

УДК 630\*228.1:630\*907.2

**ВЛИЯНИЕ ПЛНОТЫ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ  
СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ РЕКРЕАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ  
БАЯНАУЛЬСКОГО ГНПП****THE INFLUENCE OF DENSITY ON THE BIOLOGICAL STABILITY  
OF RECREATIONAL PINE FORESTS OF THE SNPP “BAYANAUL”**

©Залесов С. В.

д-р с.-х. наук

*Уральский государственный лесотехнический университет  
г. Екатеринбург, Россия, Zalesov@usfeu.ru*

©Zalesov S.

Dr. habil.

*Ural State Forest Engineering University  
Yekaterinburg, Russia, Zalesov@usfeu.ru*

©Данчева А. В.

канд. с.-х. наук

*Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и  
агролесомелиорации**г. Щучинск, Казахстан, a.dancheva@mail.ru*

©Dancheva A.

PhD

*Kazakh Scientific Research Institute of Forestry and Agroforestry  
Shuchinsk, Kazakhstan, a.dancheva@mail.ru*

*Аннотация.* В статье приводятся данные исследований состояния и биологической устойчивости рекреационных сосняков Казахского мелкосопочника (на примере Баянаульского государственного национального природного парка (ГНПП)) в зависимости от полноты древостоя. Объектом исследований являлись естественные и искусственные сосняки II и IV классов возраста, произрастающие в сухих (тип леса С<sub>2</sub>) и свежих (тип леса С<sub>3</sub>) лесорастительных условиях. Установлено, что значение показателя жизненного состояния (ОЖС) и индекса относительного жизненного состояния по количеству стволов (L<sub>n</sub>) высокополнотных сосновых древостоев варьирует в пределах 63,0–75,0%, что дает основание оценивать их как «ослабленные» или биологически неустойчивые. Наибольшими значениями рассматриваемых показателей, равными 75,7 и 85,9% соответственно, характеризуются среднеполнотные древостои, состояние которых оценивается как «здоровое». Установлено, что основная доля деревьев и их запасов в высокополнотных сосняках приходится на категорию состояния «ослабленные» — до 60–70%. В среднеполнотных сосняках большую часть деревьев и их запасов составляют «здоровые» деревья — до 55–70%. Количество «сильно ослабленных» и «отмирающих» деревьев в высокополнотных древостоях составляет 11–26%, в среднеполнотных сосняках их количество в 1,5–3 раза меньше. Доля запаса деревьев, рассматриваемых категории состояния в исследуемых древостоях не превышает 9%. Наибольшая часть запаса «здоровых» деревьев в исследуемых сосняках приходится на более крупные ступени толщины (16–24 см) — до 75%. Основная часть запаса деревьев, относящихся к категории состояния «сильно ослабленные» и «отмирающие» на большинстве III, приходится на мелкие ступени толщины (8–12 см) — до 80–100%. В высокополнотных древостоях установлена тесная взаимосвязь показателя жизненного состояния и размера деревьев, которая аппроксимируется уравнениями полинома 2 степени. В среднеполнотных древостоях взаимосвязь данных показателей недостаточно выраженная (R<sup>2</sup>=0,632).

Регулирование полноты сосновых древостоев рекреационного назначения Баянаульского ГНПП, посредством удаления из древостоя «сильно ослабленных» и «отмирающих» деревьев, позволит не только контролировать процесс отпада угнетенных и отставших в росте деревьев, тем самым повысить биологическую и пожарную устойчивость древостоя, но и увеличит их рекреационную привлекательность.

*Abstract.* The data presented of effect of stand density on the state and biological stability of recreational pine forests of Kazakh Upland (for example, the State National Nature Park (SNPP) «Bayanaul»). Object of research are 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. The studies found that in high-density pine stands index of vital status (IVS) and index of relative live status (L<sub>n</sub>) varies from 63.0 to 71.0%, which give grounds to rate them as «weakened» or biologically non-sustainable. The greatest value of index of vital status (IVS) and index of relative live status (L<sub>n</sub>), equal to 75.7 and 85.9%, characterized medium-density pine forest stands, state of which is assessed as “healthy”. The main share of trees and their stocks in high-density pine forests on the category of the state of “weakened” — up to 60–70%. In medium-density pine forests main share of trees and their stocks are the “healthy” trees — up to 55–70%. The number of “greatly weakened” and “dying” trees in the high-density forest is 11–26%, in medium-density pine forests their number in 1.5–3 times less. Share of stock of trees in category of vital status “greatly weakened” and “dying” does not exceed 9%. The largest part of the stock of «healthy» trees in the pine forests fall on the larger stage thickness (16–24 cm) – up to 75%. The main part of the stock of trees belonging to the category of state “greatly weakened” and “dying” on most study plots, falls on the small stage of the thickness (8–12 cm) — up to 80–100%. In high-density stands established a relationship between vital status and size of trees that can be approximated by polynomial function. In medium-density stands correlation of these indicators are not sufficiently expressed (R<sup>2</sup>=0,632). Regulation density of recreational pine forests of SNNP «Bayanaul», by removing “greatly weakened” and “dying” trees will not only control the process of the oppressed mortality and slower growth of trees, thus improving the biological and fire resistance of forest stands, as well as increased their recreational attractiveness.

