

Станислав Павлович АРЕФЬЕВ¹
Мария Николаевна КАЗАНЦЕВА²
Петр Петрович ПОПОВ³

УДК 630*17:582.475.2:630*232.318

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ
В ИЗМЕНЧИВОСТИ СЕМЯН ЕЛИ СИБИРСКОЙ
В СЕВЕРНЫХ РАЙОНАХ АРЕАЛА
(ЯМАЛО-НЕНЕЦКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ)**

¹ доктор биологических наук, заведующий сектором биоразнообразия и динамики природных комплексов, Институт проблем освоения Севера СО РАН; ведущий научный сотрудник кафедры криософии, Тюменский государственный университет
sp_arefyev@mail.ru

² кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник сектора биоразнообразия и динамики природных комплексов, Институт проблем освоения Севера СО РАН; доцент кафедры экологии и генетики, Институт биологии, Тюменский государственный университет
mnkazantseva@yandex.ru

³ доктор биологических наук, главный научный сотрудник сектора биоразнообразия и динамики природных комплексов, Институт проблем освоения Севера СО РАН
iprosorov@mail.ru

Аннотация

В северных районах ареала ели сибирской на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) при высоком и среднем урожае на участках, расположенных даже недалеко друг от друга, может образоваться разное количество полных семян, но всегда

Цитирование: Арефьев С. П. Некоторые особенности в изменчивости семян ели сибирской в северных районах ареала (Ямало-Ненецкий автономный округ) / С. П. Арефьев, М. Н. Казанцева, П. П. Попов // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2016. Т. 2. № 4. С. 96-107.

DOI: 10.21684/2411-7927-2016-2-4-96-107

с преобладанием пустых. Полные семена на разных участках имеют примерно одинаковую массу — 1 000 шт. (3,3-3,9 г), но разную всхожесть (от 13-15 до 60%). Семена с высокой всхожестью прорастают дружнее, длительность периода их прорастания меньше, чем у семян с низкой всхожестью. В партии семян с высокой всхожестью наблюдается ее повышение (на 12-15%) с увеличением массы семян от 3 до 4 и 5-6 г. В северо-восточном (Тазовском) районе ареала отмечается повышенное число семядолей (6-9 шт.) у всходов, по сравнению с районом нижнего течения р. Полуй, в западной части ЯНАО (от 4-5 до 9 шт.).

Ключевые слова

Ель сибирская, северные районы ареала, Ямало-Ненецкий автономный округ, семена, всхожесть.

DOI: 10.21684/2411-7927-2016-2-4-96-107

Введение

Ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.) на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) широко распространенная древесная порода [2; 4; 6; 9]. Леса, в составе которых она обычно находится, играют здесь большую ландшафтно-образующую и социально-экономическую роль. Но ее биологические особенности (прежде всего, с точки зрения репродукции) изучены очень слабо [13; 17; 18]. Известно, что хорошие и даже средние урожаи шишек ели на севере бывают редко, выход и качество семян очень низкие [1; 5; 8; 11; 12]. Поэтому целью настоящей работы является изучение изменчивости семян ели сибирской в северных районах ареала на территории ЯНАО.

Материалы и методы исследований

Приведенный далее материал является продолжением нашей работы, начатой в 2013 г. [17; 18]. В том году был очень хороший урожай шишек ели (балл 5 по Капперу) в районе нижнего течения р. Полуй (66° с. ш. 68° в. д.), где и были собраны шишки, на одном участке (8Е2Лц+Б) с 155, на втором (6Лц4Е) с 100 деревьев. Семена из них анализировали как две партии. В 2016 г. в Тазовском районе ЯНАО (66°56' с. ш. 79°30' в. д.) был сравнительно небольшой урожай шишек (примерно 3 балл). В начале августа шишки, также без рубки деревьев, собирали в смешанном виде на первом участке редкостойного лиственничника мшисто-багульникового типа (8Лц2Е+Б) и на втором — в редкостойном зеленомошно-ерниковом ельнике (6Е5Лц). Возраст ели на обоих участках около 150 лет, высота деревьев 3-10 м. Кроме того, на первом участке с одного «хорошо плодоносящего» дерева собрали 48 шишек. Семена с этих участков и отдельного дерева обрабатывались отдельно как 3 образца (партии).

