

## УСЛОВИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОСЛЕПОЖАРНОГО ЗЕЛЕНОМОШНОГО КЕДРОВНИКА НА СТАДИИ МОЛОДНЯКА

Н.В. Танцырев

ФГБУН «Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук», Россия, 620144, г. Екатеринбург,  
ул. 8 Марта, д. 202а

89502076608@mail.ru

Приведен сравнительный количественный анализ естественного возобновления сосны (кедра) сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour.) и условий формирования кедровников на двух пробных площадях на горях в зеленомошном типе леса в северной предгорно-низкогорной части Среднего Урала. Установлено, что на обеих пробных площадях количество подроста кедра колеблется в пределах 0,3...2,9 тыс. экз./га и в отличие от анемохорных древесных растений не зависит от расстояния до 375 м от периферийного древостоя-обсеменителя (стены леса). При этом оно положительно коррелирует с изменением степени проективного покрытия мохового покрова и отрицательно — с проективным покрытием высокостебельной травянистой растительности и захлапленностью послепожарным древесным валежом. На пробной площади № 1 (ПП1) обильный подрост березы (12,2...17,5 тыс. экз./га) порослевого происхождения высотой 3 м относительно равномерно размещен по всей территории гари. Под его пологом на расстоянии до 200 м от стены леса количество подроста ели (4,2 тыс. экз./га) в 4 раза больше, чем кедра (1,0 тыс. экз./га). На расстоянии от 200 до 375 м от стены леса его количество (0,7 тыс. экз./га) в 1,5–2 раза меньше, чем кедра (1,2 тыс. экз./га). На пробной площади № 2 (ПП2) подрост березы (2,1 тыс. экз./га) семенного происхождения распространен не далее 100 м от стены леса. Здесь под ним количество подроста ели (1,5 тыс. экз./га) в 3 раза больше, чем кедра (0,5 тыс. экз./га). На расстоянии свыше 100 м от стены леса его количество (0,6 тыс. экз./га), наоборот, в 3 раза меньше, чем кедра (1,7 тыс. экз./га). Роль мелколиственного полога здесь выполняют кусты рябины и ивы козьей (1,8 тыс. экз./га) высотой 3–4 м. Тем самым, с увеличением расстояния от периферии к центральной части гари количественное соотношение подроста изменяется в пользу кедра. Предполагается развитие ельников с участием кедра под пологом формирующихся березняков на расстоянии до 200 м на ПП1 и до 100 м на ПП2 от периферийных древостоев-обсеменителей. На ПП1 развитие кедровника будет проходить классически под пологом березняка через длительно-производную мягколиственную формацию на расстоянии свыше 200 м от периферии. На ПП2 на расстоянии свыше 100 м от периферии кедровник формируется без участия мелколиственных уже на стадии молодняка через краткосрочную кустарниковую стадию.

**Ключевые слова:** *Pinus sibirica*, гарь, кедровник зеленомошник, восстановительная динамика, проективное покрытие

**Ссылка для цитирования:** Танцырев Н.В. Условия и перспективы формирования послепожарного зеленомошного кедровника на стадии молодняка // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2024. Т. 28. № 3. С. 48–56. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-3-48-56

В основе решения задач устойчивого воспроизводства лесов лежит комплексное исследование сложных закономерностей и структурно-функциональных связей ценопопуляций древесных растений на этапе их возобновления с внешними экологическими факторами и всеми компонентами лесных экосистем, которые определяют всю последующую структуру и динамику дендроценоза. В связи с этим проблема динамики растительных сообществ в настоящее время остается актуальной в сфере лесной экологии и лесоведения [1–5].

Согласно исследованиям, проведенным в зеленомошной группе типов леса Зауралья и Западной Сибири, восстановительно-возрастная динамика развития послепожарных кедровников — древостоев с преобладанием сосны (кедра) сибирской

(*Pinus sibirica* Du Tour.) протекает в несколько фаз и периодов через производную мягколиственную формацию [6–9]. Предполагается, что так сформировалось большинство обширных суходольных зеленомошных кедровников Западной Сибири и предгорно-низкогорного Зауралья [8, 10–12]. Формирование производных мягколиственных древостоев на месте гибели коренных темнохвойных лесов рассматривается как своего рода объективный распространенный механизм или этап их восстановления и сохранения, имеющий положительное значение с точки зрения улучшения лесорастительных условий [13].

