

шим. Но приживаемость на пробных площадях была меньше всех изученных лесных культур в Шалдайском филиале.

В Майкарагайском лесничестве Бескарагайского филиала осенние посадки сосны имели низкую приживаемость (65,2%), наименьший рост и прирост растений по сравнению с культурами осенних посадок в других лесничествах. При одинаковых условиях произрастания такая разница в приживаемости может зависеть от нескольких причин. Большое влияние на данный показатель имеют качество посадочного материала, тщательность агротехнических приемов посадки, правильность транспортировки и хранения семян.

Библиографический список

1. Байзаков С.Б., Исаков С.И., Нысанбаев Е.Н. Рекомендации по восстановлению леса на гарях в ленточных борах Прииртышья. – Алматы, 2012. – 12 с.
2. Байзаков С.Б. и др. Инновационные технологии лесовыращивания в ленточных борах Прииртышья. – Алматы, 2014. – 147 с.
3. Бопамбеков Д.И., Кентбаева Б.А. Опыт создания лесных культур в государственном лесном природном резервате «Семей Орманы» // Казахский национальный аграрный университет (исследования, результаты). – Алматы, 2015.
4. Кabanova С.А., Мироненко О.Н., Борцов В.А., Кабанов А.Н. Исследование влияния сроков посадки на показатели роста и развития лесных культур сосны обыкновенной в ГЛПР «Семей орманы» // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 2014. – № 11. – С. 32-37.
5. Маленко А.А., Маурер А.В., Осипенко А.Е., Плугарь С.Г. Рост и продуктивность искусственных сосняков в ленточных борах Алтайского края // Вестник Алтайского гос-

ударственного аграрного университета. – 2014. – № 2 (112). – С. 57-63.

6. Zhou W. Optimal method and optimal intensity in reforestation // Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Silvestria. – 1999. – Vol. 110. – P. 58.

7. Обследование и исследование лесных культур: учебно-методическое пособие. – Томск, 2008. – 20 с.

References

1. Baizakov S.B., Isakov S.I., Nysanbaev E.N. Rekomendatsii po vosstanovleniyu lesa na garyakh v lentochnykh borakh Priirtysh'ya. – Almaty, 2012. – 12 s.
2. Baizakov S.B. i dr. Innovatsionnye tekhnologii lesovyrashchivaniya v lentochnykh borakh Priirtysh'ya. – Almaty, 2014. – 147 s.
3. Bopambekov D.I., Kentbaeva B.A. Opyt sozdaniya lesnykh kul'tur v gosudarstvennom lesnom prirodnom rezervate «Semei Ormany» // Kazakhskii natsional'nyi agrarnyi universitet (issledovaniya, rezul'taty). – Almaty, 2015.
4. Kabanova S.A., Mironenko O.N., Bortsov V.A., Kabanov A.N. Issledovanie vliyaniya srokov posadki na pokazateli rosta i razvitiya lesnykh kul'tur sosny obyknovennoi v GLPR «Semei ormany» // Vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki Kazakhstana. – 2014. – № 11. – S. 32-37.
5. Malenko A.A., Maurer A.V., Osipenko A.E., Plugar' S.G. Rost i produktivnost' iskusstvennykh sosnyakov v lentochnykh borakh Altaiskogo kraya // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 2 (112). – S. 58-63.
6. Zhou W. Optimal method and optimal intensity in reforestation // Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Silvestria. – 1999. – Vol. 110. – P. 58.
7. Obsledovanie i issledovanie lesnykh kul'tur: uchebno-metodicheskoe posobie. – Tomsk, 2008. – 20 s.



УДК 630*228.1+630*907

А.В. Данчева, С.В. Залесов
A.V. Dancheva, S.V. Zalesov

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ОЦЕНОЧНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ СОСНЯКОВ БАЯНАУЛЬСКОГО ГНПП

THE USE OF INTEGRATED ESTIMATE INDICATOR IN THE EVALUATION OF THE STATE OF RECREATIONAL PINE FORESTS OF THE BAYANAUL STATE NATIONAL NATURAL PARK

Ключевые слова: сосновые древостои, полнота древостоев, категории крупности, жизненное состояние, комплексный оценочный показатель, рекреационное лесопользование.

Keywords: pine forest stands, stand density, size categories, vital status, integrated estimate indicator, recreational forest use.

Представлены данные исследований состояния естественных и искусственных сосновых древостоев Баянаульского государственного национального природного парка (ГНПП), расположенного на территории Баянаульского административного района Павлодарской области на окраине Центрально-Казахстанского мелкосопочника. Объектами исследований являлись молодняки и средневозрастные сосняки, произрастающие в сухих (тип леса C_2) и свежих (тип леса C_3) лесорастительных условиях в зоне туристической и рекреационной деятельности. Анализ состояния исследуемых сосновых древостоев проводился на основе впервые примененного для рассматриваемых сосняков комплексного оценочного показателя или коэффициента напряженности роста (КОП). Проведен анализ изменения КОП в зависимости от полноты древостоев, категорий крупности и жизненного состояния деревьев. Выявлено, что в высокополнотных естественных и искусственных древостоях наименьшим коэффициентом напряженности роста характеризуются деревья, относящиеся к категории «здоровые». В результате проведенного анализа выявлено, что со снижением крупности деревьев отмечается увеличение значения КОП. Найдена тесная связь КОП с категориями крупности и жизненного состояния деревьев, которая аппроксимируется линейной функцией и функцией полинома 2-й степени. Уточнены оптимальные значения комплексного оценочного показателя (КОП) для сосняков II-IV классов возраста Баянаульского ГНПП. Изучена поврежденность исследуемых сосняков на основе использования показателя поврежденности. Выявлено, что естественные древостои характеризуются как «поврежденные», искусственные сосняки – как «ослабленные». Разработана предварительная шкала определения состояния сосняков естественного и искусственного происхождения Баянаульского ГНПП по совокупности показателей жизненного состояния (ОЖС), поврежденности древостоя (D_v) и

комплексного оценочного показателя или коэффициента напряженности роста (КОП).

