

УДК 630\*232.4:674.032.15 (470343)

*Н. В. Ерёмин, М. А. Карасёва, В. Н. Карасёв*

## АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСПЕШНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ КУЛЬТУР СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ В РЕСПУБЛИКЕ МАРИЙ ЭЛ

*Приводятся результаты оценки общего состояния культур сосны кедровой сибирской, сформировавшихся насаждения различного состава, приведены таксационные, морфометрические и физиологические показатели, характеризующие адаптационные свойства и устойчивость данной породы при интродукции в Республике Марий Эл.*

**Ключевые слова:** сосна кедровая сибирская, лесные культуры, интродукция, физиология.

**Введение.** Сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour), кедр сибирский обладает ценными экологическими свойствами, декоративностью, высокой фитонцидностью, зимостойкостью, является продуктивным орехоносом. Обобщению опыта и разработке оптимальных технологий искусственного выращивания кедра сибирского при интродукции в зоне хвойно-широколиственных лесов посвящены исследования [1–4] и других авторов. Относительно успешности интродукции кедра сибирского в Республике Марий Эл имеются только отдельные работы [5–10]. Известны сохранившиеся культуры старших возрастов на небольших участках в Горномарийском, Мари-Турекском, Медведевском районах, а также единичные деревья и группы деревьев в виде аллей в городах и населенных пунктах республики, которые выдержали экстремальные условия: суровые зимы (1941–1942, 1978–1979 гг.) и засушливые годы, подтвердив пригодность почвенно-климатических условий данного региона для интродукции кедра сибирского.

Наибольшие объемы создания производственных культур в Республике Марий Эл приходится на 1951–1960 гг., когда было создано 508 га культур, в следующее десятилетие в период с 1961–1970 гг. площадь созданных культур кедра составляла 311 га, в 1971–1982 гг. – 153 га и последние годы с 1983 по 2008 гг. кедр введен на площади 90 га. В период 1966–1978 гг. при лесоустройстве культуры кедра были учтены и описаны на площади 423,4 га. В настоящее время в материалах учета лесного фонда республики отсутствуют насаждения кедра. Это свидетельствует о необходимости повышения эффективности интродукции данной породы, так как при значительных объемах созданных культур в прошлые годы к настоящему времени сохранность их очень низкая.

**Цель исследований** – выявить современное состояние созданных насаждений кедра сибирского и успешность адаптации данной древесной породы при интродукции в природно-климатические условия Республики Марий Эл.

**Задачи** исследований предусматривали:

- определение общего состояния участков, породного состава сформировавшихся насаждений и выявление возможной потери площади культивируемой породы при существующем положении учета лесного фонда (по материалам лесоустройства);
- исследования общего состояния, физиологии, интенсивности роста и производительности культур кедра сибирского;

- пополнение банка данных по показателям успешности произрастания и формирования насаждений в различных условиях для использования их при совершенствовании организации и нормативно-технической базы по созданию и выращиванию искусственных насаждений кедр сибирского.

**Методика исследований.** Для оценки состояния культур и адаптации кедр сибирского к условиям Республики Марий Эл проводились комплексные исследования биометрических и физиологических его показателей на пробных площадях, заложенных с учетом рекомендаций Г. К. Незабудкина [11], ОСТ 56-69-83 «Пробные площади лесоустроительные. Метод закладки» [12]. Интенсивность фотосинтеза определялась кондуктометрическим способом, содержание общего хлорофилла – фотоэлектроколориметрическим методом [13]. Измерения биоэлектрических потенциалов (БЭП) производились высокоомным милливольтметром постоянного тока с использованием платиновых электродов (Экстра-999). Электрическое сопротивление прикамбиального комплекса тканей, включающего камбий, вторичную ксилему, прилегающую к камбию и клетки луба (импеданс ПКТ), измерялось при помощи прибора Ц 43 314 на частоте 500 Гц с использованием датчика от электронного влагомера древесины ЭВ–2К [14].

**Объект исследований.** Исследования проводились на одном из наиболее сохранившихся участков производственных культур в гослесфонде\*, а также на опытных стационарах кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ в Учебно-опытном лесхозе МарГТУ.

*Объект №1.* Производственный участок лесных культур кедр сибирского находится в квартале №8 (лесоустройство 1972 г.) Илетского лесничества у д. Курбатово. По рассказам местных жителей (документация в 1979 г. сгорела в пожаре), посадка кедр была произведена на площади, оставленной после сельскохозяйственного пользования весной 1946 года, на второй год Победы в Отечественной войне, саженцами, которые выращивались в лесничестве в период войны 1941–1945 гг.