Первая или начальная фаза формирования зеленомошных кедровников на горях характеризуется краткосрочным периодом возобновления кедра сибирского одновременно с другими лесобразующими видами, но при эдификаторной роли мягколиственных древесных растений [6–12, 14].

### Характеристика пробных площадей Characterisation of trial plots

Пробные площади		ПП1	ПП2	
Условия возобновления	Примыкающая стена леса	Состав древостоя	3К3Е2С2Б+Л	4Е3П2К1С1Б
		Возраст древостоя, лет	140	80
	Степень проективного покрытия напочвенного субстрата и растительных покровов, %	Моховой покров	58 ± 2,0	39 ± 3,6
		Высокостебельная травянистая растительность	45 ± 3,0	47 ± 2,6
		Верхний ярус мелколиственного древесного полога	54 ± 4,0	17 ± 3,4
		Неразложившийся древесный валеж	31 ± 3,0	16 ± 3,1
Видовой состав и численность подраста, тыс. экз./га	Кедр ( <i>Pinus sibirica</i> )	Количество «гнезд»	0,9	1,1
		Общее количество особей в «гнездах»	1,1	1,4
	Сосна ( <i>Pinus silvestris</i> )		1,5	единично
	Лиственница ( <i>Larix Sukaczewii</i> )		0,4	–
	Ель ( <i>Picea obovata</i> )		2,4	0,8
	Береза ( <i>Betula pendula</i> )		15,2	0,7
	Ива козья ( <i>Salix caprea</i> )		0,3	1,3
	Рябина ( <i>Sorbus sibirica</i> )		0,2	0,5

По мере развития мягколиственные древостои с подростом кедра рассматриваются как потенциальные кедровники [12, 15]. Неоднократно отмечалась крайне редкая встречаемость естественных зеленомошных молодняков с преобладанием в составе кедра как эдификатора. Тем не менее формирование послепожарных кедровников на стадии молодняка и их развитие без производной мягколиственной стадии протекает при определенных условиях в других типах леса Урала [14].

Общеизвестно, что возобновление кедра сибирского обусловлено тесной трофической связью с тонкоклювой кедровкой (*Nucifraga caryocatactes macrorhynchos* Vrehm С. L.). Создавая в почве запасы семян, птицы распространяют семена на значительные расстояния [12, 16–19] способствуя тем самым расселению кедра [8, 10–12, 20, 21]. Установлено, что запасы каждой кедровки строго индивидуальны. Находит она их благодаря феноменальной зрительной памяти и раскапывает только свои кладовки [16, 22, 23], используя их на пропитание и выкармливание птенцов в течение всего зимне-весеннего периода. Неиспользованные кладовки семян прорастают, образуя характерные плотные группы (так называемые «гнезда») всходов. По мере взросления в большинстве случаев в «гнезде» остается только одно дерево.

### Цель работы

Цель работы — сравнительная характеристика вариантов естественного лесовозобновления на двух пробных площадях, заложенных на горяях,

в однотипных лесорастительных условиях и рассмотрение возможности формирования послепожарных зеленомошных кедровников на стадии молодняков с доминированием в составе древостоев кедра сибирского.

### Материалы и методы

Работы выполнялись в подзоне средней тайги в предгорно-низкогорной (на высоте до 300 м н. у. м.) провинции Уральской горно-лесной области [24] в северной части восточного макросклона Среднего Урала (Свердловская область, Новолялинское лесничество). Постоянное изучение естественного возобновления кедра и формирования кедровников в разных экологических условиях проводится нами с 1997 г. В районе исследований кедр сибирский встречается как в виде куртин и отдельных деревьев, так и образует обширные лесные массивы, преобладая в составе древостоев. Подрост кедра в той или иной мере распространен повсеместно под пологом всех древостоев во всех типах леса. Крупные лесные пожары, в результате которых могут возникать обширные гари, повторяются здесь нерегулярно, без особой цикличности, в зависимости от погодных условий.