The paper presents the results of the investigation of the state of planted and natural pine forest stands of the Bayanaul State National Natural Park (SNNP Bayanaul). The SNNP Bayanaul is located in the territory of the Bayanaulskiy administrative district of the Pavlodar Region at the edge of the Central Kazakhstan Hummocks. The research targets were sapling stage pine stands and middle-aged pine stands growing in dry forest sites (forest type C_2) and in fresh forest sites (forest type C_3) in the zone of tourism and recreational activity. For the first time an integrated estimate indicator, or growth intensity coefficient (GIC), was used to evaluate the state of the studied pine stands. The change of GIC was analyzed depending on the stand density, size categories and the vital status of the trees. It was found that in high-density pine stands of natural and artificial origin, the trees belonging to "healthy" category revealed the lowest growth intensity coefficient. The study revealed that with tree size reduction the value of the integrated estimate indicator increased. A close relation of the integrated estimate indicator with the categories of tree size and vital status has been found; it may be approximated by a linear function and the function of polynomial of the 2nd degree. The optimal values of the integrated estimate indicator for the pine stands of the age classes II-IV of the SNNP Bayanaul were specified. The damage of the pine stands was studied through the use of the damage indicator. It has been found that the natural stands are characterized as "damaged" ones and artificial stands – as "weakened" stands. A preliminary pine stand status scale for the natural and artificial stands of the SNNP Bayanaul based on the combined indices of the vital status, stand damage (D_v) and integrated estimate indicator or growth intensity coefficient has been developed.

Данчева Анастасия Васильевна, к.с.-х.н., н.с., Казахский НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации, г. Щучинск, Акмолинская обл., Республика Казахстан. E-mail: a.dancheva@mail.ru, prec-nir@usfeu.ru.

Залесов Сергей Вениаминович, д.с.-х.н., проф., проректор по научной работе, Уральский государственный лесотехнический университет. Тел.: (343) 254-63-24. E-mail: zalesov@usfeu.ru.

Dancheva Anastasiya Vasilyevna, Cand. Agr. Sci., Staff Scientist, Kazakh Research Institute of Forestry and Silvicultural Reclamation, Shchuchinsk, Akmola Region, Republic of Kazakhstan. E-mail: a.dancheva@mail.ru, prec-nir@usfeu.ru.

Zalesov Sergey Veniaminovich, Dr. Agr. Sci., Prof., Vice-Rector for Scientific Activities, Ural State Forestry Engineering University. Ph.: (343) 254-63-24. E-mail: zalesov@usfeu.ru.

Введение

Устойчивое управление лесами – это целенаправленное, долговременное, экономически выгодное взаимоотношение человека и лесных экосистем [1]. Рекреационная деятельность, осуществляемая на лесных участках, оказывает существенное влияние на состояние лесных природных комплексов [2]. В результате значительной и всевозрастающей антропогенной нагрузки леса утрачивают экологические функции [3].

Экологическая продуктивность леса определяется эффективностью выполнения лесом

средообразующей, ландшафтно- и биосферно-стабилизирующей, кислородно-продуцирующей, водоохранно-водорегулирующей функций и возможностью нейтрализовать техногенные, рекреационные и другие нагрузки [4]. Основными экологообразующими характеристиками древостоев являются породный состав и густота произрастания [5-7].

Баянаульский государственный национальный природный парк (Баянаульский ГНПП) основан в 1985 г. как первый национальный парк в Республике Казахстан, созданный с

целью максимального сохранения уникальных природных комплексов, упорядочения туризма и рекреации, улучшения отдыха трудящихся [8]. Однако отмеченная тенденция сокращения площади сосновых лесов Баянаула в XIX в. со 114 до 28 тыс. га наблюдается и по сегодняшний день. По данным учета лесного фонда на 01.01.2007 сосняки занимают площадь около 8 тыс. га. Поэтому становится актуальным вопрос изучения состояния сосновых насаждений Баянаульского ГНПП с применением новых, более точных и технологичных показателей и разработки, на этой основе предложений по сохранению этих уникальных лесов.

Целью работы являлось изучение состояния естественных и искусственных сосновых древостоев рекреационного назначения Баянаульского ГНПП. Впервые для сосновых древостоев Баянаульского ГНПП в качестве показателя жизненного состояния использован комплексный оценочный показатель (КОП), и на основе полученных данных разработана предварительная шкала оценки состояния сосняков II и III классов возраста.

Материалы и методы исследований

Баянаульский государственный национальный природный парк (Баянаульский ГНПП) расположен на территории Баянаульского административного района Павлодарской области на окраине Центрально-Казахстанского мелкосопочника [9]. Географические координаты – 51°00' с.ш. 75°40' в.д. По МСОП (Международный союз охраны природы, Гланде, Швейцария) Баянаульский ГНПП относится ко II категории – Национальные парки.

По данным учета лесного фонда на 01.01.2007 общая площадь Баянаульского ГНПП составляет 50,7 тыс. га, из них на долю покрытых лесом угодий приходится 12,9 тыс. га, или 25,5%.

Основной лесообразующей породой является сосна обыкновенная (*Pinussylvestris* L.), насаждения которой занимают 56,0% покрытой лесом площади. Искусственные насаждения сосны составляют 1,1% от общей площади, занимаемой сосновыми насаждениями.

В районе исследований преобладают сухие лесорастительные условия – тип леса С₂ – 60,1% от общей площади, занятой сосняками. По данным распределения лесных земель парка по функциональным зонам основная доля сосновых насаждений – до 38,1% приходится на зону туристической и рекреационной деятельности.

Объектом исследований являлись естественные и искусственные сосновые древостои. Заложено 5 пробных площадей (ПП) в Баянаульском лесничестве: ПП-4Б в типе леса С₂, ПП-5Б в типе леса С₃ – в естественных

сосняках, ПП-1Б в типе леса С₃, ПП-2Б в типе леса С₃, ПП-3Б в типе леса С₂ – в искусственных сосняках. Все ПП относятся к зоне туристической и рекреационной деятельности.

Закладка ПП проводилась в соответствии с общепринятыми методическими рекомендациями [10]. Для определения лесотаксационных параметров исследуемых сосновых древостоев применялся метод сплошных перечетов на пробных площадях, традиционный для исследовательских работ на ПП.

Оценка жизненного состояния деревьев проводилась по методике [11]. При показателе 100-80% жизненное состояние древостоя оценивалось как «здоровое», при 79-50% древостой считался поврежденным (ослабленным), при 49-20% – сильно поврежденным (сильно ослабленным), при 19% и ниже – полностью разрушенным.

Комплексный оценочный показатель (КОП), или коэффициент напряженности роста [12], рассчитывался по формуле:

$$\text{КОП} = \frac{H \times 100}{G_{1,3}}, \quad (1)$$

где КОП – комплексный оценочный показатель (коэффициент напряженности роста), см/см²;

H – средняя высота древостоя, м;

G_{1,3} – площадь поперечного сечения среднего дерева на высоте 1,3 м, см².