По результатам исследований 1979 года культуры на площади 4,07 га создавались чистыми по составу, проводилась полосная обработка почвы конным плугом с направлением рядов восток-запад. Расстояние между рядами на пробных площадях составляло 3,5 м, шаг посадки 0,7–0,75 м, первоначальная густота посадки примерно 4,0 тыс. шт. на га.

Почва – дерново-подзолистая светло-серая с глубиной залегания до 22 см, супесчаная, подстилаемая плотноватым легкосуглинистым слоем, переходящим до глубины 38 см в плотный светло-коричневый глинистый, призматической структуры горизонт. На глубине 60–88 см отмечается глинистый, повышенной плотности, коричневый комковато-призматической структуры горизонт с отсутствием корней и их следов. Наличие на глубине 60 см глинистого горизонта повышенной плотности создает условия временного переувлажнения поверхностных слоев весной и в летне-осенний период. Это способствует ветровалу в замкнутых понижениях рельефа, что наиболее характерно для лесных земель сложных типов леса левобережья р. Волги.

*Объект №2.* Сплошные чистые культуры кедр сибирского – опытные стационары кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ, созданные под руководством Г. К. Незабудкина и Н. В. Ерёмкина в квартале 69 Нолькинского лесничества Учебно-опытного лесхоза МарГТУ. Опытный участок характеризуется следующими

---

\* В поддержании состояния культур кедр на данном участке в разное время принимали активное участие лесоводы управления и лесхоза: Муравьева Н.О., Ерёмкин Н.В., Закамский А.П., Парфирьев Я.П. и лесничие лесничества.

данными: тип лесорастительных условий – свежая сурамень, почвы дерново-средне-подзолистые суглинистые на маломощных покровных суглинках, подстилаемых древнеаллювиальными песками. Содержание гумуса составляет 2,2%, кислотность почвы равна 4,4. По содержанию подвижных форм фосфора и калия по шкале Кирсанова почвы имеют среднюю и низкую степень обеспеченности. Плотность сложения почвы на глубине 0–25 см составляет 1,11 г/куб. см, на 25–50 см – 1,4 г/куб. см. Рельеф ровный. Исследования проводились на стационарах № 65, 54, 55, 73 ж.

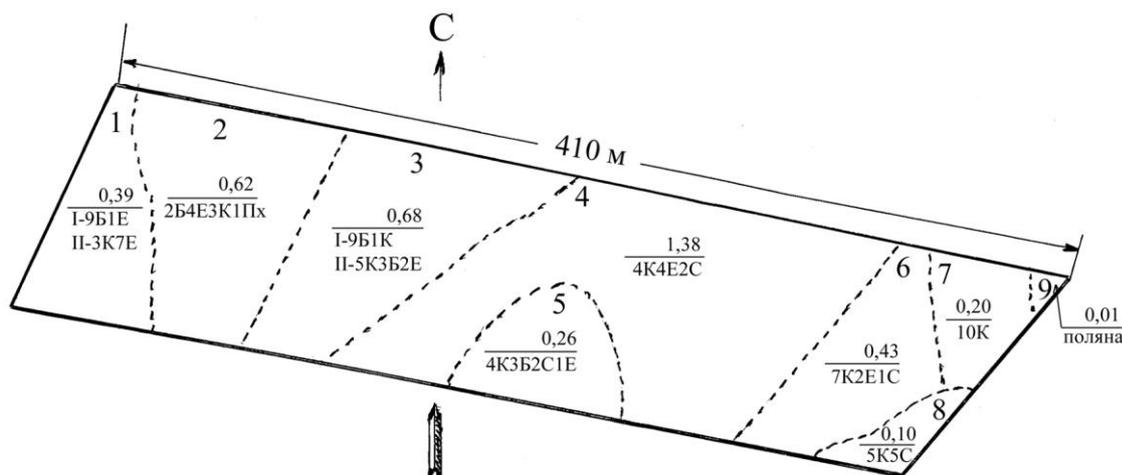
*Стационар 65.* Чистые сплошные культуры кедра сибирского, посадка была проведена в 1969 году. Обработка почвы – сплошная. Размещение рядовое, в посадочное место высаживали по одному растению с открытой корневой системой. Расстояние между рядами 1,0 м, в ряду 0,75 м. Посадка проводилась 3-летними сеянцами весной под лопату в микроповышения, сформированные вручную.