Для сравнения особенностей процесса лесовосстановления на горяях заложены две пробные площади (ПП) в однотипных лесорастительных условиях ягодниково-зеленомошного типа леса (таблица). Пробные площади несколько отличаются составом примыкающих к горяям древостоев (стен леса) — ближайших источников семян.

Исследуемые гари шириной около 1 км образовались в разные годы, в результате пожаров, произошедших в начале лета и вызвавших полную гибель древесной растительности.

Пробная площадь № 1 (ПП1) заложена на гари 13-летней давности и граничит с послепожарным 140-летним кедровником хвощево-долгомошно-сфагновым средней высотой 21 м (сумма площадей сечений 30,5 м<sup>2</sup>/га). Пробная площадь № 2 (ПП2) заложена на гари 14-летней давности и граничит с 80-летним ельником травяно-зеленомошным средней высотой 18 м (сумма площадей сечений 34,2 м<sup>2</sup>/га), сформировавшемся на вырубке.

Пробные площади и система учетных площадок закладывались по несколько адаптированной для кедра методике, ранее разработанной и предложенной С.Н. Санниковым [25] для сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.). На сериях учетных площадок размером 5×5 м (по 70–80 площадок) проведен количественный учет подроста древесных растений, параметров другой растительности и почвенной среды по степени проективного покрытия их поверхности (в процентном отношении). Учетные площадки размещались через каждые 20 м несколькими параллельными рядами с расстоянием между ними 50 м поперек гарей в направлении от ближайшего примыкающего древостоя (стены леса) (см. таблицу) к их центральной части на расстояние до 375 м. Численность подроста кедра определялась по двум параметрам: по количеству характерных плотных групп («гнезд») подроста, проросших из не использованных кедровкой кладовок, и по количеству особей в них.

## Результаты и обсуждение

В предгорных и горных лесах Урала гари являются основным типом открытых естественных экотопов для естественного лесовозобновления. В первые годы после пожара поверхность гари представлена в основном мертвым обгоревшим субстратом. В течение длительного времени после пожара происходит постепенный вывал погибшего древостоя. Местами образуются завалы (захламленность) из обгоревших древесных остатков и стволов (валежа). Основное количество подроста кедра на гарях в ягодниково-зеленомошном типе леса появляется на 3–5-й год после пожара на пирогенном моховом покрове, после чего следует резкий спад и приостановка возобновления к 10–12-му году, обусловленная разрастанием травянистой и мелколиственной древесной растительности [14, 26].

На ПП1, судя по упавшим и сухостойным стволам деревьев, в составе погибшего древостоя преобладала сосна (*Pinus silvestris* L.) в равной

степени с березой (*Betula pendula* Roth) и некоторым участием лиственницы (*Larix Sukaczewii* N. Dyl.) и ели (*Picea obovata* Ledeb.) и, возможно, с подростом ели под его пологом.