*Ключевые слова:* сосновые древостои, полнота древостоев, крупность деревьев, жизненное состояние, рекреационное лесопользование.

*Keywords:* pine forest, density, fineness trees, vital status, biological stability, recreational forest utilization.

### *Введение*

Формирование, рост и развитие насаждений основываются на законах, подтверждающих, что явления в лесу органически взаимосвязаны и находятся в постоянном движении и изменении [1]. От начала фазы формирования древостоев до конечной фазы — разрушения (распада) основного элемента (поколения) леса — проходят десятки лет, что приводит к перегруппировке и перераспределению деревьев по ступеням толщины.

Регулирование густоты насаждений является действенным инструментом формирования комплекса оптимальных таксационных характеристик отдельных деревьев и насаждений в целом [2].

Баянаульский государственный национальный природный парк (Баянаульский ГНПП) расположен на территории Баянаульского административного района Павлодарской области на окраине Центрально-Казахстанского мелкосопочника [3]. Он основан в 1985 году как первый национальный парк в республике Казахстан, созданный с целью максимального сохранения уникальных природных комплексов, упорядочения туризма и рекреации, улучшения отдыха трудящихся [4]. Основной из лесообразующих пород является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Для территории парка характерна тенденция сокращения

площади сосновых лесов в XIX–XX веках — со 114 тыс. га до 28 тыс. га. Отмеченная тенденция наблюдается и по сегодняшний день. По данным учета лесного фонда на 01.01.2007 площадь, занимаемая сосновыми насаждениями, составляет около 8 тыс. га. Поэтому становится актуальным вопрос изучения состояния сосновых насаждений Баянаульского ГНПП с целью разработки предложений по сохранению этих уникальных лесов.

#### *Материалы и методы*

Объектом исследований являлись естественные и искусственные сосновые древостои Баянаульского государственного национального природного парка (ГНПП).

Исследования проводились на 5 пробных площадях (ПП), заложенных в Баянаульском лесничестве: в искусственных — ПП–1Б 2Б и 3Б, и естественных сосновых древостоях — ПП–4Б и 5Б. Все исследуемые сосняки относятся к зоне туристической и рекреационной деятельности.

Закладка ПП и определение лесотаксационных параметров исследуемых сосновых древостоев проводилась в соответствии с общепринятыми методиками [5].

Оценка жизненного состояния древостоев (ОЖС) и индекса состояния древостоев по количеству деревьев ( $L_n$ ) проводилась по методике В. А. Алексеева [6]. 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.

Расчет индекса состояния древостоев по количеству деревьев проводился по формуле [3]:

$$L_n = \frac{(100 \times N_1 + 70 \times N_2 + 40 \times N_3 + 5 \times N_4)}{N},$$

где  $L_n$  — индекс относительного жизненного состояния древостоя, рассчитанный по количеству деревьев;  $N_1$  — количество здоровых,  $N_2$  — ослабленных,  $N_3$  — сильно ослабленных,  $N_4$  — отмирающих деревьев лесообразователя (или лесообразователей) на пробной площади (или на 1 га);  $N$  — общее количество деревьев (включая сухостой) на пробной площади или 1 га.

Для выявления закономерностей в строении исследуемых сосновых древостоев, деревья были распределены по 2-х сантиметровым ступеням толщины.

#### *Результаты исследований*

Объекты исследований представлены чистыми по составу одновозрастными сосняками (Таблица 1). На момент закладки опытов естественные древостои характеризовались IV классом возраста. Класс бонитета — V. Искусственные сосняки на ПП–2Б и 3Б относятся к II классу возраста, на ПП–1Б древостои характеризуются IV классом возраста. Исследуемые насаждения относятся к высокополнотным со средним значение полноты 1,2. ПП–1Б заложена в среднеполнотных древостоях, значение полноты — 0,6. Одной из основных причин снижения полноты древостоя на ПП–1Б послужила самовольная вырубка деревьев в конце 90-х — начале 2000 годов.

Данные Таблицы 1 свидетельствуют, что по показателю жизненного состояния (ОЖС) и индексу относительного жизненного состояния ( $L_n$ ), значение которых колеблется в пределах 63,0–66,0 и 70–75% соответственно, сосновые древостои на ПП–2Б 3Б 4Б и 5Б характеризуются как «ослабленные». Древостой на ПП–1Б, по показателю ОЖС, равному 75,7% оценивается, как «ослабленный», по индексу относительного жизненного состояния  $L_n=85,9\%$  — как «здоровый».

Сравнивая значения ОЖС и  $L_n$  среднеполнотных (ПП–1Б) и высокополнотных (ПП–2Б, 3Б, 4Б и 5Б) сосновых древостоев можно отметить, что рассматриваемые показатели

последних на 10–19% ниже, в сравнении с аналогичными на ПП–1Б. Отмеченные существенные различия статистически достоверны ( $t_{\text{факт}}=3,8-4,8$  при  $t_{0,05}=1,96$ ).

Таблица 1.

ТАКСАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ БАЯНАУЛЬСКОГО ГНПП

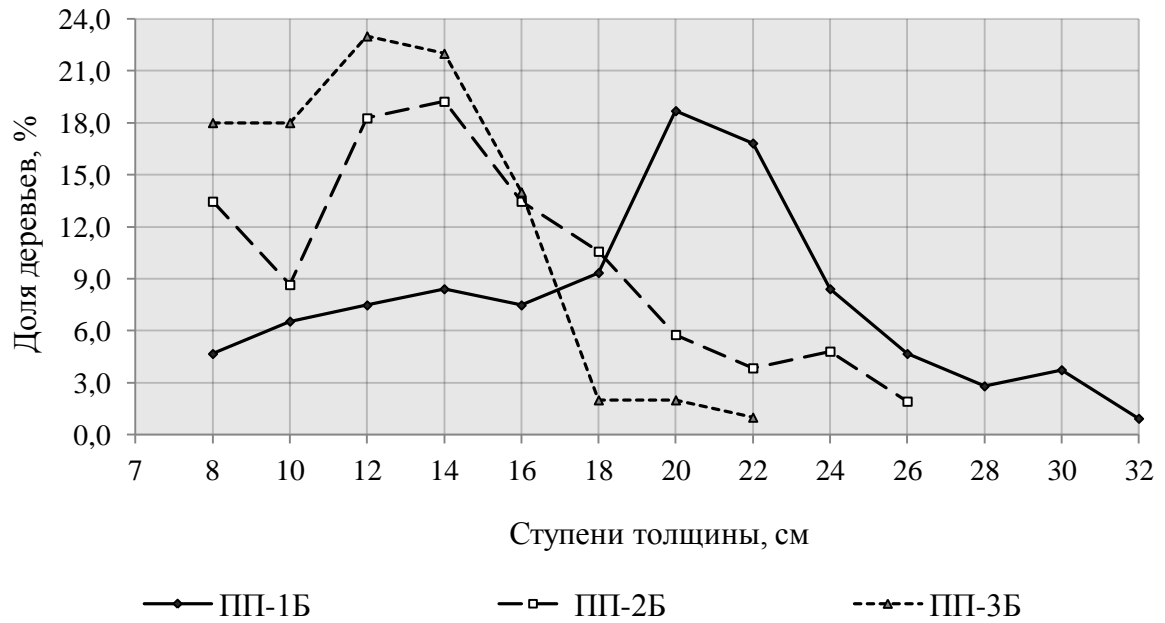
№ ПП	Сос-тав	Тип леса	Во-зраст, лет	Средние		Гус-то-та, шт./га	По-лно-та	За-пас, м <sup>3</sup> /га	Класс бони-тета	Пло-щадь ро-ста, м <sup>2</sup>	ОЖС, %	Ln, %
				вы-со-та, м	диа-метр, см							
Естественные насаждения												
4Б	10С	С <sub>2</sub>	69	8,9	12,4	2525	1,1	157	V	4,0	65,8±1,4	71,2
5Б	10С	С <sub>3</sub>	69	10,3	14,9	2128	1,2	207	V	4,7	63,1±2,1	70,6
Искусственные насаждения												
1Б	10С	С <sub>3</sub>	65	11,1	19,3	583	0,6	98	IV	17,2	75,7±1,7	85,9
2Б	10С	С <sub>3</sub>	40	10,6	14,8	2080	1,2	207	III	4,8	62,6±2,4	69,6
3Б	10С	С <sub>2</sub>	33	9,0	12,2	2778	1,1	162	III	3,6	68,2±2,0	75,0

Общая густота и распределение деревьев по ступеням толщины могут выражаться определенными закономерностями, отражающими статическую и динамическую устойчивость лесных ценозов на разных возрастных этапах их развития [1].

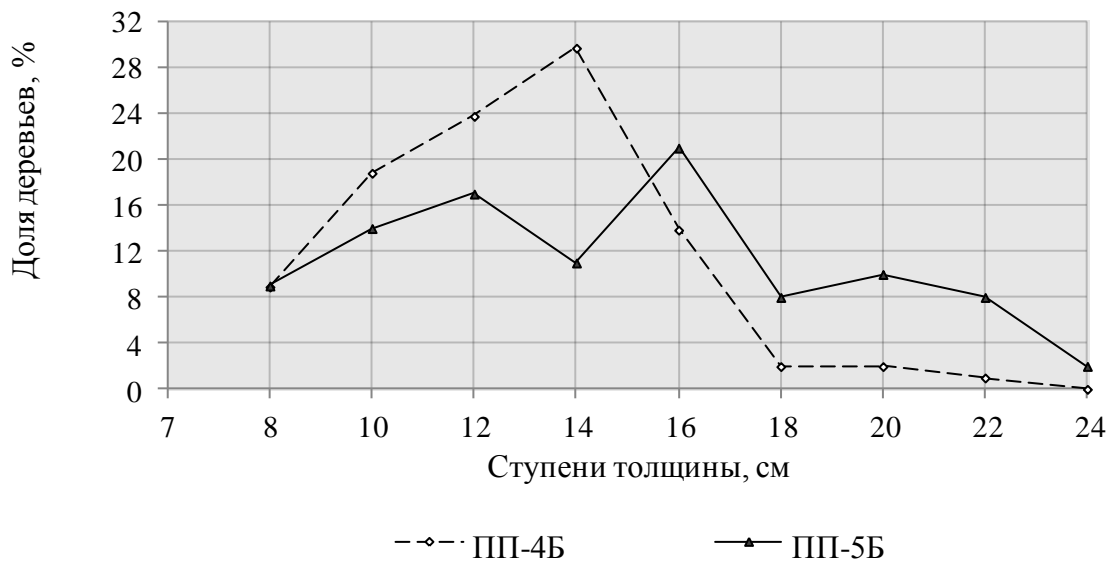
Как видно из данных, представленных на Рисунке 1, ряды распределения деревьев в высокополнотных искусственных (ПП–2Б, 3Б) и естественных (ПП–4Б и 5Б) древостоях по ступеням толщины можно характеризовать как асимметричные одновершинные кривые, с их смещением в сторону более мелких ступеней толщины. Основная доля деревьев — до 50–80% приходится на ступени толщины 8, 10, 12, 14 см с лидирующей позицией деревьев с диаметром 12–14 см. Доля крупных деревьев (20, 22 и 24 см ступени толщины) сравнительно мала и составляет 3–15%.