*Стационар 55.* Чистые культуры кедра сибирского, созданные биогруппами в 1969 году (возраст к моменту исследований 40 лет), памятные посадки кедра, посвященные 50-летию лесохозяйственного факультета МарГТУ. Обработка почвы – сплошная, размещение попарно сближенными рядами, расстояние между двумя сближенными рядами 1 м, расстояние до следующих двух рядов составляло 5–6 м, в ряду 0,5 м. Посадка осуществлялась в микроповышения 3-летними сеянцами, заготовленными цилиндрической лопатой с глыбкой земли, т.е. с закрытой корневой системой, количество растений в посадочном месте варьировало в пределах от двух до четырех штук.

*Стационар 73ж.* Чистые сплошные культуры кедра сибирского, посадка была проведена в 1978 году. Обработка почвы – сплошная. Размещение рядовое, в посадочное место высаживали по одному растению. Расстояние между рядами 1,5 м, в ряду 0,75 м. Посадочный материал – саженцы, высотой 0,7–1,0 м.

*Стационар 54.* Лесные культуры кедра сибирского созданы в 1984 году, сплошные, чистые. Обработка почвы – сплошная, вид посадки биогруппами по 2–4 растения в биогруппе и рядовая одиночная. Расстояние между рядами 1,5 м, в ряду 0,75 м. Посадка проводилась весной сеянцами с закрытой корневой системой под лопату.

**Результаты исследований.** На первом объекте за 33-летний период после посадки в границах участка (см. рис.) сформировались неоднородные по составу, наличию и состоянию культивируемой породы насаждения, а именно:



Абрис участка культур кедровых посадок мая 1946 г. по состоянию в сентябре 1976 г.  
(над чертой – площадь, га; под чертой – состав первого яруса)

- насаждения с наличием кедрa менее трех единиц (по запасу м<sup>3</sup>/га) присутствуют в основном во втором ярусе на площади, составляющей 41,5%;
- с участием кедрa в составе от четырех единиц и более в виде смешанных насаждений с местными породами естественного возобновления – 53,3%;
- только 5% площади кедрa в восточной части, примыкающей к полю (выдел 7), представлено чистым (10К) по составу насаждением.

Учитывая приведенные различия в составе насаждений, исследования были продолжены на пробных площадях (ПП) с определением лесоводственно-таксационных и других показателей, позволяющих сделать следующее обобщение (табл. 1).

Таблица 1

**Изменение лесоводственно-таксационных показателей кедрa сибирского при различном составе формирующихся насаждений с участием естественного возобновления местных пород**

Доля кедрa в насаждении по			Возраст, лет	Средние		N, шт./га	S, м <sup>2</sup> /га	M, м <sup>3</sup> /га	S кроны, м <sup>2</sup> /га
N, шт.	S, м <sup>2</sup>	M, м <sup>3</sup>		D <sub>1,3</sub> , см	H, м				
Пробная площадь № 1 (0,134 га)									
10,0 К	10,0 К	10,0 К	33	18,6	13,6	600	16,59	76,3	5769
Пробная площадь № 2 (0,240 га)									
6,9 К	5,9 К	6,7 К	33	16,2	11,6	608	12,47	57,35	46,97
1,6 Е	2,1 Е	1,7 Е	25-30	17,4	13,5	142	3,36	20,48	1988
1,5 С	2,0 С	1,6 С	25-30	18,0	13,2	129	3,33	19,54	1677
Итого:			–	–	–	879	15,97	97,37	8357
Пробная площадь № 3 (0,096 га)									
4,7 К	3,0 К	2,5 К	33	12,4	8,8	594	7,23	32,56	3280
2,7 Е	3,5 Е	3,8 Е	25-30	17,2	13,9	319	7,58	54,27	4402
2,6 С	3,5 С	3,7 С	25-30	18,2	13,4	291	7,51	53,79	3492
Итого:			–	–	–	1204	22,32	140,42	11174
Пробная площадь № 4 (0,106 га)									
2,6К	1,1К	0,6К	33	11,8	8,5	67	0,74	2,96	470
7,4Б	8,9Б	9,4Б	20-30	18,1	16,0	233	6,11	45,85	2037
Итого:			–	–	–	300	6,85	48,81	2507
5,2К	5,8К	5,4К	33	6,6	5,2	673	2,32	7,86	2632
3,1Б	2,1Б	2,3Б	10-16	5,5	8,0	400	0,81	3,20	856
1,7Е	2,1Е	2,3Е	15-20	6,2	7,5	222	0,85	3,26	950
Итого:			–	–	–	1295	3,98	14,32	4438
Всего:			–	–	–	1595	10,83	63,13	6945
Насаждения естественного возобновления									
8,6Б 0,4Ос 0,4С 0,6Е			30	11,4	14,0	1933	19,6	131,0	9278

*Примечание:* N – количество деревьев; возраст древесных пород определен по модельным деревьям; S – площадь поперечного сечения стволов; M – запас древесины; D<sub>1,3</sub> – диаметр ствола на высоте 1,3 м; H – высота дерева.