Шишки до раскрытия хранили россыпью при температуре окружающего воздуха. В 2013 г. в условиях умеренной положительной температуры (12-15°C) шишки раскрылись через месяц, в 2016 г. при повышенной температуре окружающего воздуха (18-22°C) шишки раскрылись через 7-10 дней. После рас-

крытия шишек семена были извлечены встряхиванием, очищены от крылаток (вручную, перетиранием) и отвеяны.

После очистки семена взвешивали (каждое семя отдельно) на торсионных весах ВТ-500 с точностью до 1 мг [16]. Все нормального размера семена массой 2 мг и менее оказались пустыми, массой 3 мг и более — полные. Полные семена с двух участков и отдельного дерева проращивали в чашках Петри при температуре 20-22°C, в течение 30 дней, по фракциям со второго участка в течение 15 дней. Учет проросших семян (длина ростка которых не менее длины семени) производили ежедневно в одни и те же часы. Прорастающие семена оставляли в чашках Петри «на доращивание» для подсчета числа семядолей.

Результаты и обсуждение

Первые исследования репродукции и естественного возобновления древесных пород, в том числе и ели, в лесотундре ЯНАО провел в 1953-1955 гг. [18]. Географические координаты района его исследований — 66°15'-66°45' с. ш. 72°50'-74°20' в. д. Относительно ели им отмечено, что при значительном участии ее в составе древостоя, урожаи шишек и семян ничтожны. В лишайниковых лиственничных редколесьях ель дает не более 300-500 шишек на 1 га (при 100-150 деревьях на 1 га), а в травяно-кустарничковых лиственничниках — около 1 000 шт. (при 300 дер. ели на 1 га). Первые всхожие семена ели в 1954 г. были собраны 30 августа; всхожесть их составляла всего 1%, в образце, собранном 2 сентября — 6%. Большинство образцов ели имели 100% пустых семян. Наибольшее количество полнозернистых семян (10%) было обнаружено в сфагново-долгомошниковом ельнике. Очевидно, процессы созревания семян у ели не могут завершиться при продолжительности вегетационного периода, существующего на Малом Ямале. Только в отдельные, наиболее благоприятные по погодным условиям годы семена могут более или менее нормально вызревать. Об этом можно судить по наличию на некоторых участках редколесий пятен с почти одновозрастным подростом ели [18].

Семена ели производственной заготовки из Мужевского лесничества ЯНАО (левобережье нижнего течения Оби) в лабораторных условиях начали прорастать на 23-й и закончили прорастание на 35-й день. Абсолютная всхожесть их составила 57%, а длительность периода прорастания — 28,6 дня [14]. В том же опыте семена из Пинежского и Лешуконского лесхозов Архангельской области характеризовались показателями 89%, 10,4 дня и 93%, 10,9 дня, из Тобольского лесхоза Тюменской — 90% и 10,4 дня соответственно. Семена из Березниковского (Пермский край) и Бисертского (Свердловская обл.) лесхозов имели всхожесть более 90% и длительность периода прорастания 7,9 и 6,1 дня соответственно. Семена из Надымского лесничества (район, близкий к тому, в котором проводил исследования Б. Н. Норин) в 1979 г. имели полнозернистость 25, а всхожесть 4% [15].

В районе нижнего течения р. Полуй длина шишек составляла в среднем 5-60 мм, длина семени — около 4 мм, ширина его — 2 мм, число полных семян в шишке на двух участках 51 и 62 (14-110) шт. Масса одного полного семени 3,33

(3,02-4,36) и 3,81 (3,12-5,5) мг. На первом участке только на 35 деревьях (из 155) оказались полные семена, на втором — на 61 (из 100) также было разное количество полных семян [18].

Средняя длина шишек (57,9 и 58,7 мм) на двух участках в Тазовском районе оказалась практически такой же, как и в районе р. Полуй в 2013 г. Полные семена имеют массу 3-6 мг (таблица 1). На обоих участках большое преобладание (76 и 89%) семян с массой 3 и 4 мг, с массой 5-6 мг значительно меньше. На отдельном дереве преобладание семян с массой 4 и 5 мг (78%). Отсюда и средняя масса семени на участках 1 и 2 составила 3,93 и 3,64 мг, на отдельном дереве она несколько больше (4,3 мг). Масса полных семян ели в Тазовском районе (в 2016 г.) практически такая же, как и в районе р. Полуй (в 2013 г.). Но в целом на территории ЯНАО она значительно ниже, чем в районах, расположенных южнее [20].