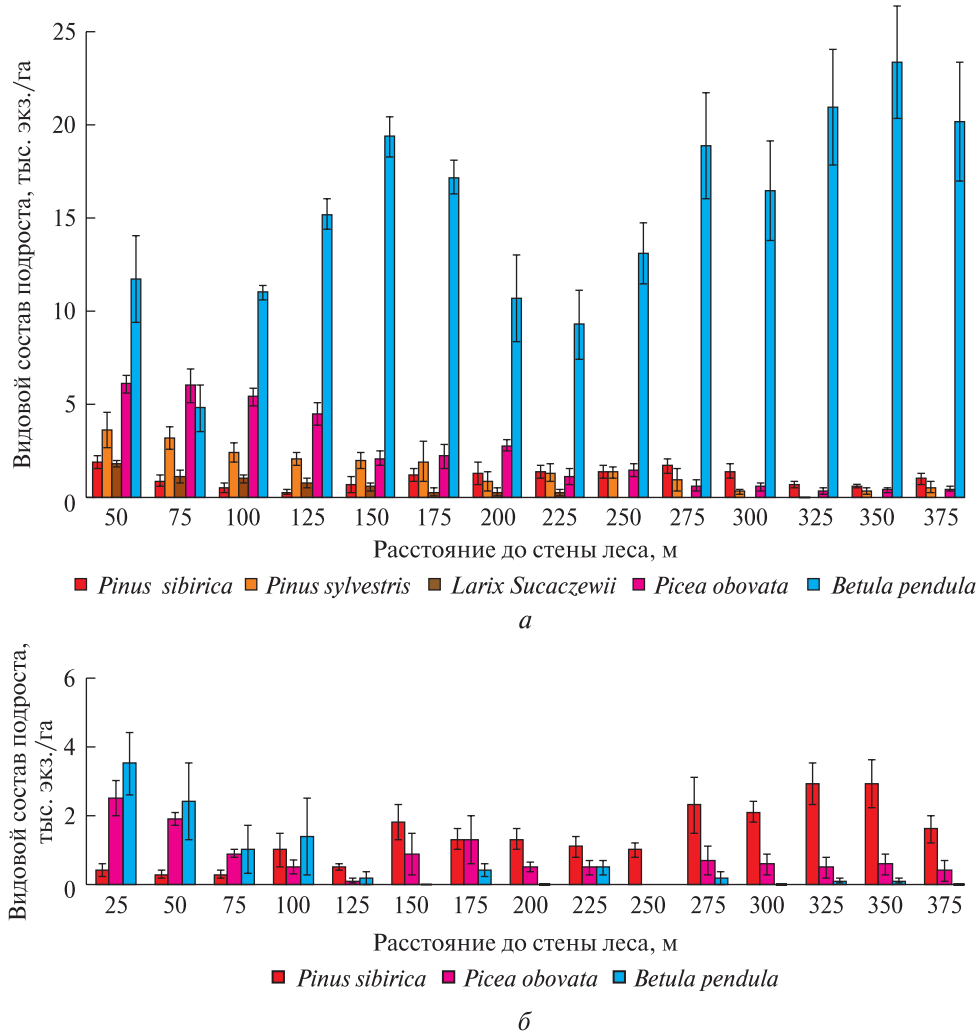
На ПП2 на расстоянии примерно до 200 м от примыкающего сохранившегося древостоя (стены леса) пожаром был уничтожен древостой примерно 3–4-го класса возраста, состоявший из ели, сосны и пихты (*Abies sibirica* Ledeb.) с некоторым участием кедра и березы. На расстоянии свыше 200 м от стены леса пожаром был охвачен темнохвойный молодняк 1–2-го класса возраста, сформировавшийся на вырубке, или так называемая рубка-гарь. Основное отличие вырубко-гарей от гарей заключается в значительно меньшем количестве негоревших древесных остатков. Они представлены преимущественно полуразложившимися пнями и относительно небольшим количеством стволов, не вырубленных тонкомерных деревьев и оставленных внутрилесосечных обсеменителей.

На обеих пробных площадях (рис. 1), по мере увеличения расстояния от периферийного древостоя-обсеменителя, наблюдается ярко выраженное снижение количества подроста сосны, лиственницы, ели и березы (ПП2), характерное для анемохорных древесных видов [25, 27, 28]. На ПП1 (см. рис. 1, а) в отличие от ПП2 (см. рис. 1, б) в размещении подроста березы такая зависимость его численности от расстояния от стены леса к центральной части гари не выражена, вероятно, в связи с порослевым происхождением подроста. Наоборот, на расстоянии более 250 м от древостоя-обсеменителя количество ее подроста возрастает.

Также на обеих пробных площадях не наблюдается снижения количества подроста кедра с увеличением расстояния от источника семян до 375 м. Более того, его количество на ПП1 (см. рис. 1, а, рис. 2, а) на расстоянии 200...300 м от стены леса почти в 2 раза больше, чем на расстоянии 100...150 м от нее, а на ПП2 (см. рис. 1, б, см. рис. 2, б) на расстоянии 300...350 м от соответствующего древостоя-обсеменителя почти в 4 раза больше, чем на расстоянии до 100 м. Средняя численность его подроста по территориям гарей варьирует в пределах 0,3...2,9 тыс. экз./га в 0,3...2,1 тыс. «гнезд»/га.