Чистые по составу насаждения кедрa сибирского с характерным признаком продольно-трещиноватой коры, обладающие повышенной урожайностью (ПП1\*), при общей сомкнутости полога древостоя 0,6 имели наивысшие показатели среднего диаметра, высоты, запаса. При этом количество деревьев с диаметром 20–28 см (выше среднего) составляло 312 шт./га, или 52% от их общего числа, из них у 200 деревьев было отмечено наличие одиночных шишек под кронами. Кроме того, сохранившийся

\* Данное насаждение сформировалось без естественного возобновления местных пород в связи с допуском временным сенокосением в междурядьях рабочими лесокультурного звена.

единичный подрост 6–7-летнего возраста подтверждает начало семеношения с 25–26 лет, вызревание, грунтовую всхожесть семян и выживаемость всходов в природной среде.

В формирующихся смешанных по составу насаждениях (ПП2) в результате допуска в междурядья естественного возобновления хвойных (ели, сосны) даже в количестве 30% от общего с кедром состава к 33 годам все показатели культивируемой породы (диаметра, высоты, запаса) снижаются соответственно на 13, 15 и 25% по сравнению с чистым древостоем. Уменьшается и число деревьев с началом семеношения до 111 шт./га, но возрастает общая сомкнутость полога древостоя до 0,85 (см. табл. 1).

При увеличении допуска сосны и ели естественного возобновления (ПП3) по количеству деревьев до 50%, т.е. равное количеству кедра, снижение его показателей по сравнению с ПП1 составляет по среднему диаметру на 33, высоте – 35, запасу – 57% с увеличением общей сомкнутости полога древостоя – до 1,12.

Наибольшее снижение показателей роста кедра сибирского отмечается при допуске первоначального возобновления березы, а затем и ели в формирующийся общий состав древостоя. Общее количество сохранившихся деревьев кедра – 740 шт./га, т.е. на 140 шт./га больше, чем на ПП1, но 673 шт./га (91% от 740) задержались в росте на положении второго яруса, который формируется из дополнительного возобновления ели и повторно березы.

У кедра второго яруса потери роста по сравнению с ПП1 составляли по диаметрам – 65, высоте – 62, запасу – 92%. Дополнительные потери состоят в том, что только в этих условиях обнаружены повреждения кедра лосями (слом вершин 54 шт./га).

Разделение общей площади участка по составу (определенному по запасу) произошло не по причине различной сохранности культивируемой породы, а в результате появления в междурядьях после посадки естественного возобновления местных древесных пород сосны, ели, березы пушистой.

Присутствие кедра в этом возрасте в подчиненном пологе на ПП4 в полной мере согласуется с биологическими особенностями этой породы (замедленный рост, теневыносливость и др.), которыми она обладает при естественном возобновлении в дикой природе. Поэтому снижение доли запаса кедра до полутора единиц в составе насаждений и, как следствие, перевода их в категорию мягколиственных, не означает гибель произведенных культур кедра, а свидетельствует лишь о незначительном его участии в верхнем пологе древостоя.

Вполне возможно, что на многих площадях кедр еще сохранился в достаточном количестве под пологом, но «выпадает» из учета при существующих нормативах обобщения лесного фонда по лесообразующим породам. Таким образом, необходимо определять породный состав насаждений с участием культур кедра до 30–40-летнего возраста не по запасу, а по количеству деревьев (шт./га), как это принято при таксации культур до 10-летнего возраста. Это позволило бы считать эти древостои нуждающимися в специальных рубках ухода по группе хвойных, а не лиственных, и повысить контроль по выполнению ухода. Кедр сибирский в дикой природе выживает до 50 лет под пологом редких березовых древостоев сомкнутостью полога 0,3–0,5, сохраняя живую крону и наращивая корневую систему для перехода с изменением условий к ускоренному росту в высоту. Тем не менее, необходимо учитывать, что теневыносливость кедра не безгранична [15].

Исследования состояния 60-летних культур кедра на объекте №1, проведенные в 2005 году, показали, что на выделах, где доля участия кедра в верхнем ярусе в составе по количеству деревьев была не менее 6–7 единиц и проводились лесоводственные ухода с удалением березы и других второстепенных пород, кедр имеет запас около 200 м<sup>3</sup> на 1 га (табл. 2).

