

УДК 630\*165.6 + 630\*232.311.3

## МНОГОМЕРНАЯ ОЦЕНКА ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (PINUS SYLVESTRIS L.) ПО ВЫХОДУ СЕМЯН ИЗ ШИШЕК

Н. Н. Бессчетнова<sup>1</sup>, В. П. Бессчетнов<sup>1</sup>, С. А. Денисов<sup>2</sup>, В. Л. Черных<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия,  
603107, Российская Федерация, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97  
E-mail: Besschetnova1966@mail.ru

<sup>2</sup>Поволжский государственный технологический университет,  
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3  
E-mail: DenisovSA@volgatech.net

*Плюсовые деревья сосны обыкновенной существенно различаются показателями выхода семян из шишек. Комплекс этих показателей выступает надёжным критерием оценки селекционных преимуществ плюсовых деревьев. Дисперсионный, факторный и кластерный анализы установили степень генотипической близости плюсовых деревьев в составе лесосеменных плантаций. Привлечение методов многомерного анализа расширяет арсенал существующих методов селекционной оценки накопленного потенциала плюсовых деревьев.*

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная; плюсовые деревья; клоны; лесосеменные плантации; выход семян; многомерный анализ.

**Введение.** Интенсификация и устойчивое развитие лесного хозяйства выступает одним из приоритетов модернизации этой отрасли в Российской Федерации [1]. Ключевым компонентом такой стратегии является воспроизводство в кратчайшие сроки эксплуатируемых насаждений хозяйственно ценными породами и повышение их продуктивности на основе активного внедрения технологических и селекционных достижений [1–4]. Совершенствование созданной в стране постоянной лесосеменной базы (ПЛСБ) является неременным условием успешного функционирования отечественной системы лесного семеноводства [1, 5 – 7]. Её эффективность и надёжность во многом определяются качеством и широтой накопленного ассортимента плюсовых деревьев [6–9]. Проблема его формирования и оптимизации рассматривается как одна из наиболее сложных в современной лесной селекции [7, 10–15]. Для решения связанных с ней задач требуется всесторонняя оценка многочисленных клонов, введённых в состав лесосеменных план-

таций (ЛСП) различного порядка [6–11]. Существующая система массового отбора может быть в значительной мере усовершенствована посредством расширения перечня признаков, используемых в качестве селекционных критериев и маркеров, и совершенствования методов и средств их исследования и многостороннего тестирования [5, 7, 10–13]. Важнейшими характеристиками плюсовых деревьев выступают показатели их репродуктивной активности, в частности, выход и качество семян [6, 7, 16, 17]. Сведения по этим вопросам традиционно составляют предмет активного научного поиска и дискуссий, что отражено в материалах многочисленных публикаций [6, 7, 13, 16, 17]. Вместе с тем подобная информация по Нижегородской области весьма ограничена, несмотря на то, что здесь в большом количестве были заложены лесосеменные плантации первого порядка (ЛСП-1), лесосеменные плантации повышенной генетической ценности (ЛСП ПГЦ), архивы клонов, испытательные и географические культуры важнейших древесных пород [9, 14, 15, 18, 19].

**Цель** работы – дать сравнительную оценку плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), входящих в состав объектов постоянной лесосеменной базы Нижегородской области, по комплексу показателей выхода семян из шишек и на её основе определить степень селекционной значимости анализируемых объектов.

**Предмет** исследования – генотипическая обусловленность репродуктивных показателей плюсовых деревьев сосны обыкновенной в условиях лесосеменных плантаций.

Объектом исследований выступал асортимент плюсовых деревьев в составе лесосеменной плантации № 24 государственного бюджетного учреждения Нижегородской области «Семёновский спецлесхоз».

**Методика исследований.** Исследования проводились полевым стационарным и лабораторными методами с привлечением общепризнанных методических схем организации работ и построения выборок [20, 21]. Каждое плюсовое дерево (ортет) представлено 3 – 8 своими клонами (раметами), выступавшими учётными деревьями, с каждого из которых одновременно собирали нормально развитые неповреждённые шишки в количестве до 60 штук. Первичной единицей выборки в опыте выступали: отдельная нераскрывшаяся шишка. Семена извлекали вручную из каждой шишки отдельно путём их механического разрушения. Повреждённые, пустые, щуплые, недоразвитые семена учитывали отдельно. Все раметы плюсовых деревьев произрастали в условиях выровненного экофона и представляли собой одновозрастные однотипные прививки, высаженные на одном участке с одинаковыми площадями питания. Размещение посадочных мест в рядах посадки рендомизированное, что исключало предоставление какому-либо из потомств плюсовых деревьев преимуществ в условиях существования и элиминировало влияние последних на формирование

шишек и семян в них. Это обеспечило организацию опыта в соответствии с общепринятыми требованиями, реализацию принципа единственного логического различия, а также принципов случайности, равномерности и многократной повторяемости размещения каждого конкретного клона. Сведённое, таким образом, к минимуму влияние факторов среды на проявление различий между растениями позволило объяснить наличие таковых только влиянием генотипически обусловленной специфики изучаемых объектов по анализируемым признакам. В работе были реализованы методические схемы, апробированные ранее на аналогичных объектах [22–29]. Первичная статистическая обработка исходных данных, дисперсионный, факторный и кластерный анализы осуществлялись по общепринятым методикам [20, 21]. Многомерный анализ проводился с учётом существующих алгоритмов [20, 30]. При этом принимали во внимание существующие представления о таксономической значимости анализируемых признаков и то, что достаточные сведения об их относительном «весе» отсутствуют [31]. Факторный анализ, выполненный методом главных компонент, позволил представить многочисленные характеристики, полученные в ходе сравнительной оценки плюсовых деревьев, ограниченным числом сформированных из них обобщающих показателей [20, 32]. В работе принята следующая индексация анализируемых показателей выхода из шишек различных категорий семян: признак 1 – выход из шишек нормально развитых семян; признак 2 – выход из шишек ненормально развитых семян; признак 3 – суммарный выход семян из шишек; признак 4 – доля выхода из шишек нормально развитых семян.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Плюсовые деревья сосны обыкновенной, представленные на объектах анализа своими одновозрастными клонами, заметно различались показателями выхода из шишек различных катего-

рий семян. Однофакторный дисперсионный анализ комплекса плюсовых деревьев в составе ЛСП № 24 показал наличие существенных различий по выходу из шишек семян разных категорий (табл. 1).

По всем анализируемым признакам опытные значения критерия Фишера ( $F_{оп.}$ ) во много раз превышают критические значения на пяти- и однопроцентном уровнях значимости, что видно из табл. 1. Так, по развитым семенам  $F_{оп.} = 95,07$  ( $F_{05/01} = 1,40/1,59$ ); по количеству недоразвитых семян  $F_{оп.} = 76,44$  ( $F_{05/01} = 1,40/1,59$ ); по суммарному выходу семян  $F_{оп.} = 83,20$  ( $F_{05/01} = 1,40/1,59$ ); по доле нормально развитых семян  $F_{оп.} = 79,12$  ( $F_{05/01} = 1,40/1,59$ ).