Ряд распределения деревьев в среднеполнотном древостое (ПП–1Б) по ступеням толщины можно характеризовать как достаточно симметричную одновершинную кривую, которая близка к кривой нормального распределения. Основная доля деревьев — до 55% приходится на ступени толщины 18, 20, 22 и 24 см с лидирующей позицией деревьев с диаметром 20–22 см. Доля крупных деревьев (28, 30 и 32 см ступени толщины) сравнительно мала и составляет 7,4%. На долю мелких деревьев (8, 10 и 12 см ступень толщины) приходится до 19%, большую часть которых составляют деревья ступени толщины 12 см.

Важное место в изучении роста и развития сосновых древостоев имеет распределение запаса древостоя по ступеням толщины [7]. Данные, представленные в Таблице 2 демонстрируют, что основную часть древесного запаса в высокополнотных естественных сосняках (ПП–4Б и 5Б) составляют деревья, относящиеся к категории состояния «ослабленные» — до 60–70%. В искусственных сосняках основная доля деревьев и их запасов приходится на «здоровые» деревья — до 54–70%. В искусственных высокополнотных сосняках (ПП–2Б и 3Б) на долю запаса деревьев категории состояния «ослабленные» приходится, в среднем, до 40%. В среднеполнотном древостое (ПП–1Б) доля запаса деревьев рассматриваемой категории не превышает 28%.



а)



б)

Рисунок 1. Распределение деревьев по ступеням толщины в сосняках Баянаульского ГНПП: а) искусственные древостои, б) естественные древостои.

Количество «сильно ослабленных» и «отмирающих» деревьев в высокополнотных древостоях составляет 11–26%, в то время как в среднеполнотных — не превышает 7%. При этом доля запаса деревьев, рассматриваемых категории состояния в высокополнотных и среднеполнотных составляет 5–9 и 2% соответственно.

Таблица 2.

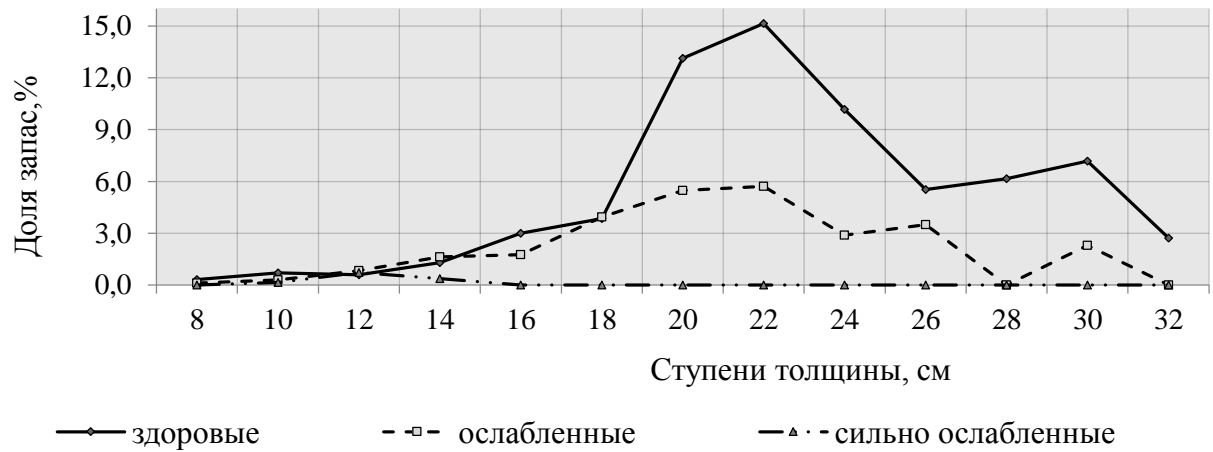
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕРЕВЬЕВ И ИХ ЗАПАСА В СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ БАЯНАУЛЬСКОГО ГНПП ПО КАТЕГОРИЯМ СОСТОЯНИЯ, %/%

