

2. Role of habitat and landscape in structuring small mammal assemblages in hedgerow networks of contrasted farming landscapes in Brittany, France / *N. Michel* [et al.] // *Landscape Ecol.* – 2007. – Vol. 22. – P. 1241–1253.
3. *Виноградов В.В.* Пространственно-временная организация сообществ мелких млекопитающих Приенисейской части Алтае-Саянской горной страны: моногр. / КГПУ им. В.П. Астафьева. – Красноярск, 2012. – 284 с.
4. *Наумов Н.П.* Изучение подвижности и численности мелких млекопитающих с помощью ловчих канавок // *Вопр. краевой, общей и экспериментальной паразитологии и мед. зоологии.* – 1955. – Т. 9. – С. 179–202.
5. *Полевая геоботаника* / под ред. *Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина.* – М.-Л.: Наука, 1964. – Т. 3. – 530 с.
6. *Пузаченко Ю. Г., Кузнецов Г. В.* Экологическая дифференциация грызунов сезонно-влажных тропических лесов северного Вьетнама // *Зоол. журн.* – 1998. – Т. 77, №1. – С. 117–132.
7. StatSoft Inc. 2001. STATISTICA (data analysis software system), version 6.0. – URL: <http://www.statsoft.com>.
8. *Краскел Дж. Б.* Многомерное шкалирование и другие методы поиска структуры // *Статистические методы для ЭВМ.* – М.: Наука, 1986. – С. 301–348.
9. *Джиллер П.* Структура сообществ и экологическая ниша. – М.: Мир, 1988. – 184 с.



УДК 630.232.582.475

*О.П. Ковылина, Н.В. Ковылин,
А.А. Жихарь, Н.Н. Сычёв*

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И РОСТА ЛИСТВЕННОЙ СИБИРСКОЙ В ЧИСТЫХ И СМЕШАННЫХ ИСКУССТВЕННЫХ ФИТОЦЕНОЗАХ СТЕПИ

В статье представлены результаты исследования сохранности, роста, оценка жизненного состояния чистых и смешанных искусственных фитоценозов лиственницы сибирской в условиях сухой степи.

Ключевые слова: искусственные фитоценозы, лиственница сибирская, чистые фитоценозы, смешанные фитоценозы, сухая степь.

*О.П. Kovylyna, N.V. Kovylin,
A.A. Zhikhar, N.N. Sychev*

THE ASSESSMENT OF SIBERIAN LARCH STATE AND GROWTH IN THE STEPPE PURE AND MIXED ARTIFICIAL PHYTOCENOSIS

*The research results of preservation, growth and life state of the Siberian larch (*Larix sibirica* Ldb.) pure and mixed artificial phytocenosis in dry steppe conditions are presented in the article.*

Key words: artificial phytocenosis, Siberian larch (*Larix sibirica* Ldb.), pure phytocenosis, mixed phytocenosis, dry steppe.

Введение. Значительные территории центральных районов Сибири занимает лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ldb.). Лиственница сибирская произрастает в Сибири от нижнего и среднего течения Оби до Байкала: от тундры на севере до Алтая и Саян на юге. Успешный рост и высокая продуктивность лиственницы – это соответствие ее биологических особенностей экологическим условиям произрастания. Чем полнее удовлетворены биологические особенности и требования лиственницы к условиям жизни, или биология ее соответствует экологии, то есть климатическим, почвенным, фито- и зооценотическим условиям, тем лучше растут образуемые лиственницей лесные насаждения и формируют устойчивые и продуктивные древостои. В засушливых условиях у границы своего ареала в центральных районах Сибири лиственничные леса часто

граничат с сухими степями. С учетом происходящих климатических изменений на планете, которые сопровождается, как и прогнозировали специалисты Межправительственной группы экспертов по изменению климата, усилением экстремальных погодных явлений (жара и засуха летом, морозы и снегопады зимой), возрастает роль лесов, в том числе различных защитных лесных насаждений [5].