Величина наименьшей существенной разности НСР<sub>05</sub> и D<sub>05</sub>-критерия Тьюки (см. табл. 1) позволяет установить, между какими именно объектами различия относятся к категории существенных. Оказалось, что различия, по своей величине относимые к существенным, есть не только между учётными деревьями разных клонов, но и между ракетами одного клона. Например, у плюсового дерева К-3 между учётным деревом № 2 (среднее количество развитых семян 18,1 шт.) и деревом № 4 (22,2 шт.) есть существенные различия по величине НСР, а с деревом № 6 (28,2 шт.) даже по величине D-критерия Тьюки. Вместе с тем, между ракетами оргета К-6 существенные различия отсутствовали. Аналогичная картина наблюдалась и по выходу недоразвитых семян из шишек, в частности между ракетами К-6 наблюдались различия по D-

критерию Тьюки, а между ракетами К-5 существенные различия отсутствовали.

Предоставляемая двухфакторным иерархическим дисперсионным анализом возможность вскрыть структуру организованных факторов позволила оценить действенность каждого из них отдельно. Обнаружены существенные различия между сравниваемыми объектами по комплексу организованных факторов: различия в происхождении плюсовых деревьев ( $F_A$ ) и различия между ракетами ( $F_B$ ), что видно в материалах табл. 2.

Действие фактора высшей иерархии – различия между оргетами – эффективно по всем анализируемым признакам (см. табл. 2). Опытные критерии Фишера  $F_{опA} = 4,98$  (выход нормально развитых семян);  $F_{опA} = 3,25$  (выход недоразвитых семян);  $F_{опA} = 5,06$  (суммарный выход семян);  $F_{опA} = 2,74$  (доля нормально развитых семян) превышают соответствующие табличные значения при нестрогой и строгой оценке ( $F_{05} = 1,50$ ;  $F_{01} = 1,78$ ). Такие оценки дисперсионных отношений позволяют признать наличие существенных различий между плюсовыми деревьями по выходу из шишек семян различных категорий. Сила влияния фактора высшей иерархии достаточно высока и оценивается: по выходу из шишек нормально развитых семян  $h^2_A = 29,09 \pm 0,31$  %; по выходу недоразвитых семян –  $h^2_A = 24,81 \pm 0,33$  %; по суммарному выходу семян –  $h^2_A = 26,42 \pm 0,32$  %; по доле нормально развитых семян –  $h^2_A = 25,46 \pm 0,33$  %.

Таблица 1

#### Оценки существенности различий между плюсовыми деревьями

Индекс признака	Критерий Фишера (F)		Доля влияния фактора ( $h^2 \pm s_{h^2}$ )				Критерии различий	
			по Плохинскому		по Снедекору			
	$F_{оп}$	$F_{05}/F_{01}$	$h^2$	$\pm s_{h^2}$	$h^2$	$\pm s_{h^2}$	НСР <sub>05</sub>	D <sub>05</sub>
Признак 1	95,07	1,40/1,59	0,2909	0,0031	0,2943	0,0030	1,550	2,797
Признак 2	76,44	1,40/1,59	0,2481	0,0032	0,2506	0,0032	0,662	1,195
Признак 3	83,20	1,40/1,59	0,2642	0,0032	0,2671	0,0032	1,627	2,936
Признак 4	79,12	1,40/1,59	0,2546	0,0032	0,2572	0,0032	3,686	6,650

Таблица 2

## Результаты двухфакторного иерархического дисперсионного анализа

Индекс признака	Источник дисперсии	Критерий Фишера		Доля влияния фактора ( $h^2 \pm m_h$ )			
				по Плохинскому		по Снедекору	
		$F_{\text{оп}}$	$F_{05} / F_{01}$	$h^2$	$\pm m_{h2}$	$h^2$	$\pm m_{h2}$
Признак 1	оргеты	4,98	1,50/ 1,78	0,2909	0,0031	0,2804	0,0032
	раметы	30,85	1,20/ 1,31	0,2790	0,0152	0,3048	0,0146
	остаток	-	-	0,4301	0,5699	0,4148	0,5852
Признак 2	оргеты	3,25	1,50/ 1,78	0,2481	0,0033	0,2355	0,0034
	раметы	44,58	1,20/ 1,31	0,3638	0,0134	0,3957	0,0127
	остаток	-	-	0,3881	0,6119	0,3688	0,6312
Признак 3	оргеты	5,06	1,50/ 1,78	0,2642	0,0032	0,2560	0,0033
	раметы	24,33	1,20/ 1,31	0,2490	0,0158	0,2714	0,0153
	остаток	-	-	0,4868	0,5132	0,4726	0,5274
Признак 4	оргеты	2,74	1,50/ 1,78	0,2546	0,0033	0,2384	0,0034
	раметы	69,73	1,20/ 1,31	0,4432	0,0117	0,4787	0,0110
	остаток	-	-	0,3023	0,6977	0,2829	0,7171

Достоверным оказалось и действие фактора низшей иерархии (различия между раметами комплекса плюсовых деревьев). Опытные значения критерия Фишера ( $F_{\text{Воп}}$ ) заметно превышают соответствующие критические значения при нестрогой и строгой оценке: выход нормально развитых семян –  $F_{\text{Воп}} = 30,85$ ; выход недоразвитых семян –  $F_{\text{Воп}} = 44,58$ ; суммарный выход семян –  $F_{\text{Воп}} = 24,33$ ; доля нормально развитых семян –  $F_{\text{Воп}} = 69,73$ , при  $F_{\text{В05}} = 1,20$  и  $F_{\text{В01}} = 1,31$ . Сила влияния фактора низшей иерархии сопоставима по своей величине с действием фактора высшей иерархии: выход нормально развитых семян –  $h^2_{\text{В}} = 27,90 \pm 1,52$  %; выход недоразвитых семян –  $h^2_{\text{В}} = 36,38 \pm 1,34$  %; суммарный выход семян –  $h^2_{\text{В}} = 24,90 \pm 1,58$  %; доля нормально развитых семян –  $h^2_{\text{В}} = 44,32 \pm 1,17$  %.

Вместе с тем влияние условий среды на формирование различий по всем анализируемым показателям выхода семян из шишек доминирует. Доля остаточной дисперсии в этом случае достаточно высока: по нормально развитым семенам она составляет  $h^2_{\text{z}} = 43,01$  %, по недоразвитым –  $h^2_{\text{z}} = 38,81$  %; по суммарному выходу семян –  $h^2_{\text{z}} = 48,68$  %; по доле нормально развитых семян –  $h^2_{\text{z}} = 30,23$  %.

Факторный анализ, выполненный по

показателям выхода различных категорий семян из шишек с применением метода ортогонального вращения по нормированным значениям исходных величин, дал вполне логичную картину группировки четырёх исходных параметров по двум главным компонентам и позволил добиться обоснованной редукции числа независимых переменных многомерного статистического комплекса. Решение основной задачи факторного анализа, выполненного по четырём исходным признакам, характеризующим выход из шишек разных категорий семян, позволило добиться обоснованной редукции числа независимых переменных многомерного статистического комплекса с группировкой их по двум комплексным факторам. Критерием выделения наиболее значимых комплексных факторов служила величина их начальных собственных значений: у главных компонент она превышает «единичный порог». Отсечение так называемого «гравия» произошло вполне понятно и однозначно. Компоненты, которые признаются малозначимыми, характеризуются приблизительно одинаковыми величинами начальных собственных значений, близкими к нулю. Порядок распределения анализируемых признаков по двум главным компонентам представлен в табл. 3.