№ ПП	Категории жизненного состояния				Итого
	здоровые (100–80)	ослабленные (79–50)	сильно ослабл. (49–20)	отмирающие (19–0)	
Естественные насаждения					
4Б	17,8	71,3	9,9	1,0	100,0
	25,4	70,0	4,4	0,2	100,0
5Б	24,0	61,0	9,0	6,0	100,0
	36,1	55,7	3,0	5,2	100,0
Искусственные насаждения					
1Б	61,7	31,8	4,7	1,8	100,0
	69,7	28,4	1,3	0,6	100,0
2Б	34,7	39,4	18,2	7,7	206,9
	55,2	36,2	6,9	1,7	100,0
3Б	36,0	51,0	10,0	3,0	162,3
	53,9	41,9	3,2	1,0	100,0

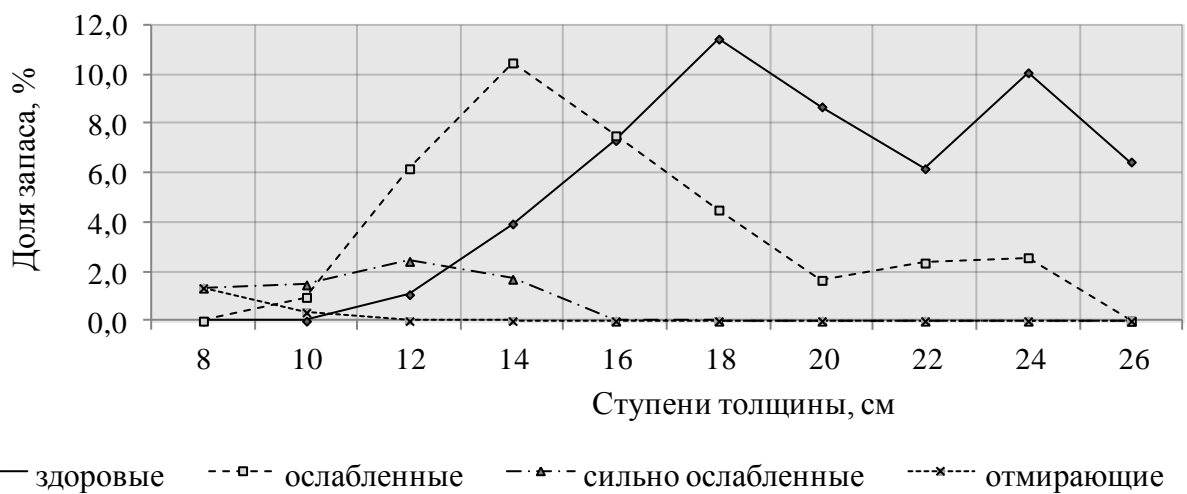
Данные, представленные на Рисунках 2 и 3 свидетельствует, что кривая распределения запаса «здоровых» деревьев на всех ПП смещена вправо, в сторону крупных деревьев. Наибольшая доля запаса «здоровых» деревьев в искусственных древостоях приходится на ступени толщины 18–24 см — до 66%. В естественных — на ступени толщины 16–22 см — до 75%. В мелких ступенях толщины (8–12 см) запас «здоровых» деревьев на всех ПП не превышает 4%.

Основная часть запаса деревьев, относящихся к категории состояния «сильно ослабленные» и «отмирающие» на большинстве ПП, приходится на мелкие ступени толщины (8–12 см) — до 80–100%.

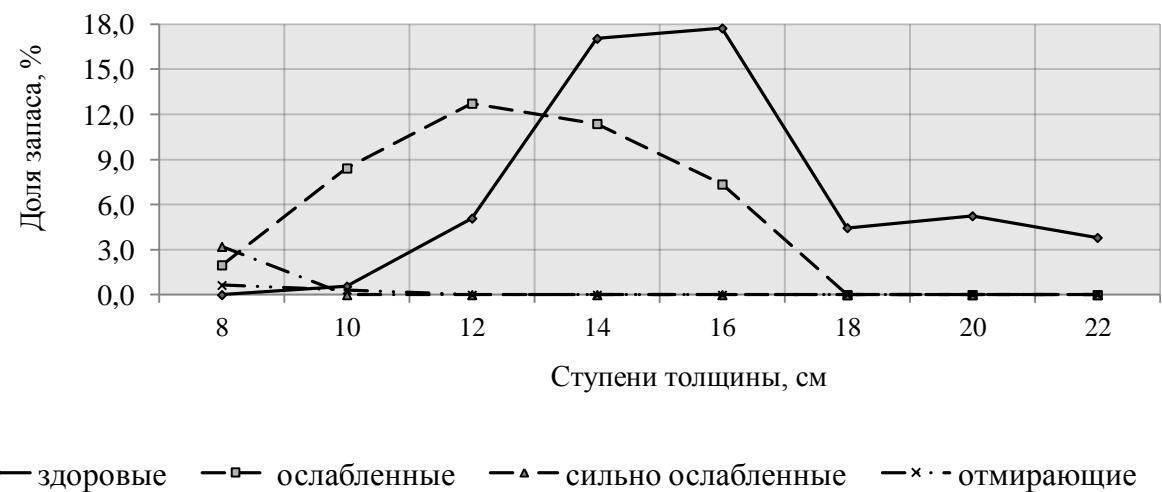
Как было отмечено ранее, одной из причин снижения полноты на ПП–1Б являлась самовольная вырубка деревьев. Данный факт повлек за собой появление всходов, с последующим интенсивным ростом и развитием подроста в образовавшихся «окнах». В итоге, это повлияло на общую оценку жизненного состояния древостоя и распределение его значения по ступеням толщины (Рисунок 4а). По данным Рисунка 4а, в среднеполнотном древостое на ПП–1Б отмечается, практически, равные значения показателя жизненного состояния, как в мелких ступенях толщины (8–14 см), так и в крупных (18–32 см), что нашло отражение во взаимосвязи данных показателей, которая недостаточно выраженная ( $R^2=0,632$ ), в отличие от высокополнотных древостоях (ПП–2Б и 3Б), где с увеличением ступеней толщины наблюдается закономерное увеличение показателя жизненного состояния. Данная взаимосвязь достоверна ( $R^2=0,9716-0,9873$ ).