Цель исследования заключалась в оценке состояния и роста лиственницы сибирской в чистых и смешанных искусственных фитоценозах степи. В условиях Сибири при создании насаждений наблюдается недостаточное число видов, которые можно использовать как в качестве главных, так и сопутствующих видов. Поэтому существует необходимость в изучении как чистых, так и смешанных фитоценозов, произрастающих в условиях степи достаточно продолжительное время, с разной густотой и схемой смешения. В задачу исследований входило изучение линейных показателей роста, оценка жизненного состояния кроны лиственницы сибирской в чистых и смешанных искусственных фитоценозах, произрастающих в условиях сухой степи.

Программа и методика работ. Программой исследования было предусмотрено изучение чистых и смешанных насаждений лиственницы сибирской в условиях сухой степи. Для получения экспериментального материала заложены постоянные пробные площади. Насаждение таксировали в соответствии с требованиями лесоустроительной инструкции (1995) и требованиями ОСТ 56-69-83. «Площади пробные лесоустроительные». На пробной площади учету подлежали не менее 100 деревьев. Оценка жизненного состояния деревьев по характеристике кроны проводилась с учетом шкалы действующих «Санитарных правил в лесах РФ» [7]. Учет живого напочвенного покрова проводился по общепринятой методике.

Объекты исследования. Исследования проводились в условиях сухой степи. Изучались опытные посадки Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. Одной из хвойных пород, используемых в посадках Ширинской степи, является лиственница сибирская. Чистые насаждения лиственницы сибирской созданы в 1961 году на развитых лугово-солончаковых, супесчаных, маломощных, высокоглеевых почвах, с тройным погребением [6]. Участок расположен на широте – 54°45'15"–54°45'17" и долготе – 89°54'30"–89°54'34". В наветренный опушечный ряд была введена облепиха крушиновая (*Hippophae rhamnoides* L.). В настоящее время участок представляет из себя фитоценоз из 5 рядов лиственницы сибирской, заложенных по схеме 3×0,5 м, с числом деревьев на 1 га 6666 шт. Живой напочвенный покров представлен видами, образующими мощные синузиды, такими видами, как пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski.), полынь холодная (*Artemisia frigida* Willd.), крапива коноплевая (*Urtica cannabina* L.). Также присутствуют и другие степные и сорные виды подмаренник настоящий (*Galium verum* L.), донник лекарственный (*Melilotus officinalis* (L.) Pall.), овсяница овечья (*Festuca ovina* L.), змееголовник двуцветный (*Dracocephalum discolor* Bunge), льнянка обыкновенная (*Linaria vulgaris* Mill.), кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leys.) Holub.), тонконог гребенчатый (*Koeleria cristata* (L.) Pers.), крупка перелесковая (*Draba nemorosa* L.) и др.

Смешанный фитоценоз создан на южном опесчаненном черноземе осенью 1986 года. Пробная площадь расположена на широте – 54°44'38"–54°44'44" долготе – 89°54'23"–89°54'24". Участок представляет собой смешанное 5-рядное насаждение из трех рядов лиственницы, одного наветренного ряда караганы Бунге (*Caragana Bungei* Ledeb.) и одного подветренного ряда смородины золотистой (*Ribes aureum* Pursh.), заложенных по схеме 3×2 м, с числом посадочных мест 2750 шт/ га. Обработка почвы осуществлялась по системе черного пара с учетом, что почва на участке имела высокую уплотненность и засоренность сорняками, в том числе корневищными и корнеотпрысковыми. Общее проективное покрытие составило 60–70 %. В травостое преобладают овсяница овечья (*Festuca ovina* L.), полынь Сиверса (*Artemisia sieversiana* Willd.), тонконог гребенчатый (*Koeleria cristata* (L.) Pers.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leys.) Holub.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski.), ковыль волосатик (*Stipa capillata* L.), липучка прямая (*Lappula stricta* (Ledeb.) Guerke) и др. На обоих участках присутствуют степные, лесостепные и сорные виды, обладающие высокой конкурентной способностью, устойчивые к механическим повреждениям и освещению древесного полога, толерантные к уплотнению почвы и ксерофитизации экотопов.