Таблица 2

**Лесоводственно-таксационные показатели насаждений  
кедра сибирского (Илетское лесничество, возраст 60 лет)**

Доля кедра в насаждении по			Возраст, лет	Средние		N, шт./га	S, м <sup>2</sup> /га	M, м <sup>3</sup> /га
N, шт.	S, м <sup>2</sup>	M, м <sup>3</sup>		D <sub>1,3</sub> , см	H, м			
Пробная площадь № 1а (0,25 га)								
7,8 К	7,3К	5,9 К	60	24,0	16,4	606	27,2	199,7
1,2 Е	1,7 Е	2,2 Е	55–60	28,0	23,7	92	6,4	74,5
1,0 С	1,0 С	1,9 С	55–60	28,0	24,0	76	3,6	65,8
Итого:				–	–	774	37,2	340,0
Пробная площадь № 2а (0,25 га)								
6,3 К	6,5 К	6,2 К	60	20,0	14,5	428	14,4	100,5
2,6 Б	1,5 Б	1,6 Б	25–30	16,0	14,0	176	3,36	26,2
1,2 Е	2,0 Е	2,2 Е	55–60	26,0	24,0	79	4,24	36,2
Итого:				–	–	683	22,0	162,9

Приведенные данные свидетельствуют о том, что при участии в составе насаждения более семи единиц кедра, культуры данной породы имеют высокую продуктивность и устойчивость. При задержке с проведением лесоводственных уходов, при значительном затенении главной породы второстепенными, создается крайне неблагоприятный световой режим как по интенсивности светового потока, так и по его спектральным характеристикам, что оказывает влияние на формирование ассимиляционного аппарата деревьев. Деревья лидеры, растущие в верхнем ярусе, отличаются более развитыми кронами, большей длиной и массой хвои по сравнению с деревьями второго яруса и более высоким содержанием хлорофилла в хвое (табл. 3).

Таблица 3

**Параметры длины и массы хвои кедра сибирского деревьев разного состояния**

Состояние	Возраст хвои, лет	Масса 100 шт. сухой хвои, г	Содержание хлорофилла мг/г абс. сухой хвои	Статистические показатели длины хвои, см					
				Размах длины	X	m <sub>x</sub>	σ	V (%)	P (%)
лидирующие	1	1,51	2,98±0,04	7,6–12,5	10,0	±0,19	1,31	13,1	1,9
	2	1,50	3,15±0,04	6,4–12,6	10,3	±0,26	1,84	17,9	2,5
	3	1,51	3,25±0,05	7,8–13,2	10,5	±0,26	1,82	17,3	2,4
отстающие	1	0,99	1,48±0,19	3,6–9,8	6,9	±0,22	1,56	22,6	3,2
	2	1,20	1,52±0,19	6,8–10,5	8,5	±0,24	1,14	13,3	2,8
	3	1,03	1,23±0,19	5,8–12,2	8,5	±0,21	1,49	17,6	2,5

В наиболее освещенной, верхней части кроны длина хвои на 30% больше, чем в нижней. Масса 100 штук хвои деревьев лидеров также превышает на 49,5% массу хвои ослабленных. Продолжительность жизни хвои у деревьев лидеров 3–4 года, а у ослабленных деревьев – не более двух лет. Имеются существенные различия в содержании хлорофилла в хвое.

У деревьев кедра второго яруса содержание хлорофилла в нижней части крон значительно ниже по причине очень низкого значения освещенности, препятствующего нормальному синтезу хлорофилла. При снижении освещенности до 18–20% от освещенности открытого места для деревьев 2 класса возраста отмечается уменьшение содержания хлорофилла, деревья сильно отстают в росте, в нижней части кроны не закладываются ассимилирующие органы, наблюдается отмирание хвои и побегов. При освещенности 40–80% от освещенности открытого места деревья кедра имеют хорошо

развитые кроны и лучший рост, что необходимо учитывать при формировании насаждений целевого назначения.

Исследования состояния сплошных чистых культур кедров сибирского, созданных в Учебно-опытном лесхозе в условиях свежей сурамени с применением различного размещения и видов посадочного материала, показывают, что при отсутствии заглущения местными лесообразующими породами культуры кедров растут успешно (табл. 4). Лучшие показатели сохранности имеют культуры кедров, созданные биогруппами с применением гнездового вида посадки.

Создание биогрупп при выращивании культур хвойных пород способствует повышению биологической устойчивости при взаимодействии с травянистой и древесной растительностью и ускорению роста [16]. Многочисленными данными также подтверждено, что кедр в первые годы более устойчив в биогруппах, поэтому для Сибири предложено в каждое посадочное место высаживать по 4–16 семян [17].