а)

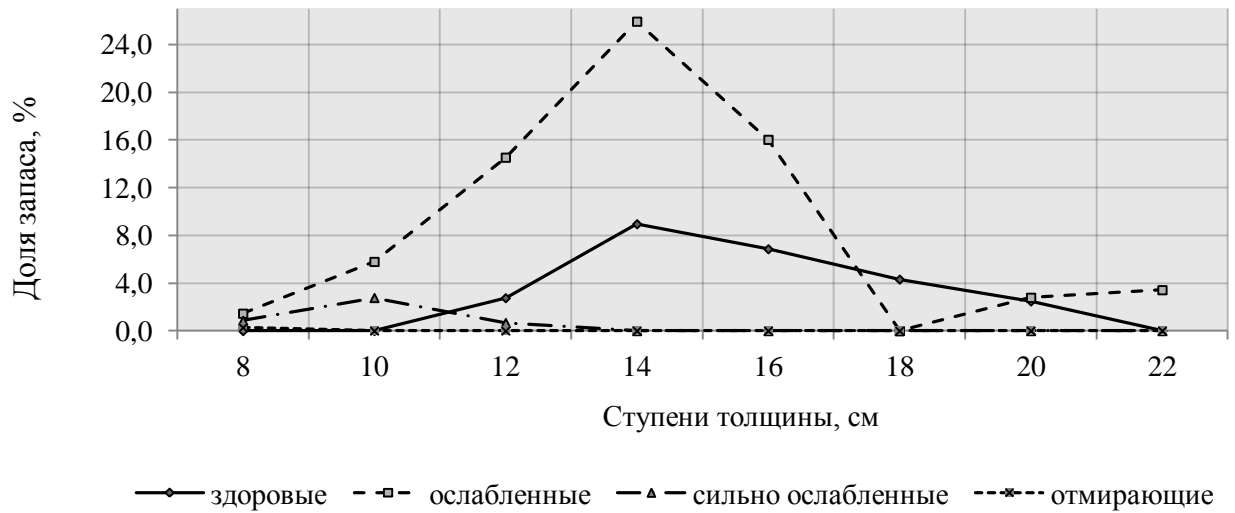


б)

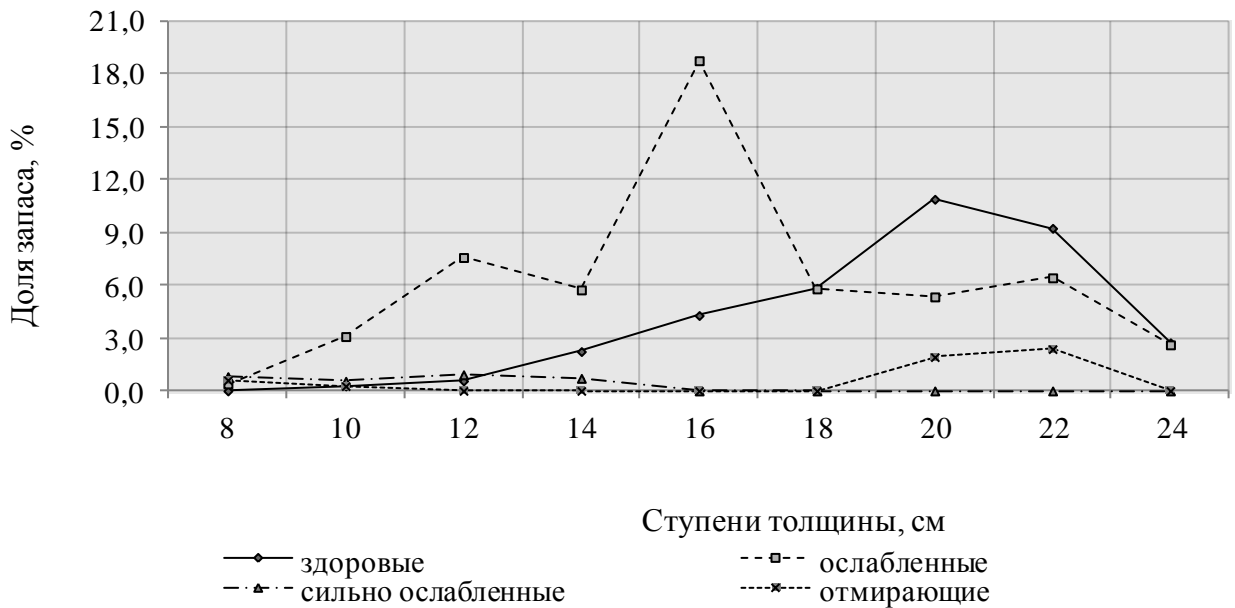


в)

Рисунок 2. Распределение древесного запаса по категориям жизненного состояния в искусственных сосняках на: а) ПП-1Б; б) ПП-2Б; в) ПП-3Б.



