



DOI 10.21178/2079-6080.2017.3.4  
УДК 630\*228.1:630\*907.2

## Взаимосвязь параметров ассимиляционного аппарата деревьев с коэффициентом напряженности роста в сосняках Баянаульского ГНПП

© А.В. Данчева<sup>1</sup>, С.В. Залесов<sup>2</sup>

### **Relationship between parameters of assimilation apparatus and coefficient of growth of tension in pine forests of the Bayanaul SNPP**

**A.V. Dancheva, S.V. Zalesov** (Kazakh Scientific Research Institute of Forestry and Agroforestry; Ural State Forest Engineering University)

The results of the correlation between indicators of assimilation apparatus (length of needle, mass of a pair of pine needles, shoot increment) and coefficient of tension of growth (CTG) of pine forests of the State National Nature Park (SNPP) «Bayanaul». Object of research are high-density natural and artificial pine forests II and IV age class, which grow in dry (forest type C<sub>2</sub>) and fresh (forest type C<sub>3</sub>) forest-growing conditions. It is found that with increasing of coefficient of tension of growth (CTG) there is a general tendency to decrease the length of needles, mass of a 1 pair of needles and shoot increment. These indicators in «healthy» trees in 1.3-2.0 times a large the values of similar indicators of «weakened», «greatly weakened» and «dying» trees. The observed differences is statistically-valid. The difference in values indicators of assimilation apparatus (length of needle, mass of a pair of pine needles, shoot increment) between «weakened» trees and «greatly weakened» and «dying» trees in most cases it turns out that not statistically-valid. The highest correlation found between of index of the vitality and of the length of needles. On based on the evidence found, devised assessment scale of vitality of trees in high-density pine forests II-IV age classes Bayanaul SNPP based on the use of complex quantitative indicators of the assimilation apparatus. The practical application of this scale will allow for the monitoring of the pine forests and control the process of tree mortality and timely removal from the forest «greatly weakened» and «dying» trees, as well as to control the tension of their growth, which will provide of fire resistances stands, resistance to plant pests and diseases of trees, as well as increase their aesthetic appeal.

**Key words:** pine forest, coefficient of growth tension, length of needle, mass of a pair needles, shoot increment

**Взаимосвязь параметров ассимиляционного аппарата деревьев с коэффициентом напряженности роста в сосняках Баянаульского ГНПП**

**А.В. Данчева, С.В. Залесов**

Приведены данные по исследованию взаимосвязи показателей ассимиляционного аппарата (длины хвои, массы одной пары хвоинок и прироста побега) сосны с коэффициентом напряженности роста в древостоях Баянаульского государственного национального природного парка. Объектом исследований являлись высокополнотные естественные и искусственные сосняки II и IV классов возраста, произрастающие в сухих (тип леса С2) и свежих (тип леса С3) лесорастительных условиях. Установлено, что с увеличением коэффициента напряженности роста наблюдается общая тенденция снижения длины хвои, массы одной пары хвоинок и прироста побега. Рассматриваемые показатели «здоровых» деревьев в 1,3-2,0 раза статистически достоверно превышают значения аналогичных характеристик для «ослабленных», «сильно ослабленных» и «отмирающих» деревьев. При этом различия в показателях по ассимиляционному аппарату при сравнении «ослабленных» деревьев с «сильно ослабленными» и «отмирающими» – минимальны и в большинстве случаев статистически недостоверны. Наибольшая взаимосвязь показателя жизненного состояния в исследуемых древостоях получена с длиной хвои. Разработана предварительная шкала оценки состояния деревьев в высокополнотных сосняках II-IV классов возраста Баянаульского ГНПП на основе использования комплекса количественных характеристик ассимиляционного аппарата. Применение на практике данной шкалы позволит наиболее точно проводить мониторинг состояния насаждений и контролировать процесс отпада со своевременным удалением из древостоя «сильно ослабленных» и «отмирающих» деревьев, а также контролировать напряженность их роста, что, в свою очередь, обеспечит наибольшую устойчивость насаждений к воздействию пожаров, вредителей и болезней, а также повысит их эстетическую привлекательность.