Таблица 3

## Матрица повёрнутых компонент

Индекс признака	Признаки	Компонента	
		1	2
Признак 1	Выход нормально развитых семян	0,7665	-
Признак 2	Выход неразвитых семян	0,9675	-
Признак 3	Суммарный выход семян	0,9211	-
Признак 4	Доля нормально развитых семян	-	0,9965
Начальные собственные значения компонент		2,5170	1,2436
Доля дисперсии компонент, %		62,9261	31,0903
Общая доля дисперсии главных компонент, %		94,0161	

Материалы табл. 3 свидетельствуют о том, что характер отнесения исходных независимых переменных – показатели выхода из шишек разных категорий семян – к двум комплексным факторам логически понятен. К первой компоненте причислены признаки прямого учёта выхода семян: выход нормально развитых семян, выход недоразвитых семян, а также производный признак – суммарный выход семян из шишек. Вторая компонента содержит только один производный признак – доля выхода нормально развитых семян из шишек. В указанных случаях величина нагрузки фактора превышает принятый минимум собственных значений, равный 1. Осуществлённая редукция числа эффективных факторов в высокой степени обоснована: доля

общей дисперсии, приходящейся на полученные в ходе факторного анализа 2 главные компоненты, составляет 94,02 %, что заметно больше традиционно применяемого критического порога 70 %. Вместе с тем вполне понятно, что изменение принятого количества переменных в многомерном комплексе вызовет неизбежные вариации исхода группировки. Образовавшиеся в процессе факторного преобразования 2 комплексные независимые переменные сформировали собственный блок многомерных характеристик сравниваемых объектов, представленных нормированными величинами. Они послужили основой проведения кластерного анализа (процедура кластеризации представлена в табл. 4, 5) и построения дендрограмм (рис. 1, 2).

Таблица 4

## Схема кластеризации 36 плюсовых деревьев: 2 главных компоненты

Этап	Шаги агломерации		Коэффициенты расстояний		Этапы появления первого кластера		Следующий этап
	объединение кластеров		дистанция примыкания	единицы масштаба	кластер 1	кластер 2	
	кластер 1	кластер 2					
1	13	14	0,004058	0,02	0	0	5
2	1	11	0,01335	0,06	0	0	9
3	16	30	0,03509	0,16	0	0	18
4	15	35	0,041088	0,18	0	0	17
5	5	13	0,042314	0,19	0	1	24
6	20	28	0,045224	0,20	0	0	21
7	7	34	0,059056	0,27	0	0	13
8	17	26	0,068952	0,31	0	0	16
9	1	36	0,069634	0,31	2	0	15
10	3	12	0,07336	0,33	0	0	28
11	8	9	0,081211	0,36	0	0	22
12	4	21	0,089226	0,40	0	0	21
13	7	32	0,118896	0,53	7	0	24
14	2	22	0,158403	0,71	0	0	19
15	1	31	0,171213	0,77	9	0	19
16	17	33	0,258289	1,16	8	0	22
17	15	25	0,343282	1,54	4	0	27

Окончание таблицы 4

Этап	Шаги агломерации		Коэффициенты расстояний		Этапы появления первого кластера		Следующий этап
	объединение кластеров		дистанция примыкания	единицы масштаба	кластер 1	кластер 2	
	кластер 1	кластер 2					
18	16	24	0,364013	1,63	3	0	26
19	1	2	0,404395	1,81	15	14	25
20	18	29	0,442349	1,99	0	0	30
21	4	20	0,452325	2,03	12	6	26
22	8	17	0,464182	2,08	11	16	25
23	6	19	0,529169	2,37	0	0	32
24	5	7	0,887453	3,98	5	13	32
25	1	8	1,063568	4,77	19	22	28
26	4	16	1,094028	4,91	21	18	29
27	15	27	1,161452	5,21	17	0	29
28	1	3	1,458536	6,55	25	10	31
29	4	15	1,967632	8,83	26	27	34
30	18	23	2,365232	10,61	20	0	33
31	1	10	2,735605	12,28	28	0	33
32	5	6	2,946119	13,22	24	23	35
33	1	18	3,774252	16,94	31	30	34
34	1	4	4,715787	21,16	33	29	35
35	1	5	5,57106	25,00	34	32	0

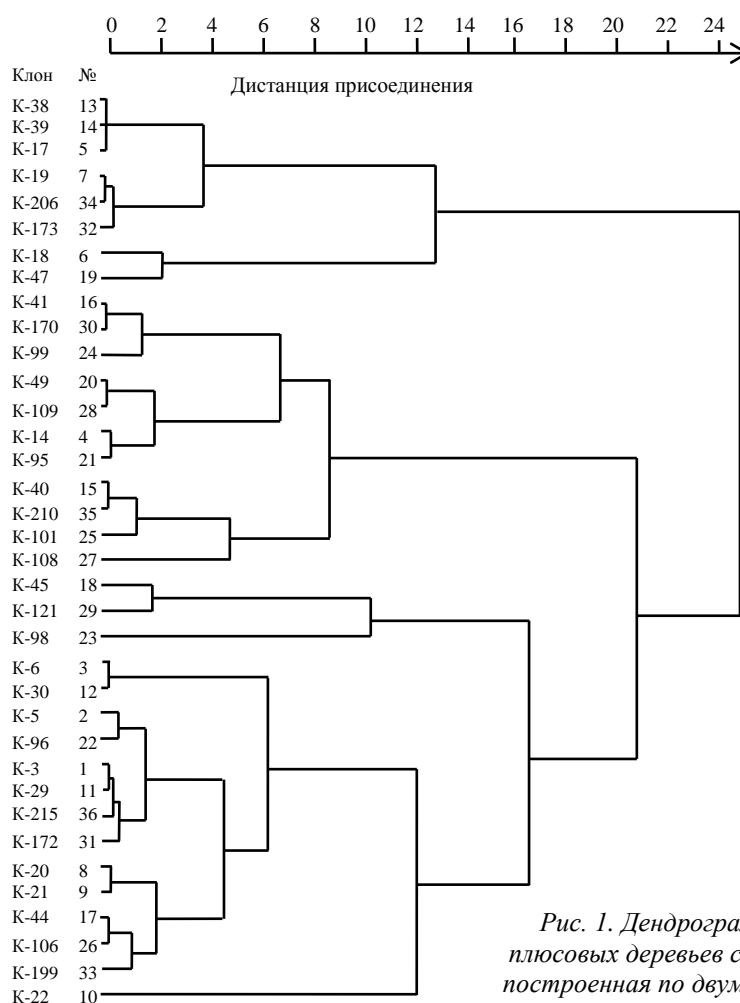


Рис. 1. Дендрограмма сходства 36 плюсовых деревьев сосны обыкновенной, построенная по двум главным компонентам (выход семян из шишек)

На первой дендрограмме (см. рис. 1) легко обнаруживается кластер, состоящий из 8-ми элементов. К его наиболее плотному и хорошо оформленному ядру (К-38, К-39, К-17, К-19, К-206, К-173), образованному в границах дистанций 0,02 – 3,98 масштабных единицы, примыкает пара объектов: К-18, К-47. Они объединились между собой на уровне 2,37 единицы, а присоединились к инициальной группе, имея дистанцию 13,22 единицы.