Всхожесть семян ели в районе р. Полуй на двух участках составила 67 и 54% [17], в Тазовском районе — 14,83 и 60%. Хотя участки располагаются друг от друга на расстоянии всего 8-10 км. С отдельного дерева она также оказалась очень низкой (13,67%). Как видно (таблица 2), всхожесть на втором участке оказалась довольно высокой. Ход прорастания семян по дням учета в районе р. Полуй, на первом участке (в Тазовском районе) и с отдельного дерева относительно равномерный. На втором участке почти половина их (46,8% от числа проросших) проросли на 2-4-й день от начала прорастания. Длительность периода прорастания семян в значительной мере соответствует величине показателя их всхожести, при повышении первого уменьшается второй, т. е. с 10,63 до 7,38 дня.

Достаточно спорным остается вопрос о влиянии массы (крупности) семян на их всхожесть. По данным А. Н. Соболева [21], всхожесть семян ели обыкновенной массой 100 шт. (от 0,80-0,83 до 0,91-0,94 г) изменяется от 70 до 83%. Н. П. Кобранов [7] считал, что такой связи нет, но заметно увеличивается под-

Таблица 1

Распределение полных семян ели сибирской по массе в Тазовском районе ЯНАО

Table 1

The distribution of the Siberian spruce full seeds according to their mass in the Taz region (Yamalo-Nenets Autonomous Okrug)

№ образца	Число семян, шт.	Распределение семян (%) по массе, мг					Средняя масса, мг
		3	4	5	6	7	
1	604	37	39	19	5	-	3,93
2	604	47	42	10	1	-	3,64
3	1134	15	47	31	10	1	4,30

Примечание: № 1 и 2 — семена с первого и второго участка, № 3 — с отдельного дерева.

Notes: nos 1 and 2 — the seeds from the first and second area, no 3 — from a separate tree

Таблица 2
Ход прорастания и всхожесть семян ели сибирской
в северных районах арала (Ямало-Ненецкий
автономный округ)

Table 2
The course of growth and germination of Siberian spruce
seeds in the northern parts of the area (Yamal-Nenets
Autonomous District)

№ образца	Число семян, шт.		Число проросших семян по дням учета, %													Всхожесть, %	Длительность прорастания, дни			
	общее	проросших	5	6	7	8	9	9	10	11	12	13	14	15	16			17	18	19-25
Район нижнего течения р. Полу́й																				
1	1402	935	-	5	9	9	9	9	13	8	7	3	3	1	-	-	-	-	67	9,61
2	3437	1840	1	8	9	9	9	6	4	3	1	1	1	1	1	1	-	-	54	8,96
Тазовский район																				
1	600	89	-	5	11	18	22	14	2	3	3	4	5	1	2	2	8	15	10,63	
2	600	360	3	34	26	18	6	7	3	1	1	-	1	-	-	-	-	60	7,38	
3	600	82	-	1	11	12	17	25	19	4	1	1	2	1	-	4	2	14	10,29	

Примечание: Семена ели из района р. Полу́й урожая 2013 г., в Тазовском районе — 2016 г. Расчет длительности периода прорастания на основе фактического количества проросших семян по дням учета

Notes: spruce seeds from the Polui river region of the 2013 harvest, in Taz District — 2016. The calculation of the germination period duration is based on the actual number of seeds germinated by day account

семядольное колено у проростков из семян с большей массой. А. П. Тольский [18] отмечал, что зависимость всхожести от массы семян проявляется не всегда. В некоторых последующих исследованиях такое явление действительно наблюдается. Здесь, по-видимому, большую роль играет источник получения семян: то ли это семена из смешанной партии, то ли с разных деревьев, имеющих семена различной массы, то ли из отдельной шишки. В последнем случае некоторое преимущество во всхожести имеют семена средней категории крупности. Когда различия в массе семян обусловлены особенностями материнских деревьев, то различия во всхожести нет. При разделении семян на фракции из смешанной партии мелкие семена, вероятно, содержат некоторую часть недоразвитых, снижающих их всхожесть.