**Ключевые слова:** сосновые древостои, коэффициент напряженности роста, длина хвои, масса одной пары хвоинок, прирост побега

Данчева Анастасия Васильевна – канд. с.-х. наук, науч. сотр. ТОО «КазНИИЛХА»  
E-mail: a.dancheva@mail.ru

Залесов Сергей Вениаминович – д-р с.-х. наук, профессор, проректор по научной работе  
E-mail: Zalesov@usfeu.ru

<sup>1</sup>Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации (ТОО «КазНИИЛХА») 021704, Республика Казахстан, г. Щучинск, ул. Кирова, 58  
Телефон: 8 (716 36) 4-11-53

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» 620100, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37  
Телефон: 8 (343) 254 63 24

### Введение

В настоящее время деградация лесных экосистем под влиянием различного рода антропогенных факторов является актуальной проблемой, которая особенно обостряется на урбанизированных территориях, где природная среда испытывает комплексное повышенное воздействие. В результате значительной и всевозрастающей антропогенной нагрузки леса утрачивают способность выполнять экологические функции [1].

Вопросы экологического мониторинга в условиях сильнейших антропогенных изменений в настоящее время приобрели особое значение [7]. Усиливающаяся рекреационная деятельность человека, которая является характерной чертой нашего времени, требует оценки и прогнозирования ожидаемой динамики лесных фитоценозов, подвергающихся данному виду антропогенного воздействия. Успех решения вышеуказанной проблемы обусловлен методологией исследования и поиском объективных и достоверных ключевых параметров оценки состояния лесных насаждений.

Одним из основных критериев оценки состояния деревьев и древостоев под воздействием различного рода факторов (антропогенных, климатических и пр.) являются биометрические показатели ассимиляционного аппарата и кроны деревьев [8, 12, 13]. Характеристики развития и функционального состояния ассимиляционного аппарата деревьев являются важными показателями жизнеспособности и потенциальных возможностей лесных насаждений [3]. Оценка корреляционной структуры кроны дерева является более чувствительным методом, который может быть использован для уточнения глазомерной оценки состояния насаждений [10].

### Материалы и методы

Объектом исследований являлись естественные и искусственные сосновые древостои Баянаульского государственного национального природного парка (ГНПП), расположенного на окраине Центрально-Казхстанского мелкосопочника.

Исследования проводились на 4 пробных площадях (ПП): в искусственных (ПП-2Б и

ПП-3Б) и естественных (ПП-4Б и ПП-5Б) основных древостоях, относящихся к зоне туристической и рекреационной деятельности.

Закладка ПП и определение таксационных показателей проводились в соответствии с общепринятыми методиками [4], исследование биометрических параметров хвои и побегов – по методическим рекомендациям А.А. Молчанова и В.В. Смирнова [9], С.В. Залесова [6], Я. Цельникера с соавт. [11] и др.

С каждого дерева срезали 3-4 модельные ветви в нижней части кроны с южной стороны и высушивали их до воздушно-сухого состояния. Охвоенные побеги одно-, двух- и трехлетнего возраста брали с ветвей III и IV порядка ветвления. Измеряли и рассчитывали следующие показатели: длину хвои (мм), прирост побега (мм) и массу одной пары хвоинок (г 10-3). Длину хвои и прирост побегов измеряли линейкой с точностью до 1 мм. Массу хвоинок определяли с точностью до 0,0001 г на электронных весах марки AR-2140. Обмер производился в 3-4-кратной повторности. Проанализировано 3779 пар хвоинок, 378 побегов и 378 навесок хвои. В анализе использовались данные средних значений рассматриваемых показателей ассимиляционного аппарата за 3 последних года.

Коэффициент напряженности роста (КОП) рассчитывался по формуле [2]:

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

где: КОП – комплексный оценочный показатель (коэффициент напряженности роста), см/см<sup>2</sup>;

H – средняя высота древостоя, м;

G<sub>1,3</sub> – площадь поперечного сечения среднего дерева на высоте 1,3 м, см<sup>2</sup>;

Для обработки данных привлекались статистический и регрессионный методы.

### Результаты исследований

Основные таксационные характеристики исследуемых сосновых древостоев представлены в таблице 1.