Результаты исследования. Обследование чистых фитоценозов в биологическом возрасте 41 год показало, что средняя высота в наветренном ряду составила 10,0 м, в подветренном – 12,1 м, средний диаметр в наветренном ряду – 14,2 см, в подветренном – 15,4 см (табл. 1).

Таблица 1

Средние таксационные показатели лиственницы сибирской в искусственном фитоценозе

Показатель	Номер ряда					Средний по участку
	1	2	3	4	5	
Средняя высота, м	10,0	10,0	10,3	11,6	12,1	10,8
Средний диаметр на высоте 1,3 м, см	14,2	11,3	11,7	12,0	15,4	13,2
Средний диаметр кроны, м	2,3	2,2	2,4	1,5	2,9	2,1
Средняя высота очищения от сучьев, м	1,7	1,9	2,4	2,4	2,7	2,0

На Алтае, по данным М.В. Ключникова, Е.Г. Парамонова [3], в возрасте 35 лет деревья лиственницы сибирской имеют высоту 15,0 м при диаметре 19,6 см, а на участке с недоступными для корней грунтовыми водами высота деревьев составила 10,8 м, диаметр ствола – 9,1 см [3]. В степных условиях Западной Сибири на темно-каштановых слабо-солонцеватых почвах в 15 лет лиственница имела среднюю высоту 4,7 м, в 30 лет – 7,0 м [4].

Отношение высоты к диаметру ствола (H/d) также изменяется в зависимости от расположения дерева в фитоценозе: в крайних рядах оно составляет 0,81–0,84, в центральных рядах отношение имеет более высокие значения – 0,90–1,00. Отношение диаметра кроны к высоте и произведение $d^2 \times H$ имеют более низкие показатели внутри фитоценоза – 0,14–0,16 и 0,14–0,18, что объясняется усилением биоценотического влияния деревьев внутри фитоценоза. Средний диаметр кроны в насаждении составляет 2,0 м, средняя площадь проекции кроны 3,9 м². Диаметр кроны во внутренних рядах меньше, чем во внешних на 53,7–86,9 %, площадь проекции кроны в 2–3 раза, площадь поверхности кроны в 2,7–3,9 раз, степень развития кроны на 36,4–76,5 % (табл. 2). Во внешних рядах развивается флагообразная форма кроны.

Таблица 2

Морфологические показатели кроны лиственницы сибирской в чистом искусственном фитоценозе

Номер ряда	D кроны, м	S проекции, м ²	S поверхности кроны, м ²	V кроны, м ³	$\frac{D \text{ кроны}}{H \text{ ствола}}$	$\frac{D \text{ кроны}}{L \text{ кроны}}$	$\frac{L \text{ кроны}}{H \text{ ствола}}$
1	2,52	5,63	101,7	5,73	0,25	0,30	0,83
2	1,59	2,27	37,3	3,41	0,16	0,20	0,81
3	1,64	2,42	37,6	3,36	0,16	0,21	0,77
4	1,53	2,01	36,0	3,62	0,14	0,17	0,79
5	2,86	7,25	140,4	7,16	0,23	0,30	0,78
Средний	2,03	3,92	70,6	4,66	0,19	0,24	0,80

Рассчитана взаимосвязь между высотой и показателями кроны дерева в разных рядах фитоценоза. Установлено, что в первом наветренном и втором рядах наиболее тесная взаимосвязь прослеживается между высотой дерева и протяженностью кроны – $y = 0,0003x^2 + 0,1809x + 7,126$ ($R^2=0,932$) и $y = 0,0021x^2 + 0,1609x + 7,9313$ ($R^2=0,824$); менее тесная связь – между высотой дерева и S поверхности кроны – $y = 0,0005x^2 + 0,1043x + 8,2487$ ($R^2=0,368$) и $y = 7,8692x^0,1079$ ($R^2=0,369$); в третьем и четвертом рядах между $d_{1,3}$ и D кроны – $y = 0,0139x^2 - 0,2983x + 11,922$ ($R^2=0,419$) и $y = 0,0086x^2 - 0,1022x + 10,722$ ($R^2=0,392$); $d_{1,3}$ и S поверхности кроны – $y = 0,0137x^2 - 0,2899x + 11,87$ ($R^2=0,416$) и $y = 0,0093x^2 - 0,1288x + 10,914$ ($R^2=0,384$); в пятом подветренном ряду между $d_{1,3}$ и D кроны – $y = 0,0045x^2 + 0,2159x + 9,5699$ ($R^2=0,836$), $d_{1,3}$ и S поверхности кроны – $y = 0,005x^2 + 0,2021x + 9,6009$ ($R^2=0,859$); H и L кроны – $y = 0,0018x^2 - 0,0092x + 11,517$ ($R^2=0,467$).