В нашем опыте, при взвешивании каждого семени, имеется возможность более точно разделить семена на фракции с градацией 1 мг в образце № 2 с большей всхожестью. Как видно (таблица 3), всхожесть семян заметно изменяется (на 12-15%) с увеличением массы семян. Длительность периода прорастания семян фракции 4 мг (7,36 дня) несколько меньше (в 1,01 раз), чем у семян массой 3 мг (7,43 дня), а у семян фракции 5-6 мг она оказывается наибольшей (7,51 дня), т. е. прорастание семян идет более равномерно. Большинство семян (76-80% от числа проросших) во всех фракциях проросли с 6 по 8 день. Уменьшение всхожести семян с уменьшением их массы возможно связано именно с этим признаком, поскольку масса определяет их энергосодержание [17].

При изучении семян древесных пород часто одновременно изучают и количество семядолей у всходов после «дорастивания» их в чашках Петри. Для северных территорий этот вопрос достаточно интересен, поскольку таких данных очень мало. В районе р. Полуй среднее число семядолей составляет 6,32-6,53 (4-9) шт. [7]. Неожиданно большее их число (7,33-7,56 шт.) оказалось у всходов из семян в Тазовском районе (таблица 4). Причем ни одного проростка не было с 4 и 5-ю семядолями, только с 6-9. Соответственно и коэффициент вариации признака здесь заметно меньше (10-11%). Вероятно, такие «аномалии» случаются в пределах ареала ели сибирской. Например, на восточном склоне Северного Урала (Сосьвинское лесничество Березовского лесхоза) масса 1 000 семян и число семядолей оказалось неожиданно высокими: 5,41-5,51 г. и 7,36-7,44 шт. соответственно [10], как в других районах [19].

К числу некоторых особенностей семян ели сибирской в северной части ареала на территории ЯНАО следует отнести: 1) разное число деревьев с пустыми и полными семенами даже на участках, близко расположенных друг от друга; 2) очень позднее начало и окончание прорастания семян в некоторых случаях; 3) близкие средние значения массы 1 000 семян, но при этом разная их всхожесть, а также повышенное значение числа семядолей у всходов из семян урожая 2016 г., например, в Тазовском районе. Все это указывает на необходимость достаточно обширных в течение ряда лет наблюдений за репродукцией ели (а возможно, и не только ели) в регионе.

Таблица 3
 Выходность семян ели сибирской из семян разных фракций по массе на участке 2 (Газовский район ЯНАО)

Table 3
 Siberian spruce Seed germination from the seeds of different fractions by weight in the area 2 (the Taz region, YNAO)

Масса семян, мг	Число семян, шт.		Число проросших семян по дням учета, %										Всхожесть, %	Длительность прорастания, дни
	общее	проросших	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
3	397	203	3	27	27	26	6	7	2	1	1	-	51,13	7,43
4	350	201	3	34	25	19	9	4	2	2	1	1	57,43	7,36
5-6	74	49	2	22	37	17	16	-	4	-	2	-	66,22	7,51

Примечание: Расчет длительности периода прорастания на основе фактического числа проросших семян по дням учета

Notes: the calculation of the germination period duration is based on the actual number of seeds germinated by day account

Таблица 4

Число семядолей у всходов ели сибирской в северных районах ареала на территории ЯНАО

Table 4

The number of cotyledons from Siberian spruce seedlings in the northern areas in YNAO

№ образца	Число всходов, шт.	Распределение всходов по числу семядолей, %						X±Sx	Cv
		4	5	6	7	8	9		
Район нижнего течения р. Полуй									
1	661	1	12	49	30	8	6	6,32±0,033	113
2	607	1	7	42	39	10	1	6,53±0,034	13
Тазовский район									
1	69	-	-	6	43	39	12	7,56±0,093	10
2	751	-	-	12	51	30	7	7,33±0,028	11
3	76	-	-	11	51	33	5	7,33±0,084	10

Примечание: Всходы из семян ели в районе р. Полуй урожая 2013 г. [19], в Тазовском районе урожая 2016 г., X±Sx — среднее значение и его ошибка, Cv — коэффициент вариации (%)

Notes: sprouting seed spruce near the Polui river of the 2013 harvest, in the area of Taz crop of 2016, X ± Sx — mean and its error, Cv — the coefficient of variation (%)

Выводы

В северных районах ареала ели сибирской на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) при высоком и среднем урожае на участках, расположенных даже недалеко друг от друга может образоваться разное количество полных семян, но, по-видимому, всегда с большим преобладанием пустых. При этом полные семена на разных участках имеют примерно одинаковую массу, но разную всхожесть (от 13-15 до 60%). Семена с достаточно высокой всхожестью прорастают дружнее, длительность периода их прорастания меньше, чем у семян с низкой всхожестью. В партии семян с высокой всхожестью наблюдается повышение ее (на 12-15%) с увеличением массы семян от 3 до 4 и 5-6 мг. В северо-восточном (Тазовском) районе ареала оказалось повышенное число семядолей (6-9 шт.) у всходов, по сравнению с районом нижнего течения р. Полуй, в западной части ЯНАО (от 4-5 до 9 шт.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев В. Н. Продвижение древесной растительности в тундру в связи с защитными свойствами лесопосадок на Севере / В. Н. Андреев // Ботанический журнал. 1954. Т. 39. № 1. С. 28-47.