Объекты исследований представлены

Таблица 1

## Таксационная характеристика древостоев на пробных площадях

Показатели	Естественные насаждения		Искусственные насаждения	
	ПП 4Б	ПП 5Б	ПП 2Б	ПП 3Б
Состав	10С	10С	10С	10С
Тип леса	С2	С3	С3	С2
Возраст, лет	69	69	40	33
Высота, м	8,9	10,3	10,6	9,0
Диаметр, см	12,4	14,9	14,8	12,2
Густота, экз./га	2525	2128	2080	2778
Полнота	1,1	1,2	1,2	1,1
Запас, м <sup>3</sup> /га	157	207	207	162
Класс бонитета	V	V	III	III

чистыми по составу одновозрастными сосняками. На момент закладки опытов естественные древостои относились к IV классу возраста и имели V класс бонитета, искусственные – ко II классу возраста, класс бонитета – III. Исследуемые древостои относятся к высокополнотным, со средним значение полноты 1,2.

Ранее нами была проанализирована взаимосвязь применяемого на основе визуальной оценки состояния древостоев показателя жизненного состояния (ОЖС) с коэффициентом напряженности роста (КОП) и успешность использования последнего в качестве объективного и достоверного количественного показателя оценки состояния сосновых древостоев Баянаульского ГНПП [5]. В результате проведенных исследований было установлено, что со снижением ОЖС происходит увеличение КОП. В высокополнотных сосновых древостоях II-IV классов возраста КОП «здоровых» деревьев равен 3-6 см/см<sup>2</sup>. Значения КОП «ослабленных» деревьев колеблются в пределах 6-10 см/см<sup>2</sup>. «Сильно ослабленные» и «отмирающие» деревья характеризуются значениями КОП от 10 см/см<sup>2</sup> и выше.

Анализ взаимосвязи параметров ассимиляционного аппарата деревьев с КОП в исследуемых сосновых древостоях свидетельствует о тесной их связи, подтверждающейся достаточно высоким коэффициентом

аппроксимации ( $R^2=0,73-0,98$ ) (рис. 1-3). С увеличением КОП наблюдается общая тенденция снижения длины хвои, массы одной пары хвоинок и прироста побега.

В результате проведенных исследований установлено, что длина хвои деревьев, состояние которых оценивается как «здоровые», колеблется в пределах от  $52,4 \pm 0,6$  до  $33,2 \pm 0,4$  мм (рис. 1). Длина хвои «ослабленных» деревьев изменяется от  $33,9 \pm 0,5$  до  $28,4 \pm 0,5$  см/см<sup>2</sup>, «сильно ослабленных» и «отмирающих» от  $29,2 \pm 0,6$  до  $26,6 \pm 0,7$  см/см<sup>2</sup>. При этом длина хвои «здоровых» деревьев в 1,2-1,5 раза превышает аналогичный показатель «ослабленных» и в 1,6-1,7 раза – «сильно ослабленных» и «отмирающих» деревьев, в то время как разница в значениях длины хвои между «ослабленными», «сильно ослабленными» и «отмирающими» деревьями – минимальная (1,1-1,2 раза). Следует отметить, что различия в значениях длины хвои статистически достоверны между всеми сравниваемыми категориями состояния ( $t_{\text{факт}} = 2,3-23,7$  при  $t_{0,05} = 2,05-2,06$ ).

Данные, представленные на рисунке 2, свидетельствуют, что значения массы одной пары хвоинок деревьев, относящихся к категории состояния «здоровые», находятся в пределах от  $32,0 \pm 2,5$  до  $18,2 \pm 2,1$  г $\times 10^{-3}$ . Масса пары хвоинок «ослабленных» деревьев изменяется от  $11,1 \pm 1,2$  до  $15,6 \pm 0,8$  г $\times 10^{-3}$ , «сильно ослабленные» и