Рассматривая характер размещения древесных растений по территории пробных площадей по совокупности их количественных характеристик, формирующиеся здесь дендроценозы территориально можно условно разделить как минимум на две части.

На ПП1 (см. рис. 1, а) формируется типичный послепожарный производный березняк средней высотой 3 м с темнохвойным ярусом высотой



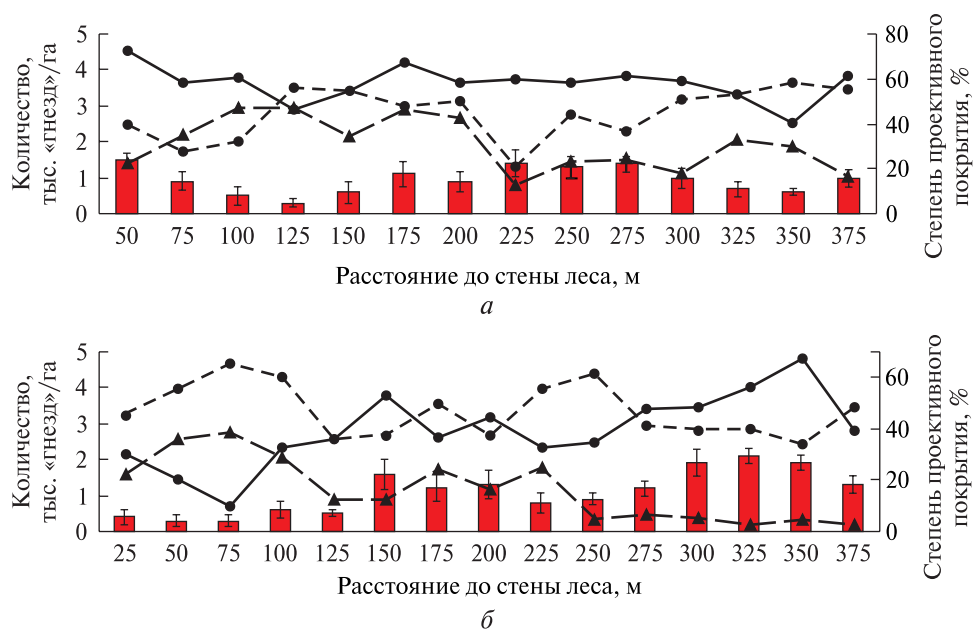
**Рис. 1.** Зависимость изменения видового состава и количества подроста (ВСП, тыс. экз./га) с ошибками средних величин ( $\pm m$ ) от расстояния от стены леса (источника семян), м по профилю площади гарей на пробной площади № 1 (а) и на пробной площади № 2 (б)

**Fig. 1.** Dependence of changes in species composition and number of undergrowth (VSP, thousand ind./ha) with errors of mean values ( $\pm m$ ) on the distance from the forest border (seed source), m along the profile of the area of burned forest areas in trial plot No. 1 (a) and in trial plot No. 2 (b)

около 1 м под его пологом. На расстоянии примерно до 200 м от стены леса при преобладании березы (12,2 тыс. экз./га) в составе древостоя наблюдается значительное участие сосны (2,3 тыс. экз./га) и лиственницы (0,8 тыс. экз./га) высотой 2 м. Под их пологом местами встречаются плотные куртины ели (4,2 тыс. экз./га) с участием кедра (1,0 тыс./га). Причем на расстоянии до 125 м от стены леса плотность подроста ели максимальна (5,5 тыс. экз./га). На расстоянии более 200 м от источника семян в составе верхнего яруса, по сравнению с абсолютным преобладанием березы (17,5 тыс. экз./га), количество сосны (0,7 тыс. экз./га) незначительно, а деревья лиственницы единичны. Во втором ярусе количество подроста ели (0,7 тыс. экз./га) в 1,5–2 раза меньше, чем кедра (1,2 тыс. экз./га), относительная средняя численность которого почти не изменяется.