2. Атлас лесов СССР. М.: ГУГК, 1973. 222 с.
3. Иваск М. М. Изменчивость энергосодержания семян ели европейской / М. М. Иваск // Лесоведение. 1988. № 2. С. 83-85.
4. Ильина И. С. Растительный покров Западносибирской равнины / И. С. Ильина, Н. Н. Лапшина, Н. Н. Лавренко, Л. И. Мельцер, Е. А. Романова, Б. А. Богоявленский, В. Д. Махно. Новосибирск: Наука, 1985. 250 с.
5. Кареев Г. И. Краткая эколого-биологическая характеристика древесных пород лесотундры востока Европейской части СССР / Г. И. Кареев // Растительность Крайнего Севера и ее освоение. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 61-69.
6. Керженцев И. Л. Леса Тюменской области / И. Л. Керженцев. М.-Л.: Гослесбумиздат, 1954. 52 с.
7. Кобранов Н. П. Из области лесного семеноведения / Н. П. Кобранов // Лесной журнал. 1910. № 7. С. 895-919.
8. Козубов Г. М. Биология плодоношения хвойных на Севере / Г. М. Козубов. Л.: Наука, 1974. 134 с.
9. Крылов Г. В. Леса Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1961. 255 с.
10. Муканова А. А. Изменчивость ели сибирской в контрастных лесорастительных условиях / А. А. Муканова, П. П. Попов // Лесное хозяйство. 2009. № 1. С. 46-47.
11. Некрасова Т. П. Репродукция ели на Кольском Севере / Т. П. Некрасова // Ботанический журнал. 1948. Т. 33. № 2. С. 239-248.
12. Новиков Г. А. Плодоношение ели на Кольском Полуострове / Г. А. Новиков // Известия ВГО. 1940. Т. 72. № 3. С. 403-405.
13. Норин Б. Н. К познанию семенного и вегетативного возобновления древесных пород в лесотундре / Б. Н. Норин // Растительность Крайнего Севера и ее освоение. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1958. С. 154-244.
14. Попов П. П. Ель на востоке Европы и в Западной Сибири: популяционно-географическая изменчивость и ее лесоводственное значение / П. П. Попов. Новосибирск: Наука, 1999. 169 с.
15. Попов П. П. Изменчивость генеративных органов ели сибирской в Тюменской области / П. П. Попов // Лесоведение. 1987. № 3. С. 27-32.
16. Попов П. П. Изучение изменчивости массы семян *Picea* sp. (*Pinaceae*) для оценки их качества / П. П. Попов // Растительные ресурсы. 2009. № 3. С. 31-38.
17. Попов П. П. Качество семян *Picea obovata* (*Pinaceae*) на северной границе ареала (Ямало-Ненецкий автономный округ) / П. П. Попов, С. П. Арефьев, Н. А. Гашева, М. Н. Казанцева // Растительные ресурсы. 2015. Т. 51. № 4. С. 512-519.
18. Попов П. П. Морфометрические показатели генеративных органов *Picea obovata* (*Pinaceae*) на севере Западной Сибири / П. П. Попов, С. П. Арефьев, Н. А. Гашева, М. Н. Казанцева // Растительные ресурсы. 2015. Т. 51. № 1. С. 3-12.
19. Попов П. П. Популяционно-географическая изменчивость числа семядолей у всходов ели европейской и сибирской / П. П. Попов // Лесоведение. 2013. № 1. С. 9-15.
20. Попов П. П. Посевные качества семян ели сибирской / П. П. Попов // Лесное хозяйство. 1980. № 2. С. 64-65.
21. Соболев А. Н. О свойствах лесных семян / А. Н. Соболев // Лесной журнал. 1908. Т. 38. № 2. С. 220-229.
22. Тольский А. П. Лесное семеноведение / А. П. Тольский. Л.: Лесное хозяйство, лесопромышленность и топливо, 1927. 260 с.