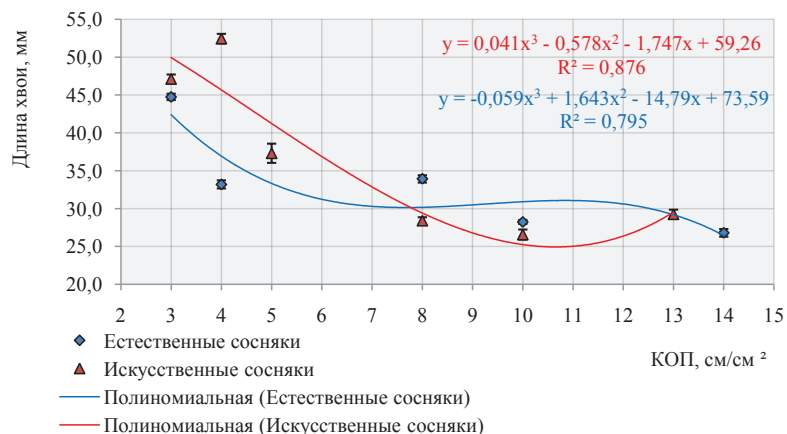


Рис. 1. Взаимосвязь коэффициента напряженности роста с длиной хвои

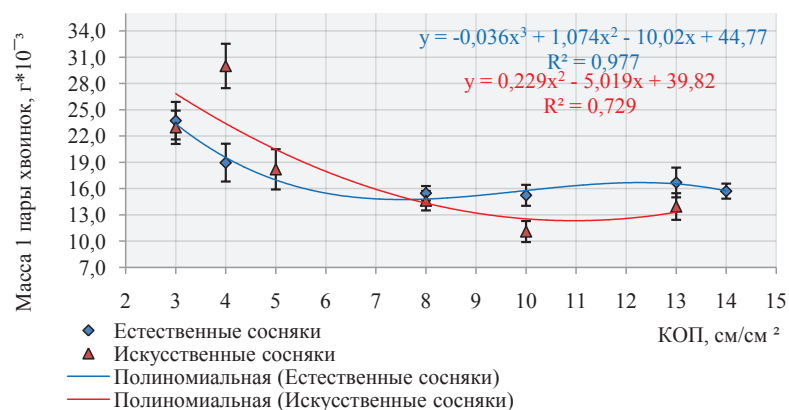


Рис. 2. Взаимосвязь коэффициента напряженности роста с массой одной пары хвоинок

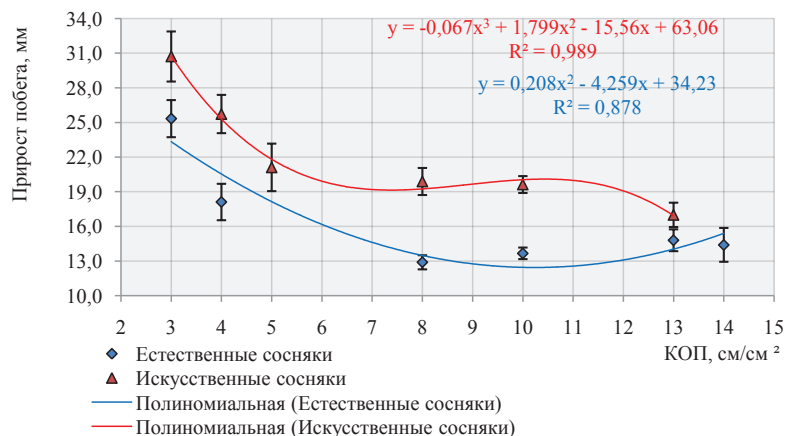


Рис. 3. Взаимосвязь коэффициента напряженности роста с приростом побега

«отмирающих» –  $11,1 \pm 1,2 - 15,7 \pm 0,9 \text{ г} \times 10^{-3}$ . При этом масса хвои «здоровых» деревьев в 1,2-1,9 раза превышает аналогичный показатель «ослабленных», «сильно ослабленных» и «отмирающих» деревьев. Следует отметить, что различия в значениях массы одной пары хвоинок статистически достоверны между «здоровыми» и «ослабленными» деревьями ( $t_{\text{факт}} = 2,1-4,1$  при  $t_{0,05} = 2,05-2,06$ ) и отсутствуют при сравнении «ослабленных» с «сильно ослабленными» и «отмирающими» деревьями ( $t_{\text{факт}} = 0,8-1,2$  при  $t_{0,05} = 2,05-2,06$ ).