Следующий кластер также достаточно

плотный, но несколько крупнее по численности (11 элементов): К-41, К-170, К-99, К-49, К-109, К-14, К-95, К-40, К-210, К-101, К-108. Он объединяет три микрокластера: первый – К-41, К-170, К-99; второй – К-49, К-109, К-14, К-95 и третий – К-40, К-210, К-101, К-108. Каждый из них возникает на сравнительно коротких дистанциях: первый – 0,16; второй – 0,20; третий – 0,18 единицы. Порог окончательного слияния достигает 8,83 масштабных единицы.

Таблица 5

Схема кластеризации 36 плюсовых деревьев: 4 исходных признака

Этап	Шаги агломерации		Коэффициенты расстояний		Этапы появления первого кластера		Следующий этап
	объединение кластеров кластер 1	кластер 2	дистанция примыкания	единицы мас- штаба	кластер 1	кластер 2	
1	13	14	0,014913	0,03	0	0	4
2	16	30	0,138341	0,31	0	0	12
3	1	36	0,148948	0,33	0	0	8
4	5	13	0,167484	0,37	0	1	21
5	8	9	0,173654	0,38	0	0	13
6	20	28	0,188226	0,42	0	0	18
7	32	34	0,230141	0,51	0	0	21
8	1	2	0,269273	0,60	3	0	10
9	3	12	0,386905	0,86	0	0	23
10	1	11	0,419225	0,93	8	0	11
11	1	31	0,490308	1,08	10	0	23
12	16	24	0,534503	1,18	2	0	22
13	8	22	0,538669	1,19	5	0	14
14	8	17	0,635632	1,41	13	0	16
15	4	21	0,910639	2,01	0	0	18
16	8	26	0,917325	2,03	14	0	20
17	25	35	1,094313	2,42	0	0	19
18	4	20	1,141769	2,53	15	6	22
19	15	25	1,343651	2,97	0	17	27
20	8	33	1,512577	3,35	16	0	26
21	5	32	1,539457	3,40	4	7	28
22	4	16	1,747725	3,87	18	12	30
23	1	3	2,029234	4,49	11	9	26
24	18	29	2,040824	4,51	0	0	29
25	6	19	2,248246	4,97	0	0	34
26	1	8	2,738638	6,06	23	20	29
27	15	27	2,805589	6,21	19	0	31
28	5	7	3,591661	7,94	21	0	30
29	1	18	3,890325	8,60	26	24	32
30	4	5	4,320323	9,56	22	28	31
31	4	15	5,35296	11,84	30	27	34
32	1	10	6,245422	13,81	29	0	33
33	1	23	9,531124	21,08	32	0	35
34	4	6	10,46229	23,14	31	25	35
35	1	4	11,30353	25,00	33	34	0

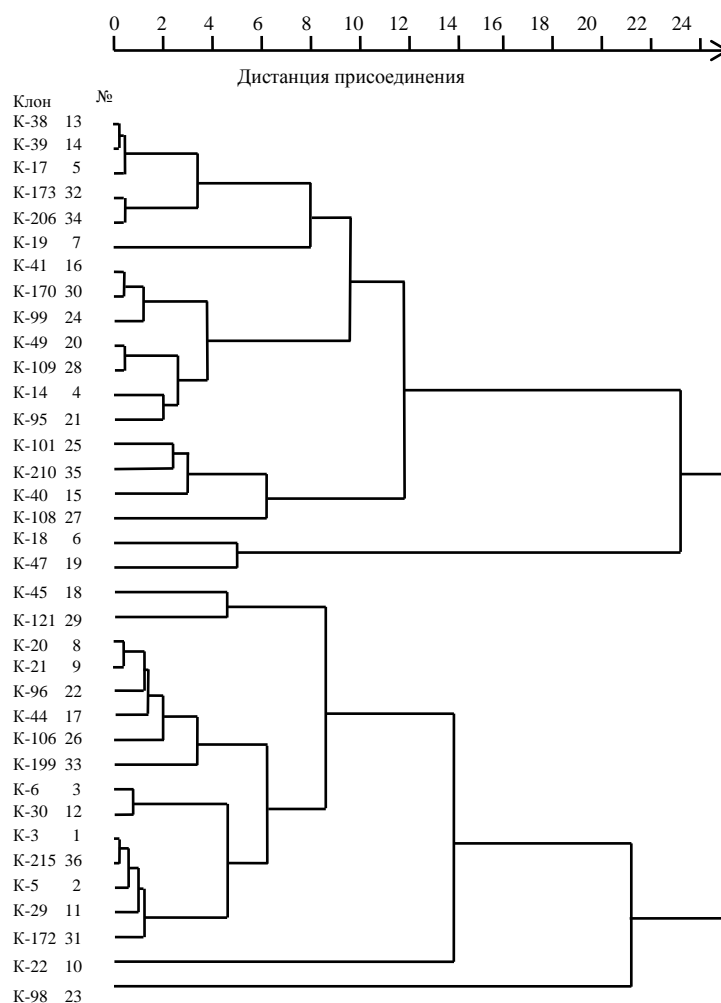


Рис. 2. Дендрограмма сходства 36 плюсовых деревьев сосны обыкновенной, построенная по нормированным значениям четырёх исходных признаков выхода семян

Ещё более плотную структуру при наибольшей численности (14 элементов) имеет ещё один надёжно идентифицируемый кластер К-6, К-30, К-5, К-96, К-3, К-29, К-215, К-172, К-20, К-21, К-44, К-106, К-199 К-22. Он состоит из двух представительных в количественном отношении микрокластеров: К-5, К-96, К-3, К-29, К-215, К-172 и К-20, К-21, К-44, К-106, К-199, а также одной пары близких объектов К-6, К-30 и отдельного элемента К-22. Образование кластера начинается с 0,06 единицы и завершается на рубеже 12,28 масштабной единицы. Остальные плюсовые деревья (К-45, К-121, К-98), сформировав неплотную группу, присоединяются к общей иерархической системе, преодолев расстояние в 16,94 единицы.

Повторение процедуры кластеризации

для варианта, в котором использованы нормированные значения исходных признаков, характеризующих выход семян из шишек (см. табл. 5, рис. 2), дало принципиально сходную картину. На дендрограмме (см. рис. 2) удаётся заметить, что большинство плюсовых деревьев, например, объекты с индексами К-38, К-39, К-17, К-19, К-206, К-173, входят в те же кластеры (или микрокластеры), что и в первом случае (см. рис. 1). При этом в значительной степени сохраняется относительная близость между ними. Наиболее специфические объекты (например, К-10, К-23) также сохранили свою индивидуальность в той или иной мере.

Сопоставление порядка относительного положения плюсовых деревьев в иерархических системах кластеризации,



выполненных по параметрам шишек, параметрам семян и показателям выхода семян из шишек, позволяет заметить определённые сходства их позиций (позиций, занимаемых плюсовыми деревьями). В пределах единого ассортиментного состава (одной ЛСП или одного архива клонов) плюсовые деревья с индексами К-17, К-18, К-38, К-39, К-173 К-206 чаще относятся к одному и тому же кластеру или даже микрокластеру, то есть они демонстрируют устойчивую соотносительную близость друг другу по фенотипическим характеристикам. Удалось отметить, что плюсовые деревья К-17, К-38, К-206, а также их пары К-20 и К-44 или К-14 и К-95, как правило, входят в состав одного кластера или макрокластера на разных дендрограммах, например: построенных по разным комплексам признаков (параметры шишек, параметры семян, показатели выхода семян из шишек); полученных на основе различных подходов к организации блока переменных (нормированные значения исходных признаков или главные компоненты); воспроизведённых с использованием различных метрик или разными способами агломерации (евклидово расстояние, квадрат евклидова расстояния или иное). Наиболее специфические объекты также сохраняют свою индивидуальность при построении дендрограмм по разным комплексам признаков. При этом можно заметить, что сами кластеры на сравниваемых дендрограммах различались дистанциями присоединения их компонентов. Это вполне логично, поскольку степень сходства плюсовых деревьев по разным признакам (параметры шишек и семян или выход семян из шишек), как правило, неодинакова, как, соб-

ственно говоря, и абсолютные размеры различных метрик, что и фиксируют дендрограммы.