Т а б л и ц а 4

Биометрические показатели кедров сибирского в сплошных чистых культурах

№ стационара	Возраст, лет	Вид посадки	Посадочный материал	Размещение, м		Средняя высота, м	Показатели диаметра			Сохранность, %
				между рядами	в ряду		X, см	$m_x$ , см	V, %	
65	40	одиночная	сеянцы	1,0	0,5	14,8	13,3	0,5	29,6	47,5
55	40	гнездовая	сеянцы*	5,0–1,0	0,5	14,5	18,2	0,4	38,9	90,2
73ж	31	одиночная	саженцы	1,5	0,75	13,5	16,2	0,4	30,2	71,6
54а	24	гнездовая	сеянцы*	1,5	0,75	5,1	7,3	0,3	40,4	98,0
54б	24	одиночная	сеянцы*	1,5	0,75	5,6	8,7	0,3	28,0	41,9

\* Посадка с закрытой корневой системой.

Сохранность культур кедров при посадке биогруппами почти в два раза выше, чем в одиночных рядовых культурах (стационары 54а, 55). В 40-летнем возрасте на участках, созданных гнездовым способом, сеянцами с закрытой корневой системой, количество деревьев, имеющих диаметр выше среднего (20–28 см), составляло 25,2%. В одиночных рядовых посадках с равномерным размещением рядов таких деревьев было всего 6,5%. При гнездовой посадке по 3–4 растения в посадочное место процесс дифференциации растений проявляется значительно раньше, чем в одиночных. В 40-летнем возрасте 85% посадочных мест имели по одному растению, 8,9% – по два растения в посадочном месте и в 6,1% по три растения. Лидирующие деревья в процессе роста сохраняют свое положение, ослабленные постепенно усыхают.

Что касается размеров посадочного материала, то можно отметить, что культуры, созданные саженцами высотой 0,8–1,0 м (стационар 73ж), имеют высокую сохранность и не требовали проведения агротехнических уходов. Изменчивость показателей роста составляет 30,2%. Хорошую приживаемость имели также посадки, где использовались сеянцы с закрытой корневой системой (стационар 54, 55).

Высокая степень дифференциации деревьев кедров в культурах свидетельствует о целесообразности направленного отбора на устойчивость и быстроту роста наиболее адаптированных экземпляров. При оценке степени жизнеспособности растений кедров по биоэлектрическим потенциалам, характеризующим уровень обменных процессов в организме, и электрическому сопротивлению прикамбиального комплекса тканей, обусловленному состоянием водного режима, установлены существенные различия в показателях для деревьев разной жизнеспособности (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

**Среднемноголетние значения импеданса ПКТ и биоэлектрических потенциалов стволов деревьев сосны кедровой сибирской по состоянию на середину лета**

Статистические показатели	Импеданс ПКТ, кОм			Биоэлектрический потенциал, мВ		
	Лидирующие	Средние	Ослабленные	Лидирующие	Средние	Ослабленные
$X$	16,4	25,6	47,9	186,3	144,4	97,0
$m_x$	0,53	0,88	3,78	11,62	6,01	3,51
$V, \%$	10,7	12,9	33,5	25,0	15,0	11,5

Низкие значения импеданса ПКТ стволов деревьев достоверно указывают на высокую оводненность растительных тканей деревьев кедр сибирского по сравнению с сосной, у которой значения этого показателя достоверно выше и равны  $21,9 \pm 0,6$  кОм и близки к ели, параметры данного показателя деревьев ели хорошего состояния равны  $19,6 \pm 0,8$  кОм. Связь между оводненностью растительных тканей и величинами импеданса ПКТ очень высокая и обратная ( $r = -0,85 \dots -0,90$ ). Влажность хвои и однолетних побегов кедр сибирского в середине вегетационного периода в условиях достаточного увлажнения составляет соответственно 207,1–203,7% от абсолютно сухой массы, влажность двухлетней хвои почти на 50% меньше, такая же закономерность отмечена и у хвои ели европейской. В засушливые вегетационные периоды, при недостаточном количестве осадков и снижении влажности почвы существенных различий во влажности однолетней хвои и побегов не выявлено. Регулирование параметров водного режима растений осуществляется путем уменьшения ассимиляционного аппарата за счет отмирания хвои старших возрастов, в первую очередь происходит опадение трехлетней хвои и ослабление роста осевых и боковых побегов. В вегетационные периоды, когда количество осадков было близко к средним многолетним, значения средних приростов кедр в высоту составляли  $44,1 \pm 4,1$  см, в засушливые периоды приросты осевого побега в высоту были меньше ( $21,3 \pm 3,0$  см). Такое явление было отмечено в 1972, 1999, 2009 годах, но гибели растений не происходило.