Чистые фитоценозы испытывают высокий уровень рекреационной нагрузки, в результате которого происходит вырубка части деревьев и снижение сохранности в насаждении. В возрасте 50 лет сохранность лиственницы в целом по участку составляет 28,1 %. Наименьшая сохранность деревьев наблюдается во 2–3 рядах и составляет 11,1–21,3 %, наибольшая – в первом наветренном ряду – 42,6 %. Во всех рядах есть усохшие и усыхающие деревья. Особенно их много в средних рядах фитоценоза. Обследование насаждений в возрасте 50 лет показало, что за 10 лет произошло снижение сохранности лиственницы и увеличение линейных показателей по высоте и диаметру (табл. 3).

Средняя высота лиственницы сибирской в рядах насаждения увеличилась на 2,0–8,7 %, диаметр на 6,0–15,0 %. По всему участку высота увеличилась в среднем на 3,7 %, диаметр – на 6,8 %. Наибольшие значения диаметра ствола наблюдаются в пятом подветренном ряду. Различия достоверны по диаметру во всех рядах фитоценоза.

Таблица 3

Средние лесоводственно-таксационные характеристики и площадь питания лиственницы в чистом фитоценозе

Показатель	Номер ряда					Средний по участку
	1	2	3	4	5	
Средняя высота, м	10,2	10,3	11,2	11,5	12,9	11,2
Средний диаметр на высоте 1,3 м, см	15,1	12,8	12,4	13,8	16,5	14,1
Средняя площадь питания, м ²	6,5	23,6	14,8	9,52	7,2	12,3

Оценка жизненного состояния деревьев проводилась согласно шкале категорий жизненного состояния деревьев по их морфометрическим и морфологическим показателям, которая используется для деревьев хвойных пород в разновозрастных и одновозрастных насаждениях [1, 2]. Наиболее высокая сохранность кроны дерева наблюдается в первом наветренном ряду – 78,6 %, самая низкая сохранность кроны в третьем центральном ряду – 43,9 %. Изменчивость сохранности кроны высокая, в центральных рядах жизненное состояние кроны изменяется от 10 до 85 %, в крайних рядах – от 10 до 100 %. Наибольшая изменчивость густоты кроны наблюдается в крайних рядах. Исследования в смешанных искусственных фитоценозах в возрасте 20 лет показали, что средняя высота во втором ряду составила 6,2 м в четвертом – 6,1 м, средний диаметр во втором ряду – 10,9 см, в пятом ряду – 11,0 см (табл. 4).

Таблица 4

Средние таксационные показатели лиственницы сибирской в смешанном фитоценозе

Показатель	Номер ряда			Средний по участку
	2	3	4	
Средняя высота, м	6,2±0,12	6,0±0,11	6,1±0,08	6,1±0,10
Средний диаметр на высоте 1,3 м, см	10,9±0,26	10,0±0,23	11,0±0,22	10,6±0,24
Средний диаметр кроны, м	3,0±0,07	2,9±0,05	3,0±0,05	3,0±0,01
Средняя высота очищения от сучьев, м	0,6±0,14	1,0±0,10	0,6±0,09	0,7±0,16

Отношение высоты к диаметру ствола (H/d) также изменяется в зависимости от расположения дерева в фитоценозе: в крайних рядах оно составляет 0,55–0,57, в центральном ряду отношение имеет более высокое значение – 0,61. Отношение диаметра кроны к высоте в центре составляет 0,49, а произведение d²×H имеют более низкие показатели внутри фитоценоза – 0,06 (табл. 5).