В отличие от длины хвои и массы одной пары хвоинок, значения которых в естественных и искусственных древостоях относительно одинаковы, значение прироста побега, в сравниваемых по происхождению сосняках, различается при всех значениях КОП (рис. 3).

Полученные различия статистически достоверны ( $t_{\text{факт}} = 3,3-6,9$  при  $t_{0,05} = 2,2-2,3$ ). Прирост побега «здоровых» деревьев изменяется в пределах от  $25,3 \pm 1,6$  до  $18,1 \pm 1,6$  мм – в естественных и от  $28,0 \pm 2,2$  до  $21,2 \pm 2,1$  мм – в искусственных сосняках. Прирост побега «ослабленных» деревьев находится в пределах от  $13,7 \pm 0,5$  до  $12,9 \pm 0,6$  мм и от  $19,9 \pm 1,2$  до  $28,6 \pm 0,7$  мм, «сильно ослабленные» и «отмирающих» –  $14,8 \pm 0,9 - 13,7 \pm 0,7$  мм и  $14,8 \pm 0,9 - 13,7 \pm 0,7$  мм соответственно. При этом прирост побега «здоровых» деревьев в 1,3-2,0 раза превышает аналогичный показатель «ослабленных», «сильно ослабленных» и «отмирающих» деревьев. Различия в значениях прироста побега статистически достоверны между «здоровыми» и «ослабленными» деревьями ( $t_{\text{факт}} = 2,6-7,3$  при  $t_{0,05} = 2,05-2,06$ ) и отсутствуют при сравнении «ослабленных» с «сильно ослабленными» и «отмирающими» деревьями ( $t_{\text{факт}} = 0,6-1,4$  при  $t_{0,05} = 2,05-2,06$ ).

Анализ зависимости показателя жизненного состояния от лесоводственно-таксационных показателей сосновых насаждений был проведен с использованием программы расчета множественной регрессии, разработанной сотрудниками КазНИИЛХА – К.А. Хайдаровым и А.А. Макаренко.

Для расчетов использовали такие характеристики, как показатель жизненного состояния (%), диаметр дерева (см), высота ствола (м), диаметр кроны (м), протяжен-

ность (длина) кроны (м), запас стволовой древесины ( $\text{м}^3/\text{га}$ ), запас общей (надземной) фитомассы (т/га), запас фитомассы хвои (т/га), средний прирост побега за 3 года (мм), средняя масса одной пары хвоинок за 3 года ( $\text{г} \times 10^{-3}$ ), средняя длина хвои за 3 года (мм). На основании вычисленного коэффициента множественной корреляции ( $r$ ) определялась степень достоверности и тесноты связи между сравниваемыми показателями.

Согласно результатов проведенного регрессионного анализа, показатель жизненного состояния деревьев в сухих (группа типов леса  $C_2$ ) высокополнотных сосняках II-IV классов возраста Баянаульского ГНПП в наибольшей степени ( $r = 0,7487$ ) коррелирует со значением длины хвои. Полученная взаимосвязь описывается линейным уравнением:

$$y = -1,3864 + 1,6576 \times L_{\text{хв}}, r = 0,7487$$

где:  $y$  – показатель жизненного состояния, %;  $L_{\text{хв}}$  – средняя длина хвои за последние 3 года, мм.

В результате проведенных исследований разработана предварительная шкала оценки состояния высокополнотных сосновых древостоев II-IV класса возраста для Баянаульского ГНПП (табл. 2).

### Выводы

В сосняках естественного и искусственного происхождения в Баянаульском ГНПП с увеличением коэффициента напряженности роста деревьев отмечается общая тенденция снижения длины хвои, массы одной пары хвоинок и прироста побега. Рассматриваемые характеристики «здоровых» деревьев в 1,3-2,0 раза превышают значения аналогичных показателей «ослабленных», «сильно ослабленных» и «отмирающих» деревьев. Полученные достоверные различия статистически доказаны. При этом различия в рассматриваемых показателях ассимиляционного аппарата при сравнении «ослабленных» деревьев с «сильно ослабленными» и «отмирающими» – минимальны и в большинстве случаев статистически недостоверны.