Полученные данные свидетельствуют о требовательности кедр сибирского к относительной влажности воздуха и влагообеспеченности почвы, что отмечается многими исследователями, а также об успешной адаптации кедр сибирского к климатическим условиям Республики Марий Эл.

Приведенные в табл. 5 значения величин БЭП деревьев различной жизнеспособности, полученные на основе многолетних наблюдений, подтверждают наличие значительной индивидуальной изменчивости деревьев кедр в культурах по биоэлектрическим параметрам. В первые годы жизни интенсивно растущие, более адаптированные к экологическим условиям внешней среды растения имеют более высокие показатели БЭП (150...200 мВ) по сравнению с ослабленными, что свидетельствует о возможности отбора ценных в генетическом отношении деревьев по этому показателю. Селекционная оценка по величинам БЭП и импедансу ПКТ и биометрическим показателям деревьев кедр позволяет выявить наиболее физиологически устойчивые экземпляры кедр сибирского, представляющие базу для дальнейшей селекционной работы.

Данные, характеризующие интенсивность основных физиологических процессов местных хвойных пород: сосны, ели и интродуцированного кедр сибирского, приведены в табл. 6.

Показатели интенсивности фотосинтеза сосны кедровой сибирской близки к соответствующим оценкам ели европейской (табл. 6), но характеризуются очень высокой

изменчивостью, которая составляет 89% для интенсивности нетто-ассимиляции и более высокими значениями изменчивости интенсивности дыхания. В засушливые летние месяцы в дни с низкой относительной влажностью воздуха интенсивность фотосинтеза кедрового дерева уменьшается до 0,45–0,84 мг/г сухой массы в час, затраты на дыхание возрастают, что приводит к ослаблению роста растений.

Т а б л и ц а 6

**Интенсивность нетто-ассимиляции и дыхания хвои древесных пород на 11–12 часов дня за летний период, мг/г сухой массы в час**

Древесная порода	Интенсивность нетто-ассимиляции, мг/г сухой массы в час			Интенсивность дыхания, мг/г сухой массы в час		
	$X$	$m_x$	$V, \%$	$X$	$m_x$	$V, \%$
Сосна кедровая сибирская	1,05	0,16	89,0	0,70	0,15	106,9
Ель европейская	1,09	0,18	67,0	0,75	0,09	61,2
Сосна обыкновенная	1,12	0,09	34,6	0,85	0,15	79,2

Изменчивость показателей нетто-ассимиляции местных хвойных лесобразующих пород значительно меньше, так у сосны обыкновенной этот показатель отличается почти в 2,5 раза, т.е. она в меньшей степени реагирует на воздействие неблагоприятных факторов среды, что способствует более интенсивному ее росту по сравнению с кедром в данных условиях и свидетельствует о нецелесообразности ее участия в составе насаждений при выращивании культур кедрового дерева сибирского.

По данным исследований физиологического состояния кедрового дерева сибирского в культурах можно отметить, что в условиях, оптимальных для роста, перспективно выращивание кедрового дерева сибирского для производственных и ландшафтных культур, создания кедровых садов и повышения биоразнообразия ландшафтов.

Реализация всех резервов для полной адаптации кедрового дерева при интродукции растений возможна с применением методов селекционного отбора, оптимизацией элементов типов культур и создании оптимальных условий для его роста и развития.

#### **Выводы и предложения.**

1. Опыт интродукции сосны кедровой сибирской в производственных культурах свидетельствует об успешной ее адаптации в природно-климатических условиях Республики Марий Эл при выращивании в чистых по составу насаждениях.

2. Проведенная оценка физиологического состояния сосны кедровой сибирской свидетельствует о широких адаптационных возможностях данной породы к природно-климатическим условиям республики.

3. Без регулирования состава естественного возобновления культуры кедрового дерева вытесняются местными лесобразующими породами в нижний ярус. На участках с достаточной сохранностью кедрового дерева под пологом древостоя березы необходимы ранние лесоводственные уходы для обеспечения кедрового дерева устойчивого последующего участия в верхнем пологе.

4. При существующих правилах учета лесного фонда (периодически по результатам инвентаризации) снижение площадей культур кедрового дерева возраста 10–40 лет является сигналом для выявления площадей насаждений с его участием во втором ярусе для принятия соответствующих мер (лесоводственных, технологических) по их созданию в будущем.