Для исследуемых сосновых насаждений были использованы следующие оптимальные значения КОП: в древостоях до 20 лет – 15-25; 20-30 лет – 10-18; 40-70 лет – 5-8 и свыше 100 лет – 2-3 см/см² [13].

Поврежденность древостоя определялась по формуле, предложенной В.А. Алексеевым [11]:

$$D_v = \frac{30 \times M_2 + 60 \times M_3 + 95 \times M_4 + 100 \times M_5}{\Sigma M}, \quad (2)$$

где D_v – поврежденность древостоя, %;

M₂, M₃, M₄ – запас древесины поврежденных (ослабленных), сильно поврежденных, усыхающих деревьев и сухостоя на пробной площади или на 1 га, м³;

30, 60, 95 и 100 – коэффициенты, выражающие (в %) поврежденность разных категорий деревьев;

ΣM – общий запас древесины деревьев древостоя на пробной площади, или 1 га, м³ (включая объем здоровых деревьев).

При показателе D_v менее 20% древостой можно считать «здоровым» (поврежденность от 11 до 19% свидетельствует о начальном ослаблении древостоя), при 20-49% – «поврежденным», при 50-79% – сильно поврежденным, при 80% и более – «разрушенным».

Результаты и их обсуждение

По данным таблицы 1 объекты исследования представлены чистыми по составу одно-возрастными сосняками. На момент закладки опытов возраст естественных древостоев составил 69 лет (IV класс возраста). Класс бонитета – V.

Искусственные сосняки на ПП-2Б и 3Б относятся к II классу возраста, на ПП-1Б древостой характеризуется IV классом возраста.

Исследуемые насаждения естественного и искусственного происхождения относятся к высокополнотным со средним значение полноты 1,2. ПП-1Б заложена в среднеполнотных древостоях, значение полноты – 0,6.

Определение жизненного состояния деревьев методами, основанными на визуальной оценке, носит, как правило, субъективный характер, зависящий от мнения конкретного исследователя [14]. Для объективной оценки категории жизненного состояния деревьев целесообразно использовать дополнительные количественные показатели, которые должны быть технологичными, то есть легко и точно измеряемыми, а значения – обуславливаться категориями состояния. Одним из таких показателей, характеризующих состояние древостоев, является комплексный оценочный показатель (КОП), или коэффициент напряженности роста [15], который выражает отношение высоты дерева к площади его поперечного сечения. Помимо характеристики состо-

яния древостоев, КОП является важным критерием оценки достаточности их изреживания.

Материалы таблицы 2 свидетельствуют, что значение комплексного оценочного показателя, или коэффициента напряженности роста (КОП) исследуемых древостоев на большинстве ПП, варьирует в пределах от 7,2 до 7,9 см/см². По разработанным значениям КОП для древостоев, произрастающих в РФ, последнее является верхней границей оптимальных значений, для данной возрастной категории сосновых древостоев, то есть исследуемые высокополнотные сосняки можно характеризовать как «здоровые».

Значение КОП соснового древостоя на ПП-3Б равно 8,6 см/см². Поскольку возраст древостоя на ПП-3Б составляет 33 года и данный возраст период не входит в возрастные категории, для которых установлены оптимальные значения КОП, то нами изучение состояния древостоя на ПП-3Б проведено на основе использования показателя коэффициента напряженности роста. Указанный показатель будет рассмотрен совместно с исследуемыми древостоями на других ПП, относящихся к возрастному периоду 40-70 лет. В связи с чем ранее указанная величина КОП соснового древостоя на ПП-3Б дает основание предполагать о пониженной биологической устойчивости сосняка на данном участке.

Таблица 1

Таксационная характеристика исследуемых сосновых древостоев Баянальского ГНПП

№ ПП	Состав	Тип леса	Возраст, лет	Средние		Устой, шт/га	Полнота		Запас, м ³ /га	Класс бонитета	Класс Крафта	Площадь роста, м ²
				высота, м	диаметр, см		абсолютная, м ² /га	относительная				
Естественные насаждения												
4Б	10С	C ₂	69	8,9	12,4	2525	30,6	1,1	157	V	II.6	4,0
5Б	10С	C ₃	69	10,3	14,9	2128	37,1	1,2	207	V	II.8	4,7
Искусственные насаждения												
1Б	10С	C ₃	65	11,1	19,3	583	17,1	0,6	98	IV	II.4	17,2
2Б	10С	C ₃	40	10,6	14,8	2080	35,7	1,2	207	III	II.7	4,8
3Б	10С	C ₂	33	9,0	12,2	2778	32,5	1,1	162	III	II.6	3,6

Таблица 2

Среднестатистические значения показателя жизненного состояния (ОЖС), поврежденности древостоя (D_v) и комплексного оценочного показателя (КОП) сосняков Баянальского ГНПП

№ ПП	ОЖС, %	КОП, см/см ²	D _v , %
Естественные древостои			
4Б	65,5 ± 1,4	7,9 ± 0,2	23,9
5Б	63,1 ± 2,1	7,2 ± 0,3	23,7
Искусственные древостои			
1Б	75,6 ± 1,7	5,0 ± 0,3	9,3
2Б	62,6 ± 2,4	7,5 ± 0,3	16,6
3Б	68,2 ± 2,0	8,6 ± 0,3	12,1

Вышеприведенные данные значения КОП для исследуемых древостоев Баянаульского ГНПП и полученный в результате проведенных исследований вывод о том, что рассматриваемые древостои на ПП-2Б, 4Б и 5Б характеризуются оптимальным значением коэффициента напряженности роста, вызывают сомнения, которые, в свою очередь, объясняются несколькими фактами. Во-первых, КОП зависит, как известно, от высоты и площади сечения дерева. Во-вторых, оптимальные значения КОП, которые использовались в нашем случае, были рассчитаны российскими учеными для насаждений, произрастающих на территории РФ. Естественно, что таксационные характеристики исследуемых сосновых лесов Баянаульского ГНПП сильно разнятся с таковыми российских сосняков. Тем более что сосновые древостои Казахского мелко-сосочника, какими и являются сосняки Баянаульского ГНПП, отличаются своей низкорослостью. Необходимо учитывать тот факт, что при одной и той же площади сечения дерева, но с разными значениями высоты, КОП будет также разный, и чем меньше значение высоты, тем, соответственно, меньше значение КОП. Данное обстоятельство и объясняет занижение значения КОП в исследуемых сосновых древостоях Баянаульского ГНПП, тем самым относя их в категорию «здоровых».

