. Сравнительная характеристика анатомического строения *Pinus sylvestris* L. из разных районов острова Сахалин // Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз: сб. мат-лов V Сахалинской молодеж. науч. школы (8–11 июня 2010) / отв. ред. О.Н. Лухачева. – Южно-Сахалинск: Изд-во ИМГиГ ДВО РАН, 2011. – С. 307–314.
5. Ерёмин В.М., Сивак С.В. О влиянии географического положения на анатомическую структуру коры лиственницы даурской // Лесн. журн. – 1978. – №4. – С. 32–37.
6. Ефимов Н.В. Справочник таксатора. – Хабаровск: Гослесбумиздат, 1955. – 205 с.
7. Казаков Л.А., Чамин В.А. Повреждение хвои сосны в результате физиологического иссушения на побережье Белого моря // Структурно-функциональные исследования растений в приложении к актуальным проблемам экологии и эволюции биосферы: тез. докл. науч. чтений памяти профессора А.А. Яценко-Хмелевского. – СПб.: Изд-во Ботан. ин-та им. В.Л. Комарова, 2009. – С. 22.
8. Кузьмина Н.А., Кузьмин С.Р. Дифференциация сосны обыкновенной по росту и выживаемости в географических культурах Приангарья // Хвойные бореальной зоны. – 2004. – Т.25, № 1–2. – Вып. 2. – С. 48–56.
9. Кузнецов Вл.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. – М.: Высш. шк., 2005. – 736 с.
10. Полевой справочник таксатора. – Л.: Гослесбумиздат, 1958. – 251 с.
11. Прозина М.Н. Ботаническая микротехника. – М.: Изд-во МГУ, 1960. – 206 с.
12. Сергеев П.Н. Лесная таксация. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1953. – 311 с.
13. Урусов В.М., Лобанова И.И., Варченко Л.И. Хвойные деревья и кустарники российского Дальнего Востока: география и экология. – Владивосток: Дальнаука, 2004. – 111 с.



УДК 630+574.4

Л.Н. Скрипальщикова, В.В. Стасова,  
А.И. Татаринцев, М.А. Пляшечник

#### АККУМУЛЯЦИЯ ТЕХНОГЕННОЙ ПЫЛИ БЕРЕЗНЯКАМИ РАЗНОТРАВНЫМИ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗВЕСТНЯКОВЫХ КАРЬЕРОВ г. КРАСНОЯРСКА

В статье приведены уровни пылевых нагрузок на березняки разнотравные, произрастающие под влиянием известняковых карьеров г. Красноярск и в фоновых условиях. Определены количественные характеристики аккумуляции тяжелых металлов на поверхности и внутри листьев березы повислой и хвои сосны обыкновенной в исследуемых насаждениях. Выявлены некоторые особенности и закономерности в процессах аккумуляции.

**Ключевые слова:** техногенная пыль, тяжелые металлы, уровни загрязнения, аккумуляция, березняки разнотравные, известняковые карьеры.

L.N. Skripalshchikova, V.V. Stasova,  
A.I. Tatarintsev, M.A. Plyashechnik

#### ANTHROPOGENIC DUST ACCUMULATION BY GRASSY TYPE BIRCH FORESTS IN LIME PITS INFLUENCE ZONE NEAR KRASNOYARSK CITY

The levels of dust accumulation in grassy types birch forests growing under the influence of lime pits near Krasnoyarsk city and in background conditions are given in the article. The quantitative characteristics of heavy metal accumulation on the surface and inside birch leaves and pine needles in the investigated area are determined. The peculiarities and regularities of accumulation processes are revealed.

**Key words:** anthropogenic dust, heavy metals, pollution levels, accumulation, grassy type birch forest, lime pits.

**Введение.** В лесостепных районах Средней Сибири на смену сосновым насаждениям приходят вторичные березовые леса, которые еще в большей степени, чем сосняки, подвержены антропогенному прессу. Установление уровней антропогенного воздействия на березовые леса, продуцирующие в таких условиях, а также изучение их отклика на техногенное воздействие – вопросы, которые являются весьма актуальными для техногенно-урбанизированных территорий. Такой в настоящее время является пригородная зона вокруг г. Красноярск.

**Цель исследований.** Оценить уровни техногенного воздействия на березняки разнотравные, произрастающие в зоне влияния известняковых карьеров, цементного завода и тепловых станций г. Красноярск на основе количественных характеристик аккумуляции пыли и содержания тяжелых металлов в них в сравнении с фоновыми насаждениями.