Тот факт, что дендрограммы, построенные по наборам признаков или комплексных факторов (главных компонент), характеризующих разные части растительного организма, содержат общие для них группировки объектов, свидетельствует об устойчивости и надёжности результатов выполненного анализа. Кроме того, это обстоятельство позволяет признать наличие устойчивых различий между сравниваемыми плюсовыми деревьями и возможность применения к их комплексам процедуры многомерного ранжирования по степени генотипического несходства.

### Выводы

1. Плюсовые деревья сосны обыкновенной, представленные своими клонами на лесосеменных плантациях, существенно различаются выходом из шишек нормально развитых и недоразвитых семян, их доле и суммарному количеству.

2. Неоднородность плюсовых деревьев сосны обыкновенной по способности формировать нормально развитые семена в значительной степени обусловлена генотипически, что обеспечивает устойчивую продуктивность ЛСП.

3. Различия в показателях формирования в шишках семян зафиксированы и между клонами отдельного плюсового дерева, что определяется влиянием условий среды.

4. Показатели выхода из шишек семян различных категорий весьма информативны и могут быть привлечены для проведения многомерного анализа плюсовых деревьев и осуществления их ранжирования по комплексным оценкам генотипического несходства.

### Список литературы

1. Государственная программа Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» на 2013 - 2020 годы: Утв.: распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 дек. 2012 г. № 2593 - р: Председатель Правительства Российской Федерации Д. Медведев [Открытый доступ 17.09.2013: [http://www.nbchr.ru/PDF/042\\_oos.pdf](http://www.nbchr.ru/PDF/042_oos.pdf)] // Собрание

законодательства Российской Федерации. – 2013. – No 2. – Ст. 124.

2. Гиряев, М.Д. Состояние и проблемы лесовосстановления в Российской Федерации / М.Д. Гиряев // Пятый всероссийский съезд лесоводов (25-27 февраля 2003 г.). – М.: ВНИИЛМ, 2003. – С. 194 – 195.

3. Новосельцева, А.И. Особенности разработки региональных программ лесовосстановления в лесном фонде Российской Федерации на период 2003-2010 гг. / А.И. Новосельцева // Пятый всероссийский съезд лесоводов (25-27 февраля 2003 г.). – М.: ВНИИЛМ, 2003. – С. 205 – 207.
4. Мирошников, А. И. Опыт использования достижений лесной генетики, селекции и семеноводства за рубежом / А.И. Мирошников // Лесохозяйственная информация. Сборник научнотехнической информации по лесному хозяйству. – 2008. – № 3 – 4. – С. 4 – 9.
5. Роне, В. М. Генетическое улучшение свойств лесных древесных видов на семенных плантациях / В.М. Роне // Семенные плантации в лесном семеноводстве. – Сборник трудов НПО «Силава». – Рига: Зинатне, 1985. – С. 12 – 21.
6. Яркин, В.П. Долгосрочная программа создания постоянной лесосеменной базы на селекционной основе / В.П. Яркин // Лесное хозяйство. – 1990. – № 11. – С. 34 – 36.
7. Ефимов, Ю.П. Семенные плантации в селекции и семеноводстве сосны обыкновенной / Ю.П. Ефимов. – Воронеж: Истоки, 2010. – 253 с.
8. Видякин, А.И. Эффективность плюсовой селекции древесных растений / А.И. Видякин // Хвойные бореальной зоны. – XXVII, № 1 – 2, 2010. – С. 18 – 24.
9. Рутковский, И.В. Состояние лесного семеноводства и перспективы его развития / И.В. Рутковский // Пятый всероссийский съезд лесоводов (25-27 февраля 2003 г.). – М.: ВНИИЛМ, 2003. – С. 190 – 194.
10. Роне, В.М. Генетический анализ лесных популяций / М.В. Роне. – М.: Наука, 1980. – 160 с.
11. Петров, С.А. Система плюсовой селекции / С.А. Петров // Разработка основ систем селекции древесных пород: Тезисы докладов совещания. Ч. I. – Рига: Зинатне, 1981. – С. 103 – 105.
12. Потылев, В.Г. Проблемы лесного селекционного семеноводства / В.Г. Потылев // Лесохозяйственная информация. – 1997. – № 3. – С. 14 – 30.
13. Царев, А.П. Вопросы и проблемы плюсовой селекции / А.П. Царев, Н.В. Лаур // Лесной вестник. – 2006. – № 5. – С. 118 – 123.
14. Бессчетнов, В.П. Селекционно-генетические аспекты лесного семеноводства / В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова, А.Н. Орнатский // Труды факультета лесного хозяйства Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии: сборник научных статей. – Нижний Новгород: НГСХА, 2011. – № 1 (1). – С. 5 – 34.
15. Бессчетнова, Н.Н. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Селекционный потенциал плюсовых деревьев / Н.Н. Бессчетнова. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & co. KG. (ISBN 978-3-8443-5608-3), 2011. – 402 p.
16. Рогозин, М.В. К вопросу об отборе урожайных деревьев сосны обыкновенной / М.В. Рогозин. – Известия вузов. Лесной журнал. – 1978. – № 6. – С. 8 – 11.
17. Сахаров, В.И. Методы оценки экологогенетической структуры популяций древесных видов для выбора модели селекции / В.И. Сахаров. – Алматы, 2006. – 384 с.
18. Бессчетнова, Н.Н. Семеноводство сосны обыкновенной в Нижегородской области / Н.Н. Бессчетнова // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – Материалы VI Международной научной конференции, г. Красноярск, 22-24 октября 2003 г. – Красноярск: СибГТУ, 2003. – С. 10 – 13.
19. Бессчетнова, Н.Н. Состояние и перспективы развития лесосеменных плантаций сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Нижегородской области / Н.Н. Бессчетнова // Леса и лесное хозяйство в условиях рынка: проблемы и перспективы устойчивого развития: Материалы международной научно-практической конференции, г. Алматы, 27-28 ноября 2003 г., в 2-х книгах. Книга 2. – Алматы: Казахский национальный аграрный университет, 2003. – С. 59 – 64.
20. Никитин, К.Е. Методы и техника обработки лесоводственной информации / К.Е. Никитин, А.З. Швиденко – М.: Лесная промышленность, 1978. – 272 с.
21. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / В.А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 416 с.
22. Бессчетнов, В.П. Сравнительная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной по параметрам семян / В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2012. – № 1 (14). – С. 3 – 11.
23. Бессчетнов, В.П. Многомерная идентификация плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в кластерном анализе по параметрам шишек / В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова // Известия Оренбургского аграрного университета. – 2012. – № 3(35). – С. 8 – 11.
24. Бессчетнов, В.П. Селекционная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по параметрам шишек / В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. Естественные, технические, экономические науки. – 2012. – № 6. – С. 13 – 16.
25. Бессчетнов, В.П. Многомерная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по морфометрическим параметрам семян / В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2013. – № 3(79). – С. 11 – 16.
26. Бессчетнова, Н.Н. Изменчивость шишек у представителей клоновых репродукций плюсовых деревьев сосны обыкновенной / Н.Н. Бессчетнова // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: Материалы VII Международной

научной конференции, г. Красноярск, 15 – 17 сентября 2004 г. – Красноярск: СибГТУ, 2004. – С. 27 – 30.