а)

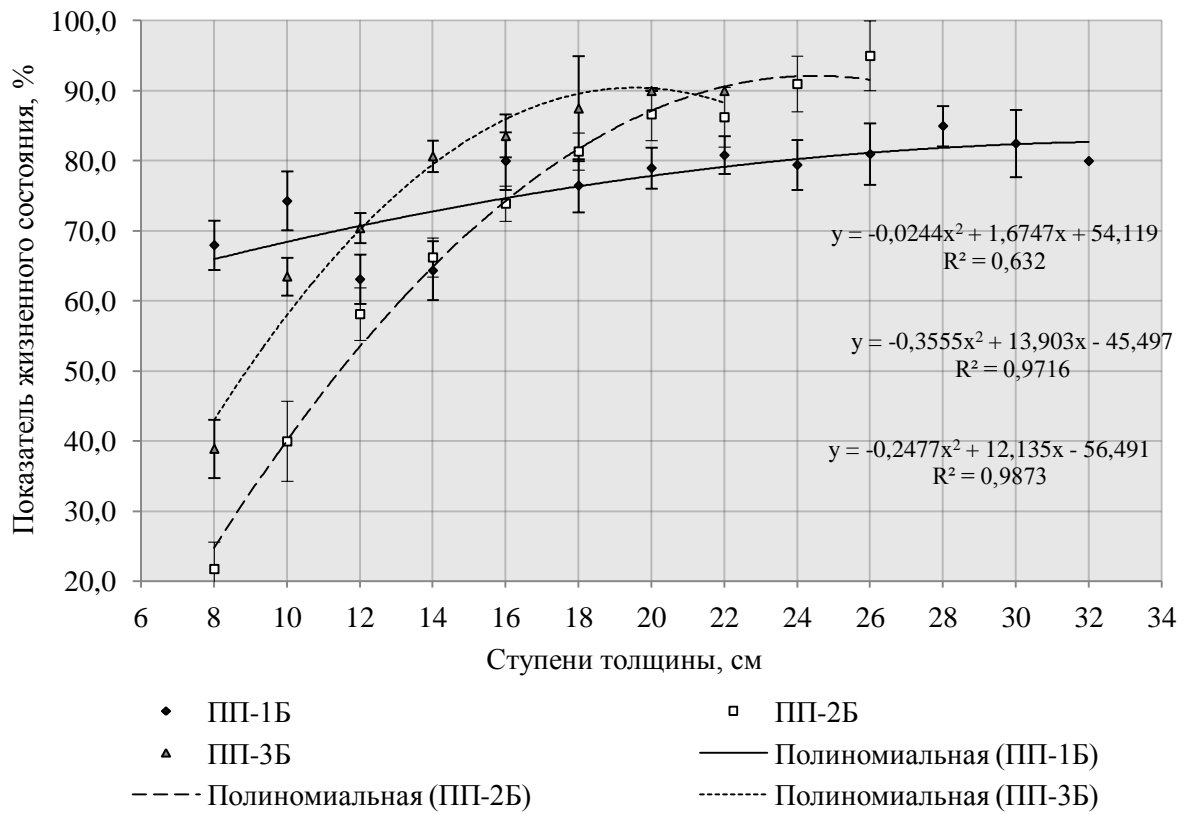


б)

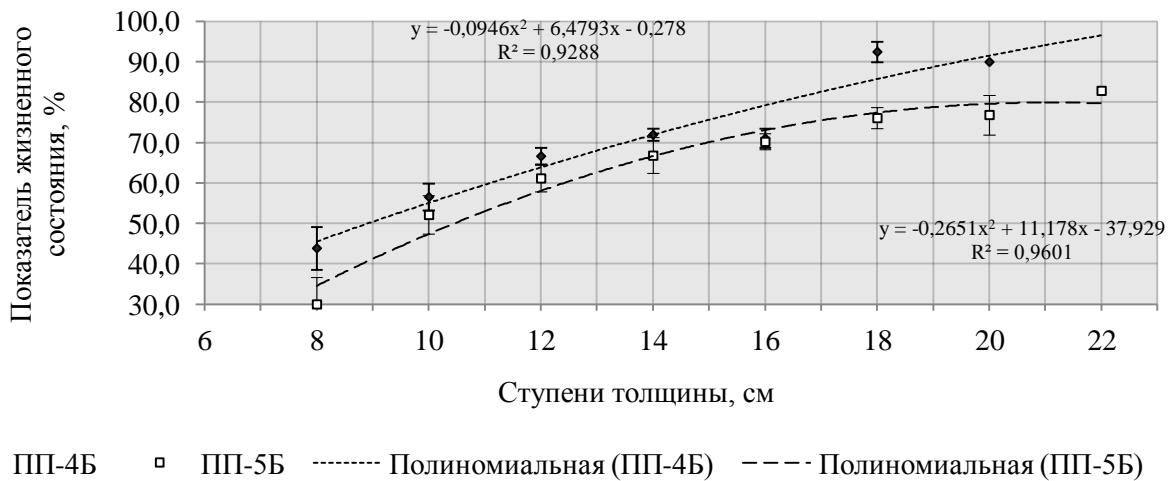
Рисунок 3. Распределение древесного запаса по категориям жизненного состояния в естественных сосняках на: а) ПП-4Б, б) ПП-5Б.