В-третьих, исследованиями [12] выявлено, что при густоте посадки 1,5x0,7 м отмечается наиболее высокое значение КОП, при котором древостои характеризуются пониженной биологической устойчивостью, в разреженных древостоях, наоборот, КОП наиболее низкий.

По данным исследований ряда авторов [16, 17], наилучший рост перспективных деревьев достигается оставлением в 20-летнем возрасте общей густоты 1,5 тыс. деревьев на 1 га, в возрасте 30 лет – 1,1 тыс. деревьев на 1 га.

По результатам наших исследований сосняки на ПП-2Б, 3Б, 4Б и 5Б являются высокополнотными и загущенными (табл. 1). Следовательно, теоретически, они не могут характеризоваться оптимальными значениями КОП. В подтверждение этого факта следует обратить внимание на значение КОП в среднеполнотных сосновых древостоях на ПП-1Б, которое составляет 5,0 см/см², что является нижним пределом оптимальных значений рассматриваемого показателя.

Для более точного определения оптимальных значений КОП сосновых древостоев Баянаульского ГНПП было проведено распределение его значения деревьев по категориям крупности (табл. 3).

Материалы таблицы 3 свидетельствуют о том, что наименьшим значением КОП характеризуются деревья, относящиеся к катего-

рии крупности «крупные». КОП данной категории колеблется в пределах от 2,3 до 4,0 см/см². Полученные значения КОП намного меньше оптимальных его значений, используемых в наших исследованиях.

Таблица 3
Среднестатистические значения КОП
сосновых древостоев
Баянаульского ГНПП в зависимости
от категорий крупности деревьев, см/см²

№ ПП	Категории крупности		
	крупные	средние	мелкие
Естественные древостои			
ПП-4Б	3,8±0,3	7,0±0,2	10,7±0,3
ПП-5Б	3,8±0,1	6,9±0,2	12,0±0,4
Искусственные древостои			
ПП-1Б	2,3±0,1	4,5±0,2	11,0±0,4
ПП-2Б	3,4±0,1	6,7±0,2	12,3±0,3
ПП-3Б	4,0±0,3	7,1±0,2	11,7±0,2

Следует отметить, что оптимальные значения КОП для древостоев, произрастающих на территории РФ, были определены по значениям КОП климаксовых древостоев [12], состоящие преимущественно из деревьев I и II классов Крафта. В наших исследованиях деревья, относящиеся к категории «крупные», также характеризуются деревьями I и II классов Крафта. Поэтому основное внимание в определении оптимальных значений КОП уделено именно деревьям этой категории крупности.

КОП деревьев, относящихся к категории крупности «средние» в высокополнотных сосновых древостоях, составляет 6,7±0,2-7,1±0,2 см/см², что, соответственно, по существующей градации оптимальных значений КОП также является наилучшим показателем коэффициента напряженности роста для данной категории крупности. Однако для данной группы характерны деревья III и IV классов Крафта, что противоречит данным исследований вышеуказанных авторов и является еще одним доказательством о недопустимости применения оптимальных значений КОП, разработанных для российских лесов, к древостоям Баянаульского ГНПП. В подтверждение вышеуказанному факту стоит обратить внимание на значение КОП «средних» деревьев в среднеполнотных насаждениях на ПП-1Б, равное 4,5±0,2 см/см², которое, соответственно, ниже нижней границы используемых в наших исследованиях оптимальных значений КОП.

Повышенным значением КОП на всех ПП характеризуются только деревья, относящиеся к категории крупности «мелкие».

В результате проведенного анализа выявлено, что со снижением крупности деревьев отмечается увеличение значения КОП. Так, если КОП «крупных» деревьев в естественных и искусственных древостоях составляет

3,4-4,0 см/см², то у деревьев, относящихся к категории «средние», значение рассматриваемого показателя увеличивается в 1,8-2,0 раза, а у «мелких» деревьев – в 2,9-3,6 раза.

Отмеченные существенные различия средних значений КОП между сравниваемыми категориями крупности деревьев подтверждаются рассчитанным *t*-критерием Стьюдента (*t*₂), значение которого колеблется в пределах 8,6-16,3 при табличном его значении *t*_{0,05}=1,99-2,00.

По результатам проведенных исследований в сосновых древостоях выявлена тесная связь комплексного оценочного показателя (КОП) с категориями крупности деревьев, которая в естественных сосняках аппроксимируется

линейной функцией, в искусственных сосняках, – функцией полинома 2-й степени (рис. 1).

Данные рисунка 1 свидетельствуют о том, что в искусственных сосняках наименьшими, среди сравниваемых ПП, значениями КОП по всем категориям крупности характеризуются среднеполнотные древостои на ПП-1Б. Выявлены достоверные различия в значении КОП по всем категориям крупности деревьев между среднеполнотными древостоями на ПП-1Б и высокополнотными древостоями на ПП-2Б и 3Б, которые подтверждаются рассчитанным критерием Стьюдента *t*₃=2,6-9,2 при *t*_{0,05}=1,98-2,12.