Stanislav P. AREFIEV¹
Maria N. KAZANTSEVA²
Peter P. POPOV³

**SOME FEATURES IN THE VARIABILITY
OF SIBERIAN SPRUCE SEEDS
IN THE NORTHERN REGIONS OF HABITAT
(YAMALO-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT)**

¹ Dr. Sci. (Biol.), Head of Sector
of Bio-Diversity and Dynamics of Natural Complexes,
Institute of the Problems of Northern Development SB RAS;
Leading Researcher, Department of Cryosophy,
Tyumen State University
sp_arefyev@mail.ru

² Cand. Sci. (Biol.), Leading Researcher,
Sector of Bio-Diversity and Dynamics of Natural Complexes,
Institute of the Problems of Northern Development SB RAS;
Associate Professor, Department of Ecology and Genetics,
Institute of Biology, Tyumen State University
mnkazantseva@yandex.ru

³ Dr. Sci. (Biol.), Chief Researcher,
Sector of Bio-Diversity and Dynamics of Natural Complexes,
Institute of the Problems of Northern Development SB RAS
ipospopov@mail.ru

Abstract

In the Northern part of Siberian spruce areal on the territory of Yamalo-Nenets Autonomous Okrug (YNAO) at high and average yield of spruce cones a different number of full seeds may form even in the areas located close to each other, but is always dominated by empty seeds. Full seeds on different spots have approximately the same mass of 1,000 pieces (3.3-3.9 g), but different germination (from 13-15% to 60%). Seeds with high germination germinate

Citation: Arefiev S. P., Kazantseva M. N., Popov P. P. 2016. “Some Features in the Variability of Siberian Spruce Seeds in the Northern Regions of Habitat (Yamalo-Nenets Autonomous District)”. Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology, vol. 2, no 4, pp. 96-107.

DOI: 10.21684/2411-7927-2016-2-4-96-107

faster, the duration of the period germination is less than the seeds with low germination. There has been an increase in seed germination (by 12-15%) with an increase in their weight from 3 to 4 and 5-6 g in batch of seeds with high germination. In the North-East (Taz) of the habitat observed increased number of cotyledons (6-9 pcs.) in seedlings, compared to the lower reaches of the river Polui, in the Western part of YNAO (from 4-5 up to 9 pcs.).

Keywords

Siberian spruce, northern regions of habitat, Yamalo-Nenets Autonomous District, seeds, germination.

DOI: 10.21684/2411-7927-2016-2-4-96-107

REFERENCES

1. Andreev V. N. 1954. "Prodvizhenie drevesnoy rastitelnosti v tundru v svyazi s zashchitnymi svoystvami lesoposadok na Severe" [Promotion of Woody Vegetation in the Tundra, in Connection with the Protective Properties of Planted Forests in the North]. *Botanicheskiy zhurnal*, vol. 39, no 1, pp. 28-47.
2. Ilina I. S., Lapshina N. N., Lavrenko N. N., Meltser L. I., Romanova E. A., Bogoyavlenskiy B. A., Makhno V. D. 1985. *Rastitelnyy pokrov Zapadnosibirskoy ravniny* [The Vegetation Cover of the West Siberian Plain]. Novosibirsk: Nauka.
3. Ivask M. M. 1988. "Izmenchivost energrsoderzhaniya semyan eli evropeyskoy" [Variability of Spruce Seeds Energy Content]. *Lesovedenie*, no 2, pp. 83-85.
4. Kareev G. I. 1956. "Kratkaya ekologo-biologicheskaya kharakteristika drevesnykh porod lesotundry vostoka Evropeyskoy chasti SSSR" [Brief Ecological and Biological Characteristics of Tree Species of Forest-Tundra East of the European Part of the USSR]. In: *Rastitelnost Kraynego Severa i ee osvoenie*, pp. 61-69. Moscow, Leningrad: AN SSSR.
5. Kerzhentsev I. L. 1954. *Lesa Tyumenskoj oblasti* [Tyumen Region Forests]. Moscow, Leningrad: Goslesbumizdat.
6. Kobranov N. P. 1910. "Iz oblasti lesnogo semenovedeniya" [From the Field of the Forest Seeds Culture]. *Lesnoy zhurnal*, no 7, pp. 895-919.
7. Kozubov G. M. 1974. *Biologiya plodonosheniya khvoynykh na Severe* [Biology Fruiting Conifers in the North]. Leningrad: Nauka.
8. Krylov G. V. 1961. *Lesa Zapadnoy Sibiri* [The Forests of the Western Siberia]. Novosibirsk: Nauka.
9. Main Administration of Geodesy and Cartography. 1973. *Atlas lesov SSSR* [USSR Forests Atlas]. Moscow.
10. Mukanova A. A., Popov P. P. 2009. "Izmenchivost eli sibirskoy v kontrastnykh lesorastitelnykh usloviyakh" [Variability of the Siberian Spruce in Contrasting Site Conditions]. *Lesnoe khozyaystvo*, no 1, pp. 46-47.
11. Nekrasova T. P. 1948. "Reproduktsiya eli na Kolskom Severe" [Ate Reproduction in the Kola North]. *Botanicheskiy zhurnal*, vol. 33, no 2, pp. 239-248.
12. Norin B. N. 1958. "K poznaniyu semennogo i vegetativnogo vozobnovleniya drevesnykh porod v lesotundre" [To the Comprehension of seed and Vegetative Regeneration of Tree