В высокополнотных естественных сосновых древостоях также установлена тесная взаимосвязь показателя жизненного состояния и размера деревьев (Рисунок 4б), которая аппроксимируется уравнениями полинома 2 степени.





а)



б)

Рисунок 4. Взаимосвязь показателя жизненного состояния и ступеней толщины: а) в искусственных сосняках; б) в естественных сосняках Баянаульского ГНПП.

### Выводы

1. По значению индекса жизненного состояния ( $L_n$ ) высокополнотные сосновые древостои характеризуются как «ослабленные», среднеполнотные сосняки — как «здоровые».

2. Основная доля деревьев и их запасов в высокополнотных естественных сосняках приходится на деревья, относящиеся к категории состояния «ослабленные» — до 60–70%. В искусственных сосняках большая часть деревьев и их запасов приходится на «здоровые» деревья — до 55–70%.

3. Количество «сильно ослабленных» и «отмирающих» деревьев в высокополнотных древостоях составляет 11–26%, в то время как в среднеполнотных — не превышает 7%. При этом доля запаса деревьев, рассматриваемых категории состояния в высокополнотных и среднеполнотных не превышает 5–9 и 2% соответственно.

4. Регулирование полноты приспевающих сосновых древостоев рекреационного назначения Баянаульского ГНПП, посредством удаления из древостоя «сильно ослабленных» и «отмирающих» деревьев, позволит не только контролировать процесс отпада угнетенных и отставших в росте деревьев, тем самым повысить биологическую и пожарную устойчивость древостоя, но и увеличит их рекреационную привлекательность.

5. Одним из эффективным способом снижения полноты древостоев с сохранением санитарно-гигиенических и ландшафтных характеристик рекреационных насаждений являются ландшафтные рубки, актуальность проведения которых в исследуемых сосняках не вызывает сомнения, поскольку, применяемые, на сегодняшний день, сплошные санитарные рубки в сосняках Баянаульского ГНПП не решают задач повышения их биологической и пожарной устойчивости, а также рекреационной привлекательности.

### Список литературы:

1. Исаев А. В., Гурский А. А., Гурский А. А. Некоторые закономерности строения насаждений сосны гослесополосы ГУ «Оренбургское лесничество» // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2009. №24–1. Т. 4. С. 37–39.

2. Онучин А. А., Маркова И. И., Павлов И. Н. Влияние рубок ухода на радиальный прирост стволов и формирование сосновых молодняков // Хвойные бореальной зоны. 2011. Т. XXIX. №3–4. С. 257–265.

3. Лесоустроительный проект Баянаульского государственного национального природного парка Павлодарской области. Том I. Пояснительная записка, 2006. 182 с.

4. Горчаковский П. Л. Лесные оазисы Казахского мелкосопочника. М.: Наука, 1987. 158 с.

5. Данчева А. В., Залесов С. В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения: учебное пособие. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун–т, 2015. 152 с.

6. Алексеев В. А. Диагностика повреждений деревьев и древостоев при атмосферном загрязнении и оценка их жизненного состояния // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Ленинград: Наука, 1990. С. 38–53.

7. Данчева А. В., Залесов С. В. Изучение состояния средневозрастных естественных сосняков ленточных боров Прииртышья (на примере ГЛПП «Семей орманы» // Леса России и хозяйство в них. 2015. №3 (54). С. 28–35.

### References:

1. Isayev A. V., Gursky A. A., Gursky A. A. Some Regularities of Pine Stand Structure in the State Forest Belt of the Orenburg State Enterprise “Orenburgskoye Lesnichestvo”. Izvestia Orenburg State Agrarian University, 2009, no. 24–1, v. 4, pp. 37–39.

2. Onuchin A. A., Markov I. I., Pavlov I. N. The influence of thinning on the radial tree increment of stems and the formation of pine saplings. Coniferous boreal zone, 2011, v. XXIX, no. 3–4, pp. 257–265.

3. Forest–management plan of Bayanaul state national natural Park of Pavlodar region. v. I. The explanatory note, 2006, 182 p.
4. Gorchakovskii P. L. Forest oases of the Kazakh Upland. Moscow, Nauka, 1987, 158 p.
5. 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.
6. Alekseev V. A. Diagnosis of damage of trees and forest stands at air pollution and assessment of their vital status. Forest ecosystems and air pollution. Leningrad, Nauka, 1990, pp. 38–53.
7. Dancheva A. V., Zalesov S. V. Studying of the state of middle–aged of natural pine forests in belt pine forests of the Priirtyshye (for example, SFNFR “Semey ormany”). Russian forests and farming in them, 2015, no. 3 (54), pp. 28–35.

*Работа поступила  
в редакцию 07.07.2016 г.*

*Принята к публикации  
11.07.2016 г.*