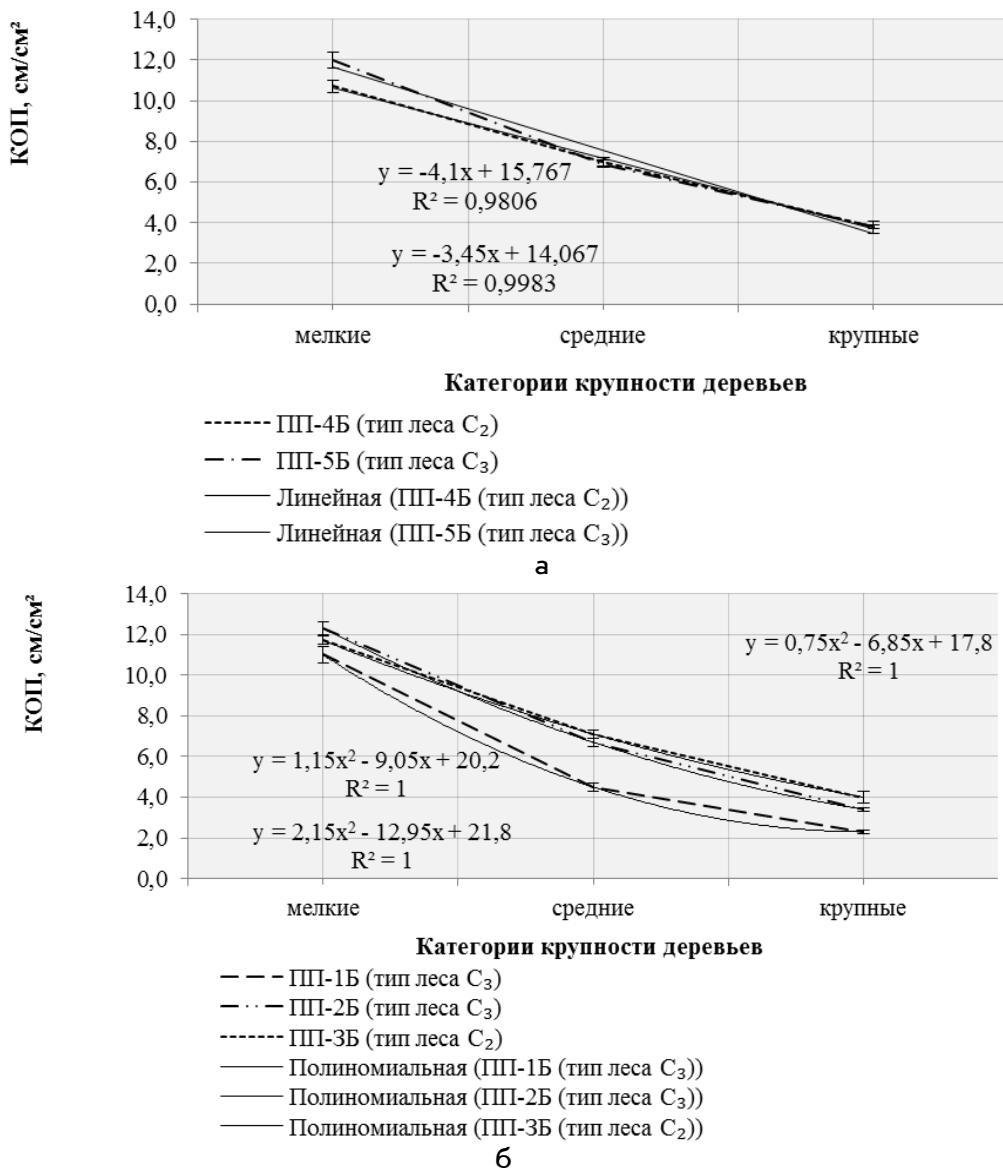


Рис. 1. Взаимосвязь коэффициента напряженности роста и категорий крупности деревьев в сосновых древостоях Баянаульского ГНПП: а – естественные сосняки; б – искусственные сосняки

В силу сложившихся обстоятельств и выявленных несоответствий используемых оптимальных значений КОП, рассчитанных для древостоев, произрастающих на территории РФ и примененных к соснякам Баянаульского ГНПП, не менее важным в оценке напряженности роста древостоев является распределение значения КОП по категориям жизненного состояния, представленного в таблице 4.

Из приведенных в таблице 4 данных следует, что в высокополнотных естественных и искусственных древостоях наименьшими значениями КОП характеризуются деревья, относящиеся к категории «здоровые» – 5,1-6,5 см/см², а также «ослабленные» деревья со средним значением КОП, равным 7,1-9,0 см/см². КОП деревьев, состояние которых характеризуется как «сильно ослабленные» и «отмирающие», в 1,8-2,5 раза, превышает значения рассматриваемого показателя «здоровых» и «ослабленных» деревьев.

Существенные различия в значениях КОП отмечаются между всеми категориями жизненного состояния, кроме «сильно ослабленных» и «отмирающих», и подтверждаются

рассчитанным t-критерием Стьюдента (t_s), значение которого изменяется от 4,2 до 12,0 при табличном его значении $t_{0,05}=1,99-2,0$.

Установленная тесная взаимосвязь КОП и категорий жизненного состояния в сосняках естественного происхождения аппроксимируется функцией полинома 2-й степени (рис. 2).

В искусственных древостоях (рис. 3) зависимость коэффициента напряженности роста (КОП) от категорий жизненного состояния деревьев также характеризуется высокой теснотой связи, которая подтверждается достаточно высоким коэффициентом аппроксимации (R^2).

Наименьшими значениями КОП по всем рассматриваемым категориям жизненного состояния характеризуются среднеполнотные древостои на ПП-1Б. Выявлены достоверные различия в значении КОП по всем категориям жизненного состояния деревьев между среднеполнотными древостоями на ПП-1Б и высокополнотными древостоями на ПП-2Б и 3Б, которые подтверждаются рассчитанным критерием Стьюдента $t_s=2,7-7,8$ при $t_{0,05}=1,98-2,14$.

Таблица 4

Среднестатистические данные коэффициента напряженности роста (КОП) сосняков Баянаульского ГНПП по категориям жизненного состояния, см/см²

№ ПП	Тип леса	Категории жизненного состояния			
		здоровые	ослабленные	сильно ослабленные	отмирающие
Естественные древостои					
4Б	C ₂	6,4±0,4	7,8±0,3	10,6±0,4	11,7
5Б	C ₃	5,1±0,4	7,2±0,3	11,5±0,8	10,1±2,1
Искусственные древостои					
1Б	C ₃	4,5±0,3	5,1±0,4	8,4±0,7	9,3±3,1
2Б	C ₃	5,1±0,2	7,1±0,3	10,7±0,5	13,0±0,4
3Б	C ₂	6,5±0,3	9,0±0,3	12,8±0,1	12,6±0,3

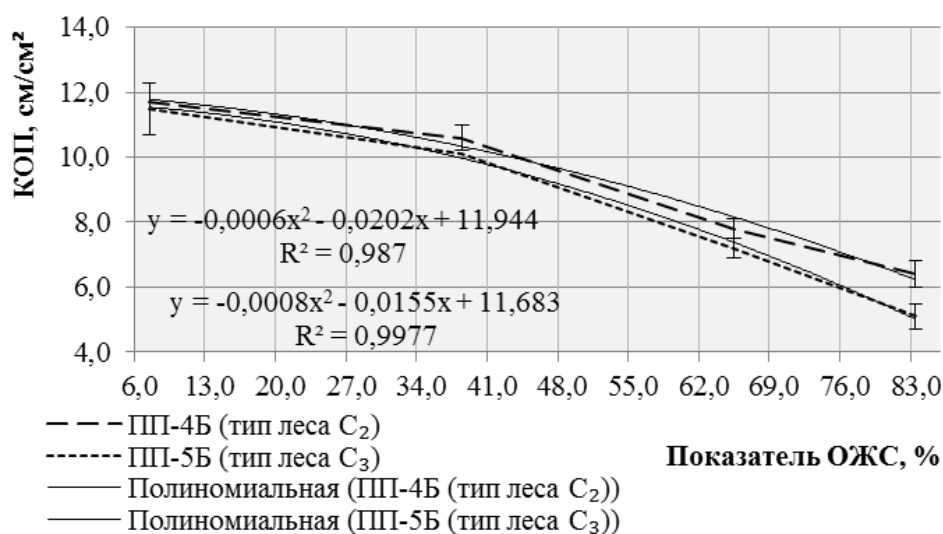


Рис. 2. Взаимосвязь коэффициента напряженности роста (КОП) и показателя жизненного состояния (ОЖС) в естественных сосняках Баянаульского ГНПП