27. *Бессчетнова, Н.Н.* Экологические аспекты формирования ассортимента лесосеменных плантаций сосны обыкновенной в Нижегородской области / Н.Н. Бессчетнова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2004. – № 8. – С. 20 – 22.

28. *Бессчетнова, Н.Н.* Многофакторный анализ клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной в условиях лесосеменных плантаций / Н.Н. Бессчетнова // Лесоводство Нижегородской области на рубеже веков. – Сборник научных трудов по матер. науч.-практ. конф. – Нижний Новгород: НГСХА, 2004. – С. 14 – 27.

29. *Бессчетнова, Н.Н.* Комплексная оценка клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной на объектах постоянной лесосеменной базы в Нижегородской области / Н.Н. Бессчетнова // Вавиловские чтения – 2004: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 117-й годовщине со дня рождения академика Николая Ивановича Вавилова. Саратов, 24-26 ноября 2004 г. Сек-

ция мелиорации, агролесомелиорации и лесоводства. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2004. – С. 93 – 96.

30. *Лейтас, А.М.* Состояние, опыт применения и перспективы развития математического обеспечения статистических методов анализа экспериментальных данных НПО «Силава» / А.М. Лейтас, А.А. Калнина, М.В. Шмите, П.Э. Негитис // Вычислительные методы решения научных и технических проблем лесного хозяйства. – Рига: Зинатне, 1983. – С. 20 – 32.

31. *Мамаев, С.А.* Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале) / С.А. Мамаев. – М.: Наука, 1972. – 283 с.

32. *Tausz, M.* Multivariate patterns of biochemical responses of *Pinus ponderosa* trees at field plots in the San Bernardino Mountains, southern California [Free access: 29.03.2012. <http://treephys.oxfordjournals.org/content/21/5/329.full.pdf+html>] / M. Tausz, A. Bytnerowicz, M.J. Arbaugh, A. Wonisch, D. Grill // Tree Physiology. – Victoria, Canada: Heron Publishing. – 2001. – Vol. 21 (5). – Pp. 329 – 336.

Статья поступила в редакцию 04.02.14.

**Ссылка на статью:** Н. Н. Бессчетнова, В. П. Бессчетнов, С. А. Денисов, В. Л. Черных. Многомерная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris L.*) по выходу семян из шишек // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 2 (22). – С. 21-35.

#### Информация об авторах

*БЕССЧЕТНОВА Наталья Николаевна* – кандидат сельскохозяйственных наук, декан факультета лесного хозяйства, доцент кафедры лесных культур, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия. Область научных интересов – проблемы эффективности лесной селекции и совершенствования селекционного потенциала плюсовых деревьев основных лесообразующих пород. Автор 71 публикации.

*БЕССЧЕТНОВ Владимир Петрович* – доктор биологических наук, профессор, первый проректор, заведующий кафедрой лесных культур, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия. Область научных интересов – лесные культуры, селекция и интродукция древесных и кустарниковых видов, проблемы эффективности лесной селекции и совершенствования селекционного потенциала природных популяций и плюсовых деревьев основных лесообразующих пород. Автор более 100 публикаций.

*ДЕНИСОВ Сергей Александрович* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесоводства, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – лесоведение, биология и экология древесных пород, лесная экология, лесоводство, лесные пожары. Автор более 140 публикаций.

*ЧЕРНЫХ Валерий Леонидович* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесной таксации и лесоустройства, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – проблемы лесной таксации, математического моделирования, информационных и ГИС-технологий в лесном хозяйстве. Автор более 250 публикаций.

**MULTIDIMENSIONAL ASSESSMENT OF PLUS TREES OF SCOTCH PINE  
(PINUS SYLVESTRIS L.) ON SEED YIELD FROM CONES**

*N. N. Besschetnova<sup>1</sup>, V. P. Besschetnov<sup>1</sup>, S. A. Denisov<sup>2</sup>, V. L. Chernykh<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Nizhny Novgorod Agricultural Academy,

97, Gagarina Av., Nizhny Novgorod, 603107, Russian Federation

E-mail: besschetnova1966@mail.ru

<sup>2</sup>Volga State University of Technology,

3, Pl.Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation

E-mail: DenisovSA@volgatech.net

**Key words:** *Scotch pine; plus trees; clones; seed plantation; seed yield; multidimensional analysis.*

**ABSTRACT**

*It is important to improve permanent forest seed base for a successful operation of the system of forest seed production. Its effectiveness is largely determined by the quality and breadth of accumulated assortment of plus trees. The most important characteristics of plus trees are indicators of their reproductive activity. Hence, the purpose of this study is a comparative evaluation of plus trees of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.), belonging to the objects of the permanent forest seed production base, established in Nizhny Novgorod region, in a range of indicators. Researches were carried out by means of stationary field and laboratory methods. Each plus tree was presented by 3 - 8 of its clones. Up to 60 pieces normally developed undamaged cones were gathered from each of them. All the clones grew in terms of balanced environmental background and were represented by the same type of grafting coeval, planted at one site with the same feeding area. Statistical processing of the raw data was carried out by dispersion methods and the methods of factor and cluster analyses. Significant differences between plus trees were revealed by means of dispersion analysis. The power of influence of differences between plus trees is estimated by: output of normally developed seeds from cones ( $h^2 = 29.09 \pm 0.31\%$ ); quantity of abortive seeds ( $h^2 = 24.81 \pm 0.33\%$ ); total seed yield ( $h^2 = 26.42 \pm 0.32\%$ ); share of normally developed seeds ( $h^2 = 25.46 \pm 0.33\%$ ). Quite logical picture of the four groups of initial parameters on two main components was obtained and a reasonable reduction of the number of independent variables of multivariate statistical complex was achieved due to the factor analysis. These formed the basis of the cluster analysis and dendrogram construction. Plus trees show a steady correlative proximity to each other in phenotypic characteristics within a single assortment. This allows to apply to them a set of procedures of multidimensional ranking in degree of genotypic dissimilarity. **Conclusion:** differences between plus trees of Scotch pine in their ability to form a normally developed seeds are largely due to their genotype.*