На ПП2 (см. рис. 1, б) формирование относительно редкого древостоя березы (2,1 тыс. экз./га) происходит на расстоянии не далее 100 м от стены леса. Во втором ярусе, так же как и на ПП1, вблизи стены леса количество подроста ели (1,5 тыс. экз./га) в 3 раза больше, чем кедра (0,5 тыс. экз./га). На расстоянии далее 75...100 м от периферийного источника семян, наоборот, количество ели (0,6 тыс. экз./га) почти в 3 раза меньше, чем кедра (1,7 тыс. экз./га). Вместе с незначительным количеством березы (0,1 тыс. экз./га) роль мелколиственного полога здесь в какой-то мере выполняют кусты (1,8 тыс. экз./га) ивы козьей (*Salix caprea* L.) и рябины (*Sorbus sibirica* Hedl.) высотой 3–4 м, которые относительно равномерно размещены по всей территории гари (см. таблицу). Также встречаются единичные деревья сосны — не более 5...10 экз./га. На ПП1 количество кустов





**Рис. 2.** Зависимость размещения количества «гнезд» подроста *Pinus sibirica* (1), тыс. «гнезд»/га с ошибками средних величин ( $\pm m$ ) от степени проективного покрытия (%) мхов (2), высокостебельных трав (3) и древесного валежа (4) по профилю площади гарей на ПП1 (а) и на ПП2 (б)

**Fig. 2.** Dependence of the number of *Pinus sibirica* undergrowth «clumps» (1), thousand clumps/ha with errors of mean values ( $\pm m$ ) on the degree of projective cover (%) of mosses (2), high-stemmed grasses (3) and woody debris (4) on the profile of the burned forest area at TP1 (a) and TP2 (b)

ивы козьей и рябины в составе верхнего яруса в целом не превышает 0,5 тыс. экз./га.

Такая неоднородность возобновления древесных растений на гарях в одноклассных лесорастительных условиях могла быть обусловлена разной интенсивностью пожара [25, 29] в сочетании с другими экологическими факторами. При слабой интенсивности пожара значительное участие в составе погибшего древостоя березы могло привести к ее обильному порослевому возобновлению на гари [30], чем, вероятно, и вызвано такое ее размещение на ПП1. Также, возможно, на территории гари могли сохраняться ее единичные деревья-обсеменители. Местами, где встречаются довольно плотные куртины подроста ели и сосны, а количество березы меньше чем в 2–4 раза по сравнению с другими участками, интенсивность пожара была, возможно, более высокой. Напочвенный покров с лесной постилкой здесь мог выгореть до минерального горизонта. На ПП2 береза главным образом семенного происхождения. В составе погибшего древостоя ее деревьев могло не быть, или пожар высокой интенсивности мог вызвать полную гибель их корневых систем [25, 29, 30], что исключает порослевое возобновление. Значительно меньшее количество подроста ели, чем на ПП1, даже вблизи примыкающего древостоя, возможно, вызвано менее обильными урожаями семян близлежащих древостоев в первые послепожарные годы.

В отличие от семян анемохорных видов, случайно попадающих на пригодный для прорастания субстрат, кедровки целенаправленно создают запасы семян в конкретном типе напочвенного субстрата с определенными условиями окружающей микросреды [11, 12, 31]. Это является коренным экологическим отличием кедра сибирского и близкородственных видов пятихвойных сосен подсемейства *Cembrae* с бескрылыми семенами от других лесообразующих видов.

При сопряженном изучении плотности «гнезд» подроста кедра и условий среды (см. рис. 2) можно заключить, что варьирование их количества по профилю гарей не связано с расстоянием от источника семян, но отчетливо положительно коррелирует с изменением проективного покрытия мхов (*Polytrichum sp.*) и отрицательно с изменением проективного покрытия высокостебельных трав (*Chamaenerion angustifolium*, *Calamagrostis arundinaceae*) и степени захламленности послепожарным древесным валежом. На ПП2 захламленность территории гари послепожарным древесным валежом на расстоянии до 200 м от стены леса составляет  $24 \pm 3,0$  %, а вырубке-гари (далее 200 м) —  $4 \pm 0,6$  % (см. рис. 2, б). Вероятно, это привело к более обильному здесь возобновлению кедра.