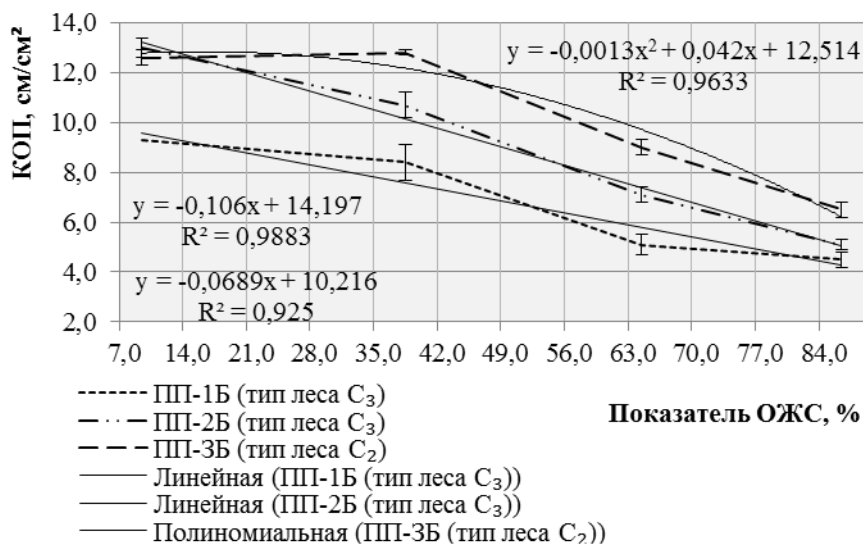


Рис. 3. Взаимосвязь коэффициента напряженности роста (КОП) и показателя жизненного состояния (ОЖС) в искусственных сосняках Баянаульский ГНПП

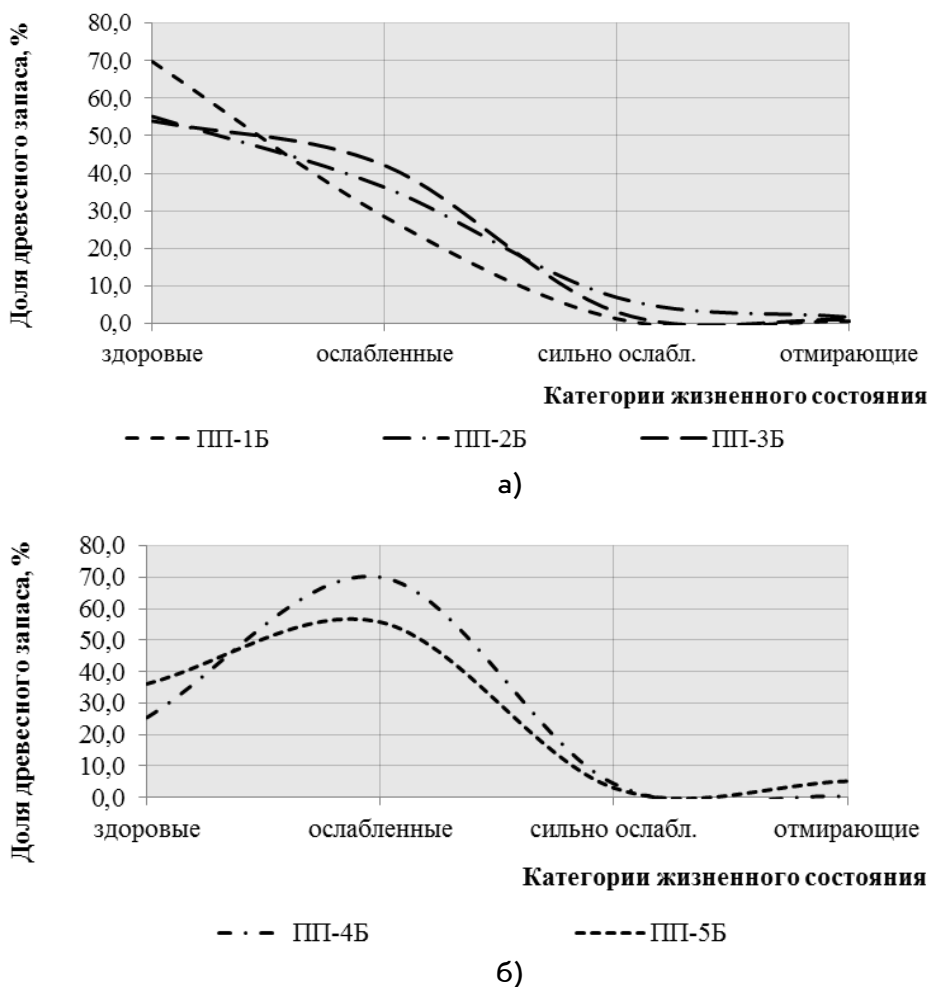


Рис. 4. Распределение древесного запаса по категориям жизненного состояния в сосновых насаждениях в Баянаульском ГНПП: а – искусственные сосняки; б – естественные сосняки

Сопоставив полученные в результате исследований данные по значению КОП деревьев, относящихся к различным категориям крупности и жизненного состояния, достоверность различий между которыми подтверждена рассчитанным t-критерием Стьюдента, можно сделать предварительное заключение, что для сосняков естественного и искусственного происхождения в возрасте 40-70 лет, произрастающих в сухих и свежих типах лесорастительных условий Баянаульского ГНПП, оптимальные значения КОП находятся в пределах 3-6 см/см².

Помимо изучения комплексного оценочного показателя (КОП) сосновых древостоев Баянаульского ГНПП нами были проведены исследования по оценке степени их поврежденности.

В таблице 2 представлены данные по средним значениям показателя поврежденности древостоя (D_v) на исследуемых ПП. Как видно из таблицы 2, в естественных сосняках значение данного показателя колеблется в пределах 23,7-23,9%, что свидетельствует о «поврежденности» древостоя (критерий для данной стадии поврежденности составляет 20-49%).

В искусственных сосняках значение показателя поврежденности древостоя (D_v) на ПП не превышает 17,0%, из чего следует, что древостой является «здоровым».