Таблица 5

Относительные показатели лиственницы сибирской в зависимости от расположения в смешанном фитоценозе

Номер ряда	Отношение высоты к диаметру ствола (H/d)	Отношение диаметра кроны к высоте (D/H)	Произведение d ² × H
2	0,57	0,48	0,07
3	0,61	0,49	0,06
4	0,55	0,49	0,07
Среднее значение	0,58	0,49	0,07

Средний диаметр кроны в насаждении составляет 2,98 м, средняя площадь проекции кроны 7,04 м². Диаметр кроны во внутренних рядах практически равен внешним, площадь проекции кроны в центральном ряду меньше, чем во внешнем ряду всего на 3 %, площадь поверхности кроны на 13,3–17,5 %, объем кроны между вторым и третьим различается на 11 %, между первым и вторым рядами – на 13 % (табл. 6).

Таблица 6

**Морфологические показатели кроны лиственницы сибирской
в смешанных искусственных фитоценозах**

Номер ряда	D кроны, м	S проекции, м ²	S поверхности кроны, м ²	V кроны, м ³	$\frac{D \text{ кроны}}{H \text{ ствола}}$	$\frac{D \text{ кроны}}{L \text{ кроны}}$	$\frac{L \text{ кроны}}{H \text{ ствола}}$
1	2,98	7,09	81,0	4,41	0,48	0,53	0,91
2	2,95	6,91	68,9	3,85	0,49	0,59	0,82
3	3,00	7,12	78,1	4,31	0,49	0,55	0,91
Итого	2,98	7,04	76,0	4,19	0,49	0,56	0,88

В возрасте 28 лет средняя высота лиственницы в смешанном фитоценозе составила 8,4 м, наибольшая высота наблюдается в первом наветренном ряду, наименьшая в четвертом ряду (табл. 7).

Таблица 7

Средние лесоводственно-таксационные показатели и площадь питания лиственницы в смешанном фитоценозе

Показатель	Номер ряда			Средний по участку
	2	3	4	
Средняя высота, м	9,2±0,27	8,7±0,30	7,2±0,12	8,4±0,61
Средний диаметр на высоте 1,3 м, см	13,4±0,37	10,8±0,30	11,5±0,29	11,9±0,77
Среднее расстояние между деревьями, м	2,2±0,14	1,9±0,03	2,0±0,03	2,0±0,07
Средняя площадь питания, м ²	6,5±0,29	5,8±0,06	5,9±0,05	6,0±0,22

Наибольшая сохранность кроны деревьев наблюдается во втором ряду – 66,4 %, наименьшая в центральном ряду – 29,1 %. Средняя сохранность кроны деревьев в насаждении в возрасте 28 лет составляет 47,0 %. За восемь лет суммарный прирост по высоте составил 2,3 м, по диаметру – 1,6 см. Наибольший суммарный прирост по высоте и диаметру наблюдался в наветренном ряду, где составил по высоте – 3,0 м, по диаметру 2,7 см. Отношение высоты к диаметру лиственницы с увеличением возраста смешанного фитоценоза увеличилось на 22,4 %, а произведение $d \times H$ – в 2,6 раза.