Отчетливая положительная связь обилия подроста кедра со степенью проективного покрытия

мхов и отрицательная — с увеличением сомкнутости полога высокостебельной травянистой и мелколиственной древесной растительности и захламленности не разложившимся древесным валежом является общей для гарей и вырубок [26]. Густая травянистая и кустарниковая растительность и высокая степень захламленности древесными остатками служит механическим препятствием доступу птиц к поверхности почвы [32]. Кедровки избегают таких участков при создании запасов семян в доступном моховом покрове [31]. В связи с чем колебания средней численности «гнезд» подростка связаны со структурой условий напочвенного субстрата и фитоценоза — участков, более или менее предпочитаемых кедровкой. Моховой покров (39...58 %), к которому приурочен подрост кедр, представлен пирогенными политриховыми мхами (*Polytrichum commune*, *P. strictum*). Местами под сомкнутыми куртинами подростка и кустами ивы и рябины встречаются восстанавливающиеся коренные зеленые мхи (*Pleurozium Schreberi*) общим проективным покрытием 10...15 %, на которых подрост кедр не встречается.

В перспективе можно предположить, что по мере продвижения от периферийной к центральной части бывших гарей формирующиеся коренные темнохвойные древостои через длительно-производную мягколиственную стадию [8, 10, 12, 24] по количественному соотношению подростка будут изменяться от ельника с участием кедр до кедровника с участием ели. Тем самым развитие потенциального кедровника [12, 15] и формирование через мелколиственную формацию коренного кедровника в соответствии с концепцией восстановительно-возрастной динамики [6–8] на ПП1 можно прогнозировать на расстоянии свыше 200 м от периферии. На более близком расстоянии на ПП1 и на ПП2 на расстоянии до 100 м от ее границы через производную мягколиственную формацию сформируется ельник [13]. Для улучшения условий формирования кедровника на этой площади в дальнейшем необходимо неоднократное проведение интенсивных рубок ухода [33]. На большей части ПП2 (далее 100 м от периферии) коренной послепожарный кедровник формируется уже в стадии молодняка без участия мелколиственных через относительно краткосрочную кустарниковую стадию. По мере развития древостоя ива козья и рябина останутся в подлеске.

Снижение количества анемохорной ели в составе подростка вызвано значительной удаленностью от источников обсеменения. В то же время кедровка способна разносить семена кедр на расстояния более 10 км [14, 16, 17]. Таким образом, на обширных гарях с увеличением расстояния от периферии к их центральной части, с уменьшением

лесовозобновительной роли ветра происходит относительное увеличение такой роли кедровки. Наиболее ярко она проявляется в зоне горной тундры выше существующей границы леса, где наблюдается значительное накопление подростка кедр, а ель единична [20, 21]. Это явление можно рассматривать, как еще одно определенное коренное экологическое отличие возобновления кедр от анемохорных лесообразующих древесных видов. Теоретически сравнительное снижение количества деревьев ели и увеличение кедр в составе темнохвойных древостоев, сформировавшихся на месте гарей, должно наблюдаться по мере удаления от их периферии. В конечном итоге, гипотетически можно предположить, что относительно «чистые» послепожарные кедровники (при участии более 80 % в составе древостоев) Западной Сибири и равнинно-предгорного Зауралья формировались условно в «центральной» части обширных гарей вдали от периферийных обсеменителей, куда семена анемохорных древесных растений не долетали.

## Выводы

Процессы возобновления и формирования послепожарных коренных зеленомошных ельников и кедровников в однотипных лесорастительных условиях мало чем отличаются. Количественное соотношение подростка кедр сибирского и других древесных видов на гарях обусловлено прежде всего расположением источников семян и изменением расстояния от них и, в какой-то мере, их семенной продуктивностью в тот или иной год. С увеличением расстояния от источника семян к центральной части гари соотношение количества подростка изменяется в пользу кедр, тем самым сравнительная лесовозобновительная роль кедровки возрастает на фоне снижении этой роли ветра. При сочетании значительной удаленности источников семян древесных растений и отсутствия порослевого возобновления мягколиственных на гарях возможно формирование коренных послепожарных кедровников на стадии молодняка.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН «Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук».*