Поскольку показатель поврежденности древостоя (D_v) зависит от запаса ослабленных, сильно ослабленных и разрушенных деревьев, то полученное, в результате расчетов, завышенное значение рассматриваемого показателя в естественных сосняках, по сравнению с искусственными сосновыми древостоями, объясняется наличием большого количества «ослабленных» деревьев, на долю древесного запаса которых приходится до 62% от общего его значения (рис. 4).

В искусственных древостоях снижение величины показателя их поврежденности (D_v) происходит по причине присутствия в составе древостоя значительного количества «здоровых» деревьев (до 36% от общего количества деревьев на ПП), запас которых не учи-

тывается при расчете рассматриваемого показателя.

По полученным значениям показателя поврежденности искусственных древостоев можно сказать, что они ослабленные, но не поврежденные.

В результате проведенного анализа данных исследований разработана предварительная шкала определения состояния сосняков естественного и искусственного происхождения Баянаульского ГНПП по совокупности показателей жизненного состояния (ОЖС), поврежденности древостоя (D_v) и комплексного оценочного показателя или коэффициента напряженности роста (КОП) (табл. 4).

Заключение

В результате проведенной оценки напряженности роста исследуемых деревьев выявлено, что наибольшими значениями КОП характеризуются деревья, относящиеся к категории крупности «мелкие» с оценкой жизненного состояния «сильно ослабленные» и «отмирающие». Наличие таких деревьев в составе древостоя существенно завышает значение комплексного оценочного показателя (КОП), что, в свою очередь, является причиной снижения устойчивости исследуемых насаждений.

Установленная тесная взаимосвязь коэффициента напряженности роста (КОП) с категориями крупности и категориями жизненного состояния аппроксимируется уравнением линейной и полиномиальной функциями.

Установлено, что коэффициент напряженности роста (КОП) является достоверным показателем биологической устойчивости как всего древостоя в целом, так и отдельно рассматриваемых групп деревьев по категориям крупности и жизненного состояния.

На основе полученных данных уточнены оптимальные значения комплексного оценочного показателя или коэффициента напряженности роста (КОП) для сосняков естественного и искусственного происхождения в возрасте 40-70 лет, произрастающих в сухих и свежих типах лесорастительных условий Баянаульского ГНПП. Оптимальные значения КОП находятся в пределах 3-6 см/см².

Таблица 4

Шкала оценки состояния сосняков II и III классов возраста Баянаульского ГНПП

Категория состояния	Индекс состояния	Показатель ОЖС, %	Показатель поврежденности (D _v), %	КОП, см/см ²
Здоровые	ИС-1	80-100	10-19	3-6
Ослабленные	ИС-2	79-50	20-49	7-10
Сильно ослабленные и отмирающие	ИС-3	49-0	50-100	11 и выше

Библиографический список

1. Степаненко И.И. Критерии и индикаторы роста, продуктивности лесных насаждений при их интенсивном выращивании // Изв. вузов. Лесн. журн. – 2015. – № 4. – С. 18-29.
2. Бабушкина О.Г., Сериков М.Т. Значение экосистемного метода лесоустройства для проектирования рационального экологически безопасного, экономически эффективного освоения рекреационных лесов // Лесотехнический журнал. – 2011. – № 3. – С. 41-47.
3. Андреев Д.Н. Методика комплексной диагностики антропогенной трансформации особо охраняемых природных территорий // Географический вестник. Физическая география и геоморфология. – 2012. – № 4(23). – С. 4-10.
4. Хайретдинов А.Ф., Залесов С.В. Введение в лесоводство: учебное пособие. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т. – 2011. – 202 с.
5. Чибисов Г.А., Нефедова А.И. Экологическая эффективность рубок ухода за лесом // Изв. вузов. Лесн. журн. – 2003. – № 5. – С. 11-17.
6. Etsuko Utsugi, Hiroshi Kanno, Naoto Ueno, Mizuki Tomita, Kenji Seiwa, et al. Hardwood recruitment into conifer plantations in Japan: Effects of thinning and distance from neighboring hardwood forests // Forest Ecology and Management. – 2006. – Vol. 237 (1). – P. 15-28.
7. Miren del Rio, Rafael Calama, Isabel Cannellas, Sonia Roig, Gregorio Montero. Thinning intensity and growth response in SW-European Scots pine stands // Annals of Forest Science. – 2008. – Vol. 65 (3). – P. 308-308.
8. Горчаковский П.Л. Лесные оазисы Казахского мелкосопочника. – М.: Наука, 1987. – 158 с.
9. Лесоустроительный проект Баянаульского государственного национального природного парка Павлодарской области. Том I: пояснительная записка. – 2006. – 182 с.
10. Данчева А.В., Залесов С.В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения: учебное пособие. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. – 152 с.
11. Алексеев В.А. Диагностика поврежденных деревьев и древостоев при атмосферном загрязнении и оценка их жизненного состояния // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Л.: Наука, 1990. – С. 38-53.
12. Густова А.И., Терехина Д.К. Оценка гидрофизических характеристик древесины для обоснования лесоводственных уходов в защитном лесоразведении // Аграрный вестник Урала. – 2007. – № 5(41). – С. 55-59.

13. Искаков С.И., Жорабекова Ж.Т., Елемесов М.М. Современное состояние искусственных сосновых насаждений в ленточных борах Прииртышья // Развитие «зеленой экономики» и сохранение биологического разнообразия: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Щучинск, 2013. – С. 117-123.
14. Шевелина И.В., Коростелев И.Ф., Плотникова О.А, Росляков А.Н., Григорьев В.В. Таксационные особенности сосновых древостоев различных стадий рекреационной дигрессии // Изв. вузов. Лесн. журн. – 2010. – № 5. – С. 30-35.
15. Шульга В.Д., Густова А.И., Терехина Д.К. Обоснование облигатности интенсивных лесоводственных уходов для рекреационных древостоев аридной зоны // Аридные экосистемы. – 2007. – Т. 13. – № 33-34. – С. 81-88.
16. Минин Н.С., Захаров А.Ю. Рост сосняков искусственного происхождения под влиянием рубок ухода // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – 2013. – № 6. – С. 60-64.
17. Чибисов Г.А., Минин Н.С. Рост сосняков под влиянием рубок ухода 40-летней давности // Изв. вузов. Лесн. журн. – 2004. – № 3. – С. 10-14.