Выводы. В чистых фитоценозах лиственницы сибирской на развитых лугово-солончаковых, супесчаных почвах в возрасте 50 лет лиственница достигает средней высоты 10,8 м, диаметра – 13,2 см. Наибольшая высота и диаметр наблюдается в пятом подветренном ряду: высота достигает 12,1 м, диаметр – 15,4 см. Степень развития кроны больше в крайних рядах насаждения, в средних рядах – наименьшая. В первом и втором рядах наиболее тесная взаимосвязь прослеживается между H дерева и L кроны, H дерева и S поверхности кроны, в остальных рядах между $d_{1,3}$ и D кроны, $d_{1,3}$ и S поверхности кроны. Увеличение площади питания в центральных рядах не приводит к улучшению роста лиственницы сибирской по диаметру. Корреляция высоты с площадью питания растений высокая ($r = 0,737$). В смешанных фитоценозах лиственница в возрасте 28 лет достигает средней высоты 8,4 м, наибольшее значение – во втором ряду 9,2 м. Среднее значение диаметра ствола составляет 11,9 см, наибольшее значение – во втором ряду – 13,4 см. Наличие буферных рядов приводит к уменьшению риска повреждения лиственницы от низовых пожаров. Обследование насаждений показало, что они находятся в удовлетворительном состоянии и показывают положительную динамику прироста как по высоте, так и по диаметру. Искусственные фитоценозы испытывают высокий уровень антропогенной нагрузки, который выражается не только в повреждении низовыми пожарами в основном в весенний период времени, но и в периодическом уничтожении деревьев в летний период времени. Эти факторы являются одной из причин деградации и гибели, как чистых, так и смешанных фито-

ценозов лиственницы сибирской. Они в сочетании с сухостью климата способствуют снижению продуктивности лиственницы сибирской в искусственных фитоценозах.

Литература

1. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 51–57.
2. Бебия С.М. Дифференциация деревьев в лесу, их классификация и определение жизненного состояния древостоев // Лесоведение. – 2000. – № 4. – С. 35–43.
3. Ключников М.В., Парамонов Е.Г. Жизнеспособность лиственницы сибирской в степных условиях // Лесн. хоз-во. – 2009. – №5. – С. 18–19.
4. Крылов Г.В., Ламин Л.А. Агролесомелиорация в Западной Сибири. – М.: Лесн. пром-сть, 1970. – 150 с.
5. Писаренко А.И. Выращивание лесных культур на обводненных песках // Лесн. хоз-во. – 2010. – №2. – С. 30–33.
6. Ступникова А.Н., Труфанова Н.В., Польский М.Н. Перевеянные почвы, их состав и закономерности размещения в связи с рельефом // Формирование и свойства перевеянных почв. – М.: Наука, 1967. – С.59–134.
7. Санитарные правила в лесах Российской Федерации. – М.: Изд-во ВНИИЦ лесресурс, 2006. – 25 с.



УДК 631.48

Н.В. Фомина, М.В. Чижевская

КОМПЛЕКСНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЫ ТЕХНОГЕННО-ЗАГРЯЗНЕННОГО ЛАНДШАФТА

В статье представлены результаты комплексного эколого-биохимического исследования почвы техногенно-загрязненного ландшафта на основе изучения показателей дыхательной, ферментативной активности, а также реакции и качественного состава цианобактериально-водорослевых сообществ.

Ключевые слова: ландшафт, техногенное загрязнение, дыхательная активность, ферменты, альгоценоз.

N.V. Fomina, M.V. Chizhevskaya

THE COMPLEX ECOLOGICAL CHARACTERISTIC OF THE TECHNO-CONTAMINATED LANDSCAPE SOIL

The results of the complex environmental and biochemical study of techno-contaminated soil landscape on the basis of the respiratory and enzymatic activity indices, the response and the qualitative content of the cyanic-bacterial-algal communities are presented in the article.

Keywords: landscape, industrial pollution, respiratory activity, enzymes, algal cenosis.

Введение. Список агрессивных веществ, загрязняющих почвенный покров на сегодняшний день многообразен, одним из таковых является мазутное топливо. Источниками загрязнения мазутом являются места его хранения, транспортировки и использования, в частности, наиболее широко распространенные котельные, работающие на мазутном топливе [5, 11].

Достаточно большое количество работ посвящено изучению влияния нефти на биологические свойства почвы [1, 4, 5, 8, 9, 12]. Исследованы и экологические последствия загрязнения почв мазутом [2] на модельных опытах и в естественных условиях на примере некоторых почв юга России [11]. В данной работе в качестве анализируемых биологических показателей использовали: численность микроорганизмов, фитотоксичность, содержание гумуса и реакция почвенной среды, кроме того, были представлены данные по изуче-