## Список литературы

1. Дроздов, И. И. Лесная интродукция: Учебное пособие для студентов заочного обучения специальности 2604.00, аспирантов и специалистов лесного и лесопаркового хозяйства / И. И. Дроздов, Ю. И. Дроздов. – М.: МГУЛ, 2000. – 135 с.
2. Игнатенко, М. М. Сибирский кедр (биология, интродукция, культура) / М. М. Игнатенко. – М.: Наука, 1988. – 160 с.
3. Крылов, Г. В. Кедр / Г. В. Крылов, Н. К. Таланцев, Н. Ф. Козакова. – М.: Лесная промышленность, 1983. – 216 с.
4. Крылов, Г. В. Сибирский кедр / Г. В. Крылов, А. М. Шмонов. – Кемерово: Кемеровское кн. изд-во, 1985. – 128 с.
5. Алимбек, Б. М. Опыт интродукции кедровой сосны в Марийской и Татарской АССР / Б. М. Алимбек // Кедр сибирский на европейском севере СССР, его распространение, возобновление и культура тр. – Ленинград: Наука, 1972. – С. 72–76.
6. Карасев, В. Н. Интенсивность физиологических процессов и рост саженцев сосны кедровой сибирской и лиственницы сибирской в послепосадочный период / В. Н. Карасев, Н. В. Еремин, М. А. Карасева // Интенсификация выращивания лесопосадочного материала. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1996. – С. 216–218.
7. Мулиндеев, И. В. Изменение густоты с возрастом сосны сибирской (кедровой) в лесостепной зоне на примере национального парка «Чаваш Вармане» / И. В. Мулиндеев, Н. В. Еремин // Материалы 51 межвуз. студ. науч. техн. конф. – Вып. 6. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1998. – С. 208.
8. Концепция развития лесного комплекса Республики Марий Эл до 2010 г. / Ю. А. Ширнин, Н. В. Еремин и др. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 211 с.
9. Лесной план Республики Марий Эл / В. Л. Черных, Н. В. Еремин и др. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. – 350 с.
10. Романов, Е. М. Состояние воспроизводства лесов в регионе Среднего Поволжья / Е. М. Романов, Н. В. Еремин, Т. В. Нуреева // Международное сотрудничество в лесном секторе: баланс образования, науки и производства. Материалы международной конф. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. – С. 45–50.
11. Незабудкин, Г. К. Обследование и исследование лесных и плантационных культур / Г. К. Незабудкин. – Йошкар-Ола: МарПИ, 1971. – 52 с.
12. ОСТ 56-69-83 «Пробные площади лесостроительные. Метод закладки».
13. Годнев, Т. Н. Строение хлорофилла и методы его количественного определения / Т. Н. Годнев. – Минск, 1952. – 327 с.
14. Карасев, В. Н. Физиология растений: Учебное пособие / В. Н. Карасев. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 304 с.
15. Усольцев, В. А. Кедр сибирский – царь Российских лесов / В. А. Усольцев // Этюды о наших лесных деревьях. Банк культ. информ. – Екатеринбург, 2008. – С. 83–99.
16. Еремин, Н. В. Лесные культуры ели: Учебное пособие / Н. В. Еремин. – Горький: 1979. – 62 с.
17. Лоскутов, Р. И. Искусственное восстановление кедра сибирского / Р. И. Лоскутов. – М.: Лесная промышленность, 1971. – 104 с.
18. Луганский, Н. А. Использование внутривидовой изменчивости кедра сибирского в лесохозяйственной практике / Н. А. Луганский // Науч.-техн. конф. молодых специалистов. – Свердловск, 1962. – С. 97–100.

Статья поступила в редакцию 11.02.10.

*N. V. Eremin, M. A. Karaseva, V. N. Karasev*

**AGRONOMIC AND PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF SUCCESSFUL SIBERIAN STONE PINE CULTIVATION IN MARI EL REPUBLIC**

*Estimate results of overall condition of Siberian stone pines, which have formed a various composition plantation, are given. Taxation, morfometric and physiological parameters which characterize adaptive quality and the species stability when stocking in Mari El Republic are brought.*

**Key words:** *Siberian stone pine, artificial stands, stocking, physiology.*

---

*ЕРЁМИН Николай Васильевич* – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ МарГТУ. Область научных интересов – искусственное лесовосстановление, механизация лесохозяйственных работ. Автор более 150 публикаций. E-mail: bioecos@marstu.net

*КАРАСЁВА Маргарита Антиповна* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур МарГТУ. Область научных интересов – искусственное лесовосстановление, интродукция. Автор более 120 публикаций. E-mail: KarasevaMA@gmail.com

*КАРАСЁВ Валерий Николаевич* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии МарГТУ. Область научных интересов – физиология древесных растений. Автор более 100 публикаций. E-mail: KarasevaMA@gmail.com