**REFERENCES**

1. Gosudarstvennaya programma Rossiyskoy Federatsii «Razvitie lesnogo khozyaystva» na 2013 - 2020 gody: Utv.: rasporyazheniem Pravitelstva Rossiyskoy Federatsii ot 28 dek. 2012 g. № 2593 - r : Predsedatel pravitelstva Rossiyskoy Federatsii D. Medvedev [State Program of the Russian Federation «Forestry Development» for 2012-2013 Years: approved by the order of the government of the Russian Federation dated 28.12.2012 № 2593 - p: D. Medvedev, Prime Minister of the Russian Federation]. Sobranie zakonodatelstva Rossiyskoy Federatsii [Russian Federation Code]. 2013. No 2. Article. 124. URL: [http://www.nbchr.ru/PDF/042\\_oos.pdf](http://www.nbchr.ru/PDF/042_oos.pdf) (17.09.2013).
2. Giryayev M.D. Sostoyaniye i problemy lesovosstanovleniya v Rossiyskoy Federatsii [Present-Day Situation and Problems of Forest Restoration in the Russian Federation]. *Pyaty vserossiyskiy sezd lesovodov (25-27 fevralya 2003 g.)* [V All-Russian Meeting of Foresters (February 25-27, 2003)]. Moscow: VNIILM, 2003. Pp. 194 – 195 .
3. Novoseltseva A.I. Osobennosti razrabotki regionalnykh programm lesovosstanovleniya v lesnom fonde Rossiyskoy Federatsii na period 2003-2010 gg. [Peculiarities of Forest Restoration Regional Programs Development in Forest Fund of the Russian Federation for 2003-2010 Years]. *Pyaty vserossiyskiy sezd lesovodov (25-27 fevralya 2003 g.)* [V All-Russian Meeting of Foresters (February 25-27, 2003)]. Moscow: VNIILM, 2003. Pp. 205 – 207.
4. Miroshnikov A. I. Opyt ispolzovaniya dostizheniy lesnoy genetiki, selektsii i semenovodstva za rubezhom [Use of Achievements of Forest Genetics, Selection and Seedage Abroad]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya. Sbornik nauchno-tehnicheskoy in-*

*formatsii po lesnomu khozyaystvu* [Information on Forestry. Collection of Scientific and Technical Information on Forestry]. 2008. № 3 – 4. Pp. 4 – 9.

5. Rone V.M. Geneticheskoe uluchshenie svoystv lesnykh drevesnykh vidov na semennykh plantatsiyakh [Improvement of Genetic Properties of Forest Woody Species on Seed Orchard.]. Semennye plantatsii v lesnom semenovodstve [Seed Orchards in Forest Seedage]. *Sbornik trudov NPO «Silava»* [Collected papers of «Silava» scientific development and production center]. Riga: Zinatne, 1985. Pp. 12 – 21.

6. Yarkin V.P. Dolgosrochnaya programma sozdaniya postoyannoy lesosemennykh bazy na selektsionnoy osnove [Long-Term Program of Constant Forest Seed Base Establishment on Selection Basis] *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry]. 1990. № 11. Pp. 34 – 36.

7. Efimov Yu.P. *Semennye plantatsii v selektsii i semenovodstve sosny obyknovennoy* [Seed Orchards in Selection and Seedage of Scotch Pine]. Voronezh: Istoki, 2010. 253 p.

8. Vidyakin A.I. Effektivnost plyusovoy selektsii drevesnykh rasteniy [Efficiency of Plus Selection of Woody Plants]. *Khvoynye borealnoy zony* [Conifers of Boreal Zones]. XXVII, № 1 – 2, 2010. Pp. 18 – 24.

9. Rutkovskiy I.V. Sostoyanie lesnogo semenovodstva i perspektivy ego razvitiya [Situation in Forest Seedage and Prospects of its Development]. *Pyatyy vserossiyskiy sezd lesovodov (25-27 fevralya 2003 g.)* [V All-Russian Meeting of Foresters (February 25-27, 2003)]. Moscow: VNIILM, 2003. Pp. 190 – 194.

10. Rone V.M. *Geneticheskii analiz lesnykh populyatsiy* [Genetic Analysis of Forest Populations]. Moscow: Nauka, 1980. 160 p.

11. Petrov S.A. Sistema plyusovoy selektsii [Plus Selection System]. *Razrabotka osnov sistem selektsii drevesnykh porod: tezisy dokladov soveshchaniya. Ch. I.* [Elaboration of Fundamentals of Selection Systems of Woody Species: abstracts of meeting. Part 1]. Riga: Zinatne, 1981. Pp. 103 – 105.

12. Potylev V.G. Problemy lesnogo selektsionnogo semenovodstva [Problems of Forest Selection Seedage]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* [Information of Forestry]. 1997. № 3. Pp. 14 – 30.

13. Tsarev A.P., Laur N.V. Voprosy i problemy plyusovoy selektsii [Problems of Plus Selection]. *Lesnoy vestnik* [Collected papers on Forestry]. 2006. № 5. Pp. 118 – 123.

14. Besschetnov V.P., Besschetnova N.N., Ornatkiy A.N. Selekcionno-geneticheskie aspekty lesnogo semenovodstva [Selection-Genetics Aspects of Forest Seedage]. *Trudy fakulteta lesnogo khozyaystva Nizhegorodskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii: sbornik nauchnykh statey* [Papers of the Faculty of Forestry of Nizhny Novgorod Agricultural Academy: collected papers]. Nizhny Novgorod: NGSKhA, 2011. № 1 (1). Pp. 5 – 34.

15. Besschetnova N.N. *Sosna obyknovennaya (Pinus sylvestris L.). Selekcionnyy potentsial plyusovykh derevev* [Scotch Pine (Pinus sylvestris L.). Selection Potential of Plus Trees]. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & co. KG. (ISBN 978-3-8443-5608-3), 2011. 402 p.

16. Rogozin M.V. K voprosu ob otbore urozhaynykh derevev sosny obyknovennoy [To the Problem of Selection of Productive Trees of Scotch Pine]. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal* [News of Universities, Forest Journal]. № 6, 1978. Pp. 8 – 11.

17. Sakharov V.I. *Metody otsenki ekologo-geneticheskoy struktury populyatsiy drevesnykh vidov dlya vybora modeli selektsii* [Methods for Assessment of Ecological and Genetic Structure of Woody Species Population for Selection Model Selection]. Almaty, 2006. 384 p.

18. Besschetnova N.N. Semenovodstvo sosny obyknovennoy v Nizhegorodskoy oblasti [Seed Industry of Scotch Pine in Nizhny Novgorod Oblast]. *Plodovodstvo, semenovodstvo, introduktsiya drevesnykh rasteniy* [Fruit Growing, Seed Farming, Introduction of Woody Plants]. *Materialy VI Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (22-24 oktyabrya 2003, Krasnoyarsk)* [Materials of VI International Scientific Conference (October 22-24, 2003, Krasnoyarsk, )]. Krasnoyarsk: SibGTU, 2003. Pp. 10 – 13.

19. Besschetnova N.N. Sostoyanie i perspektivy razvitiya lesosemennykh plantatsiy sosny obyknovennoy (Pinus silvestris L.) v Nizhegorodskoy oblasti [Present-Day Situation and Perspectives for Development of Seed Plantations of Scotch Pine (Pinus silvestris L.) in Nizhny Novgorod Oblast] *Lesa i lesnoe khozyaystvo v usloviyakh rynka: problemy i perspektivy ustoychivogo razvitiya: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (27-28 noyabrya 2003, Almaty), v 2-kh knigakh. Kniga 2* [Forests and Forestry in Market Conditions: Problems and Perspectives for Sustainable Development: materials of International research and practice conference (November 27-28, 2003, Almaty), in two volumes. Book 2]. Almaty: Kazakh National Agrarian University, 2003. Pp. 59 – 64.

20. Nikitin K.E., Shvidenko A.Z. *Metody i tekhnika obrabotki lesovodstvennoy informatsii* [Methods and Technology of Forest Information Processing]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1978. 272 p.

21. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Field Study Method] Moscow: Kolos, 1985. 416 p.

22. Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. Sravnitel'naya otsenka plyusovykh derevev sosny obyknovennoy po parametram semyan [Comparative Analysis of Plus Trees of Scotch Pine in Seed Parameters]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. № 1 (14). 2012. Pp. 3–11.

23. Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. Mnogomernaya identifikatsiya plyusovykh derevev sosny obyknovnoy (*Pinus sylvestris* L.) v klaster-nom analize po parametram shishek [Multiple Identification of Plus Trees of Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.) in Cluster Analysis by Cones]. *Izvestiya Orenburgskogo agrarnogo universiteta* [News of Orenburg Agrarian University]. № 3(35). 2012. Pp. 8 – 11.
24. Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. Seleksionnaya otsenka plyusovykh derevev sosny obyknovnoy (*Pinus sylvestris* L.) po parametram shishek [Selection Assessment of Plus Trees of Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.) by Cones Parameters]. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova. Estestvennye, tekhnicheskie, ekonomicheskie nauki* [Vestnik of Saratov State Agrarian University named after N.I.Vavilov]. 2012. № 6. Pp. 13 – 16.
25. Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. Mnogomernaya otsenka plyusovykh derevev sosny obyknovnoy (*Pinus sylvestris* L.) po morfometricheskim parametram semyan [Multidimensional Assessment of Plus Trees of Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.) by Morphometric Seed Analysis]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* [Vestnik of Moscow State Forest University - Forest Vestnik]. 2013. № 3 (79). Pp. 11 – 16.
26. Besschetnova N.N. Izmenchivost shishek u predstaviteley klonovykh reproduksiy plyusovykh derevev sosny obyknovnoy [Cones Variability of Representatives of Clone Reproductions of Plus Trees of Scotch Pine]. *Plodovodstvo, semenovodstvo, introduktsiya drevesnykh rasteniy: materialy VII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (15 – 17 sentyabrya 2004, Krasnoyarsk)* [Fruit Growing, Seedage, Introduction of Woody Species: materials of VII International scientific conference (September, 15 – 17 2004, Krasnoyarsk)]. Krasnoyarsk: SibGTU, 2004. Pp. 27 – 30.
27. Besschetnova N.N. Ekologicheskie aspekty formirovaniya assortimenta lesosemennyykh plantatsiy sosny obyknovnoy v Nizhegorodskoy oblasti [Ecological Aspects of Formation of Assortment of Forest-Seed Plantations of Scotch Pine in Nizhny Novgorod Oblast]. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova*. [Vestnik of BSTU named after B.G.Shukhov]. Belgorod: BSTU, 2004. № 8. Pp. 20 – 22.
28. Besschetnova N.N. Mnogofaktornyy analiz klonov plyusovykh derevev sosny obyknovnoy v usloviyakh lesosemennyykh plantatsiy [Multi-factor Analysis of Clones of Plus Trees of Scotch Pine in Sustainable Forest-Seed Plantations]. *Lesovodstvo Nizhegorodskoy oblasti na rubezhe vekov: sbornik nauchnykh trudov po materialam nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Forestry of Nizhny Novgorod Oblast at the Turn of XXth Century: collected papers of research and practice conference materials]. Nizhny Novgorod: NGSKhA, 2004. Pp. 14 – 27.
29. Besschetnova N.N. Kompleksnaya otsenka klonov plyusovykh derevev sosny obyknovnoy na obektakh postoyannoy lesosemennoy bazy v Nizhegorodskoy oblasti [Complex Assessment of Clones of Plus Trees of Scotch Pine at the Objects of Permanent Forest-Seed Base in Nizhny Novgorod Oblast]. *Vavilovskie chteniya – 2004: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 117-y godovshchine so dnya rozhdeniya akademika Nikolaya Ivanovicha Vavilova (24-26 noyabrya 2004, Saratov)*. Sektsiya melioratsii, agrolesomelioratsii i lesovodstva [Vavilov Readings-2004: materials of All-Russian research and practice conference devoted to 117th anniversary since the birth of Nikolay Ivanovich Vavilov (November 24-26, 2004, Saratov). «Amelioration, Agricultural Forest Amelioration and Forestry» workshop]. Saratov: Saratovskiy GAU, 2004. Pp. 93 – 96.
30. Leytas A.M., Kalnina A.A., Shmite M.V., Negitis P.E. Sostoyanie, opyt primeneniya i perspektivy razvitiya matematicheskogo obespecheniya statisticheskikh metodov analiza eksperimentalnykh dannykh NPO «Silava» [Present-day Situation, Experience and Perspectives of Development of Mathematical Support of Statistical Methods of Experimental Data Analysis of Scientific Development and Production Center «Silava»]. *Vychislitelnye metody resheniya nauchnykh i tekhnicheskikh problem lesnogo khozyaystva* [Computational Methods for Solution of Research and Technical Problems of Forestry]. Riga: Zinatne, 1983. Pp. 20 – 32.
31. Mamaev S.A. Formy vnutrividovoy izmenchivosti drevesnykh rasteniy (na primere semeystva Pinaceae na Urale) [Forms of Intraspecific Variability of Woody Plants (based on Pinaceae family at the Ural)]. Moscow: Nauka, 1972. 283 p.
32. Tausz M., Bytnerowicz A., Arbaugh M.J., Wonisch A., Grill D. Multivariate Patterns of Biochemical Responses of *Pinus ponderosa* Trees at Field Plots in the San Bernardino Mountains, Southern California. *Tree Physiology*. Victoria, Canada: Heron Publishing. 2001. Vol. 21 (5). Pp. 329 – 336. URL: <http://treephys.oxfordjournals.org/content/21/5/329.full.pdf+html> D. Grill // (29.03.2012)

The article was received 04.02.14.

**Citation for an article:** N.N. Besschetnova, V.P. Besschetnov, S.A. Denisov, V.L. Chernykh. Multidimensional assessment of plus trees of scotch pine (*Pinus Sylvestris* L.) on seed yield from cones. *Vestnik of Volga State University of Technology*. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management. 2014. No 2(22). Pp. 21-35.

### Information about the authors

*BESSCHETNOVA Natalia Nikolayevna* – Candidate of Agricultural Sciences, Dean at the Faculty of Forestry, Associate Professor at the Chair of Forest Plantations, Nizhny Novgorod Agricultural Academy. Research interests – problems of efficiency of forest selection and improvement of breeding potential of plus trees of major forest species. The author of 71 publications.

*BESSCHETNOV Vladimir Petrovich* – Doctor of Biological Sciences, Professor, First Vice Rector, Head at the Chair of Forest Plantations, Nizhny Novgorod Agricultural Academy. Research interests – plantations, selection and introduction of woody and shrubby species, problems of efficiency of forest selection and improvement of breeding potential of natural population and plus trees of major forest species. The author of more than 100 publications.

*DENISOV Sergey Alexandrovich* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head at the Chair of Forestry, Volga State University of Technology. Research interests – silviculture, biology and ecology of woody species, forest ecology, forestry, forest fires. The author of more than 140 publications.

*CHERNYKH Valeriy Leonidovich* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head at the Chair of Forest Taxation and Forest Surveying, Volga State University of Technology. Research interests – problems of forest taxation, mathematic simulation, IT and GIS technologies in forestry. The author of more than 250 publications.