- Species in the Forest]. In: Rastitelnost Kraynego Severa i ee osvoenie, pp. 154-244. Moscow, Leningrad: AN SSSR.
13. Novikov G. A. 1940. "Plodonoshenie eli na Kolskom Poluostrove" [Ate Fruiting on the Kola Peninsula]. Izvestiya VGO, vol. 72, no 3, pp. 403-405.
 14. Popov P. P. 1980. "Posevnye kachestva semyan eli sibirskoy" [Sowing Qualities of Seeds of Siberian Spruce]. Lesnoe khozyaystvo, no 2, pp. 64-65.
 15. Popov P. P. 1987. "Izmenchivost generativnykh organov eli sibirskoy v Tyumenskoj oblasti" [Variability Generative Organs Siberian Spruce in the Tyumen Region]. Lesovedenie, no 3, pp. 27-32.
 16. Popov P. P. 1999. El na vostokey Evropy i v Zapadnoy Sibiri: populyatsionno-geograficheskaya izmenchivost i ee lesovodstvennoye znachenie [Spruce in Eastern Europe and in Western Siberia: The Population-Geographical Variability and Its Silvicultural Value]. Novosibirsk: Nauka.
 17. Popov P. P. 2009. "Izuchenie izmenchivosti massy semyan *Picea* sp. (*Pinaceae*) dlya otsenki ikh kachestva" [Weight Variability Study of *Picea* spp (*Pinaceae*) Seeds to Assess Their Quality]. Rastitelnye resursy, no 3, pp. 31-38.
 18. Popov P. P. 2013. "Populyatsionno-geograficheskaya izmenchivost chisla semyadoley u vskhodov eli evropeyskoy i sibirskoy" [Population-Geographic Variability of the Cotyledons in Seedlings of Norway and Siberian Spruce]. Lesovedenie, no 1, pp. 9-15.
 19. Popov P. P., Arefiev S. P., Gasheva N. A., Kazantseva M. N. 2015. "Kachestvo semyan *Picea obovata* (*Pinaceae*) na severnoy granitse areala (Yamalo-Nenetskiy avtonomnyy okrug)" [Seed Quality of *Picea obovata* (*Pinaceae*) on the Northern Border of the Range (of the Yamal-Nenets Autonomous District)]. Rastitelnye resursy, vol. 51, no 4, pp. 512-519.
 20. Popov P. P., Arefiev S. P., Gasheva N. A., Kazantseva M. N. 2015. "Morfometricheskie pokazateli generativnykh organov *Picea obovata* (*Pinaceae*) na severe Zapadnoy Sibiri" [Morphometric Parameters of the Generative Organs *Picea obovata* (*Pinaceae*) in the North of Western Siberia]. Rastitelnye resursy, vol. 51, no 1, pp. 3-12.
 21. Sobolev A. N. 1908. "O svoystvakh lesnykh semyan" [On the Properties of Forest Seeds]. Lesnoy zhurnal, vol. 38, no 2, pp. 220-229.
 22. Tolskiy A. P. 1927. Lesnoe semenovedenie [Forest Seed Culture]. Leningrad: Lesnoe khozyaystvo, lesopromyshlennost i toplivo.