References

1. Stepanenko I.I. Kriterii i indikatory rosta, produktivnosti lesnykh nasazhdenii pri ikh intensivnom vyrashchivanii // Izv. vuzov. Lesn. zhurn. – 2015. – № 4. – S. 18-29.
2. Babushkina O.G., Serikov M.T. Znachenie ekosistemnogo metoda lesoustroistva dlya proektirovaniya ratsional'nogo ekologicheskii bezopasnogo, ekonomicheskii effektivnogo osvoeniya rekreatsionnykh lesov // Lesotekhnicheskii zhurnal. – 2011. – № 3. – S. 41-47.
3. Andreev D.N. Metodika kompleksnoi diagnostiki antropogennoi transformatsii osobo okhranyaemykh prirodnykh territorii // Geograficheskii vestnik. Fizicheskaya geografiya i geomorfologiya. – 2012. – № 4 (23). – S. 4-10.
4. Khairtudinov A.F., Zalesov S.V. Vvedenie v lesovodstvo: uchebnoe posobie. – Ekaterinburg: Ural. gos. lesotekhn. un-t, 2011. – 202 s.
5. Chibisov G.A., Minin N.S. Rost sosnyakov pod vliyaniem rubok ukhoda 40-letnei davnosti // Izv. vuzov. Lesn. zhurn. – 2004. – № 3. – S. 10-14.
6. Etsuko Utsugi, Hiroshi Kanno, Naoto Ueno, Mizuki Tomita, Kenji Seiwa, et al. Hardwood recruitment into conifer plantations in Japan: Effects of thinning and distance from neighboring hardwood forests // Forest Ecology and Management. – 2006. – Vol. 237 (1). – P. 15-28.

7. Miren del Rio, Rafael Calama, Isabel Cannellas, Sonia Roig, Gregorio Montero. Thinning intensity and growth response in SW-European Scots pine stands // *Annals of Forest Science*. – 2008. – Vol. 65 (3). – P. 308-308.

8. Gorchakovskii P.L. Lesnye oazisy Kazakhskogo melkosopochnika. – M.: Nauka, 1987. – 158 s.

9. Lesoustroitel'nyi proekt Bayanaul'skogo gosudarstvennogo natsional'nogo prirodnogo parka Pavlodarskoi oblasti. Tom I. Poyasnitel'naya zapiska. 2006. – 182 s.

10. Dancheva A.V., Zalesov S.V. Ekologicheskii monitoring lesnykh nasazhdenii rekreatsionnogo naznacheniya: uchebnoe posobie. – Ekaterinburg: Ural. gos. lesotekhn. un-t, 2015. – 152 s.

11. Alekseev V.A. Diagnostika povrezhdenii derev'ev i drevostoev pri atmosferom zagryaznenii i otsenka ikh zhiznennogo sostoyaniya // *Lesnye ekosistemy i atmosfernoe zagryaznenie*. – L.: Nauka, 1990. – S. 38-53.

12. Gustova A.I., Terekhina D.K. Otsenka gidrofizicheskikh kharakteristik drevesiny dlya obosnovaniya lesovodstvennykh ukhodov v zashchitnom lesorazvedenii // *Agrarnyi vestnik Urala*. – 2007. – № 5 (41). – S. 55-59.

13. Iskakov S.I., Zhorabekova Zh.T., Elemesov M.M. Sovremennoe sostoyanie iskusstvennykh sosnovykh nasazhdenii v lentochnykh borakh Priirtysh'ya // *Razvitie «ze-*

lenoi ekonomiki» i sokhranenie biologicheskogo raznoobraziya: *Mat. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* – Shchuchinsk, 2013. – S. 117-123.

14. Shevelina I.V., Korostelev I.F., Plotnikova O.A, Roslyakov A.N., Grigor'ev V.V. Taksatsionnye osobennosti sosnovykh drevostoev razlichnykh stadii rekreatsionnoi digressii // *Izv. vuzov. Lesn. zhurn.* – 2010. – № 5. – S. 30-35.

15. Shul'ga V.D., Gustova A.I., Terekhina D.K. Obosnovanie obligatnosti intensivnykh lesovodstvennykh ukhodov dlya rekreatsionnykh drevostoev aridnoi zony // *Aridnye ekosistemy*. – 2007. – Tom 13. – № 33-34. – S. 81-88.

16. Minin N.S., Zakharov A.Yu. Rost sosnyakov iskusstvennogo proiskhozhdeniya pod vliyaniem rubok ukhoda / *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta*. – 2013. – № 6. – S. 60-64.

17. Chibisov G.A., Nefedova A.I. Ekologicheskaya effektivnost' rubok ukhoda za lesom // *Izv. vuzov. Lesn. zhurn.* – 2003. – № 5. – S. 11-17.

Работа выполнена в рамках бюджетной программы 212 Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан по теме: «Разработать эколого-лесоводственные основы рационального лесопользования сосновых насаждений, принципы и методы оптимизации развития».



УДК 574.24

Е.А. Жук, Г.В. Васильева
Ye.A. Zhuk, G.V. Vasilyeva

МУТАЦИОННЫЕ «ВЕДЬМИНЫ МЕТЛЫ» У СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЛЕСНЫХ КУЛЬТУРАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

MUTATIONAL WITCHES' BROOMS IN SCOTS PINE FOREST CULTURES IN THE ALTAI REGION

Ключевые слова: соматическая мутация, ведьмина метла, *Pinus sylvestris*, мутагены, биоиндикатор, лесные культуры, антропогенное загрязнение.

Установлена частота встречаемости мутационных «ведьминых метел» у сосны обыкновенной в лесных культурах Павловского лесничества Алтайского края. Частота встречаемости составляла 1 на 152 дерева, а приблизительный возраст «ведьминых метел» – от 15 до 80 лет. Средняя частота встречаемости мутационных «ведьминых метел» у сосны обыкновенной в других районах около 1 на 5000-10000 деревьев. Конкретные причины повышенной частоты их образования невозможно идентифицировать, т.к. частота встречаемости «ведьминых метел» может использоваться только

как косвенный критерий загрязнения территории в дополнение к другим методам биондикации. Вероятным источником загрязнения данной территории является Семипалатинский ядерный полигон, однако для проверки этой гипотезы требуются дополнительные наблюдения.

Keywords: somatic mutation, witches' broom, *Pinus sylvestris*, mutagens, bioindicator, forest cultures, anthropogenic pollution.

The occurrence of mutational witches' brooms in Scots pine forest cultures in the Pavlovskoye Forestry, the Altai Region, was found. The occurrence was 1 per 152 trees, and the approximate age of witches' brooms was from 15 to 80 years. The average frequency of mutational witches' brooms in Scots