В сухих (группа типов леса  $C_2$ ) высоко-

Таблица 2

Шкала оценки состояния одновозрастных высокополнотных сосняков  
II-IV класса возраста для Баянальского ГНПП

Показатель	Категория состояния		
	Здоровые	Ослабленные	Сильно ослабленные и отмирающие
	1	2	3
Индекс состояния (ИС)	1	2	3
Показатель ОЖС, %	80-100	79-50	49-0
КОП, см/см <sup>2</sup>	3-6	6-10	≥10
Параметры ассимиляционного аппарата (среднее за 3 года):			
- длина хвои, мм	≥37	37-26	≤25
- масса одной пары хвоинок, г×10 <sup>-3</sup>	≥20	19-14	≤14
- прирост побега, мм:			
- в естественных сосняках	≥20	19-14	≤13
- в искусственных сосняках	≥24	23-17	≤17

полнотных сосняках II-IV классов возраста наибольшая взаимосвязь показателя жизненного состояния деревьев наблюдается со значениями длины хвои.

Биометрические показатели ассимиляционного аппарата сосны, такие как длина хвои, прирост побега и масса одной пары хвоинок, могут быть использованы в качестве основных диагностических показателей состояния как всего древостоя в целом, так и каждого дерева в отдельности.

Разработанная предварительная шкала оценки состояния высокополнотных сосновых древостоев II-IV классов возраста Казахского мелкосопочника (на примере Баянальского ГНПП) на основе использования комплекса количественных показателей

ассимиляционного аппарата позволит наиболее точно проводить мониторинг состояния насаждений и контролировать процесс отпада со своевременным удалением из древостоя «сильно ослабленных» и «отмирающих» деревьев, а также контролировать напряженность их роста, что в свою очередь, обеспечит наибольшую устойчивость насаждений к воздействию пожаров, вредителей и болезней, а также повысит их эстетическую привлекательность.

С практической точки зрения, результаты проведенных исследований могут быть применены при организации и проведении лесохозяйственных мероприятий в сосняках рекреационного назначения, в частности при рубках ухода или санитарных рубках.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев, Д.Н. Методика комплексной диагностики антропогенной трансформации особо охраняемых природных территорий / Д.Н. Андреев // Географический вестник. Физическая география и геоморфология. – 2012. – № 4 (23). – С. 4-10.
2. Густова, А.И. Оценка гидрофизических характеристик древесины для обоснования лесоводственных уходов в защитном лесоразведении / А.И. Густова, Д.К. Терехина // Аграрный вестник Урала. – 2007. – № 5 (41). – С. 55-59.
3. Данчева, А.В. Влияние рекреационных нагрузок на биометрические параметры ассимиляционного аппарата сосновых древостоев / А.В. Данчева, С.В. Залесов, Б.М. Муканов // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2015. – Т. 19. – № 2. – С. 44-50.
4. Данчева, А.В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения: учебное пособие / А.В. Данчева, С.В. Залесов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. – 152 с.
5. Данчева, А.В. Использование комплексного оценочного показателя в оценке состояния рекреационных сосняков Баянаульского ГНПП / А.В. Данчева, С.В. Залесов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 7 (141). – С. 51-61.
6. Залесов, С.В. Проходные рубки в сосняках южной подзоны тайги Урала: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03 / С.В. Залесов. – Свердловск. – 1986. – 215 с.
7. Залесов, С.В. Ценопопуляции лесных и луговых видов растений в антропогенно нарушенных ассоциациях Нижегородского Поволжья и Поветлужья / С.В. Залесов, Е.В. Невидомова, А.М. Невидомов, Н.В. Соболев. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2013. – 204 с.
8. Зарубина, Л.В. Структура и форма кроны сосны в осушенном сосняке кустарничково-сфагновом при разном световом режиме / Л.В. Зарубина Молочнохозяйственный вестник. 2014. № 1 (13). – С. 20-26.
9. Молчанов, А.А. Методика изучения прироста древесных растений / А.А. Молчанов, В.В. Смирнов. – М.: Наука, 1967. – 100 с.
10. Тихонова, И.В. Строение кроны лиственницы сибирской как комплексный показатель устойчивости деревьев в насаждениях г. Красноярска / И.В. Тихонова, О.М. Шабалина, О.А. Минакова // Сибирский экологический журнал. – 2009. – № 5. – С. 715-721.
11. Цельникер, Я. Структурно-функциональные характеристики сосны и ели в зависимости от длины побегов / Я. Цельникер, И.С. Малкина, А.Г. Ковалев // Лесоведение. – № 5. – 1992. – С. 46-55.
12. Шаньгин, Н.П. Морфометрические показатели хвои подроста ели под пологом ельников черничных / Н.П. Шаньгин, П.А. Феклистов // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 12. – С. 147-152.
13. Solberg, S. Crown Condition and Needle Chemistry of Norway Spruce in Relation to Critical Loads of Acidity in South-East Norway / S. Solberg, Sh. Kvindesland, D. Aamlid, K. Venn // Water, Air, and Soil Pollution. – 2002. – Vol. 140. – P. 157-171. doi: 10.1023/A:1020131307937.

### REFERENCES

1. Andreev D.N. Technique of complex diagnostics of anthropogenic transformation on specially protected. *Geographicheskij Vestnik, Physical geography and geomorphology*, 2012, no. 4 (23), pp. 4-10. (In Russian)
2. Gustova A.I., Terekhina D.K. Evaluation of hydro-physical characteristics of the timber to support silvicultural leaves in protective afforestation. *Agricultural Bulletin of Urals*, 2007, no. 5 (41), pp. 55-59. (In Russian)
3. Dancheva A.V., Zalesov S.V., Mukanov B.M. Influence of recreational loads on biometrics of assimilation apparatus of pine stands. *Lesnoy vestnik (Forestry Bulletin)*, 2015, vol. 19, no. 2, pp. 44-50. (In Russian)
4. Dancheva A.V., Zalesov S.V. Ecological monitoring of recreational forest stand: a study guide. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University (USFEU), 2015, 152 p. (In Russian)
5. Dancheva A.V., Zalesov S.V. The use of integrated estimate indicator in the evaluation of the state of recreational pine forests of the Bayanaul state national natural park. *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2016, no. 7 (141), pp. 51-61. (In Russian)
6. Zalesov S.V. Thinning in pine forests of the southern subzone of taiga of the Urals: the dissertation of the candidate of agricultural sciences: 06.03.03. Sverdlovsk: Ural State Forest Engineering University (USFEU), 1986, 215 p. (In Russian)



7. Zalesov S.V., Nevidimov E.V., Nevidimov A.M., Sobolev N.In. Coenopopulations of forest and meadow species of plants in anthropogenically disturbed association of the Nizhny Novgorod and Povetluzhye. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University (USFEU), 2013, 204 p. (In Russian)
8. Zarubina L.V. Structure and form of spruce crown in drained spruce stand of shrubbery-sphagnum in different light regime. *Molochnokhozyaistvenny Vestnik (The Dairy Farming Bulletin)*, 2014. no. 1 (13), pp. 20-26. (In Russian)
9. Molchanov A.A., Smirnov V.V. Method for studying growth of woody plants. Moscow: Publishing Center «Science», 1967, 100 p. (In Russian)
10. Tikhonova I.V., Shabalina O.M., Minakova O.A. Structure of the Crown of Siberian Larch as a Complex Index of the Stability of Trees in the Plantations of Krasnoyarsk. *Sibirskiy Ekologicheskiy Zhurnal (Contemporary Problems of Ecology)*, 2009, no. 5, pp. 715-721. (In Russian)
11. Tzelnicker Y., Malkina I.S., Kovalev A.G. Structural-functional characteristics of the pine and fir trees, depending on the length of the shoots. *Forestry*, 1992, no. 5, pp. 46-55. (In Russian)
12. Shangin N.P., Feklistov P.A. Morphometric parameters of the spruce undergrowth needles under the whortle-berry spruce forest shelterwood. *Bulletin of KrasGAU*, 2011, no. 12, pp. 147-152. (In Russian)
13. Solberg S., Kvindesland Sh., Aamlid D., Venn K. Crown Condition and Needle Chemistry of Norway Spruce in Relation to Critical Loads of Acidity in South-East Norway. *Water, Air, and Soil Pollution*, 2002, vol. 140, pp. 157-171. (In Norway).

Статья поступила в редакцию 13.04.2017