## Список литературы

- [1] Усольцев В.А. Биоразнообразие и биопродуктивность лесов в контексте климатогенной биогеографии // Эко-потенциал, 2019. № 1 (25). С. 48–115
- [2] Du E., Tang Y. Distinct climate effects on Dahurian larch growth at an Asian temperate-boreal forest ecotone and nearby boreal sites // Forests, 2022, v. 13, no. 1, p. 27. <https://doi.org/10.3390/f13010027>

- [3] Ivanova N., Fomin V., Kusbach A. Experience of Forest Ecological Classification in Assessment of Vegetation Dynamics // Sustainability, 2022, v. 14, no. 6, p. 3384. <https://doi.org/10.3390/su14063384>
- [4] Zuo Y., Li Y., He K., Wen Y. Temporal and spatial variation characteristics of vegetation coverage and quantitative analysis of its potential driving forces in the Qilian Mountains, China, 2000–2020 // Ecol. Indic., 2022, v. 143, p. 109429. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109429>
- [5] Yonghong S., Fandi L., Gaofeng Z., Zhang K., Qi Z. The biophysical climate mitigation potential of riparian forest ecosystems in arid Northwest China // Science of the Total Environment, 2023, no. 862. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160856>
- [6] Смолоногов Е.П., Кирсанов В.А., Трусов П.Ф. Особенности возрастной динамики темнохвойно-кедровых лесов Северного Урала // Использование и воспроизводство кедровых лесов. Новосибирск: Наука, 1971. С. 72–81.
- [7] Кирсанов В.А. Формирование и развитие кедровника зеленомошно-ягодникового на Северном Урале // Восстановительная и возрастная динамика лесов на Урале и в Зауралье. Труды института экологии растений и животных. Свердловск: Изд-во УНЦ АН СССР, 1976. Вып. 101. С. 104–112.
- [8] Смолоногов Е.П. Эколого-географическая дифференциация и динамика кедровых лесов Урала и Западно-Сибирской равнины (эколого-лесоводственные основы оптимизации хозяйства). Свердловск: РИСО УрО АН СССР, 1990. 288 с.
- [9] Николаева С.А., Бех И.А., Савчук Д.А. Оценка этапов восстановительно-возрастной динамики темнохвойно-кедровых лесов по дендрохронологическим данным (на примере Кеть-Чулымского Междуречья) // Вестник Томского государственного университета. Биология, 2008. № 3(4). С. 180–185.
- [10] Седых В.Н. Формирование кедровых лесов Приобья. Новосибирск: Наука, 1979. 108 с.
- [11] Крылов Г.В., Таланцев Н.К., Козакова Н.Ф. Кедр. М.: Лесная пром-сть, 1983. 216 с.
- [12] Бех И.А., Воробьев В.Н. Потенциальные кедровники. Проблемы кедра. Томск: Институт экологии природных комплексов — Филиал института леса им. В.Н. Сукачева, СО РАН. Вып. 6. 1998. 123 с.
- [13] Ковалев А.П., Шешуков М.А., Позднякова В.В. Метод восстановления кедровых лесов на Дальнем Востоке // ИзВУЗ Лесной журнал, 2018. № 3 (363). С. 77–83.
- [14] Танцырев Н.В. Начальная фаза формирования послепожарных горных кедровников на Северном Урале // Хвойные бореальной зоны, 2022. Т. XL. № 5. С. 395–403. DOI: 10.53374/1993-0135-2022-6-395-403
- [15] Колесников Б.П., Смолоногов Е.П. Некоторые закономерности возрастной и восстановительной динамики кедровых лесов Зауральского Приобья // Проблемы кедра. Труды по лесному хозяйству Сибири. Новосибирск: СО АН СССР, 1960. Вып. 6. С. 21–31.
- [16] Воробьев В.Н. Кедровка и ее взаимосвязи с кедром сибирским. (Опыт количественного анализа). Новосибирск: Наука, 1982. 113 с.
- [17] Lanner R.M. Made for each other. A symbiosis of birds and pines. New York, Oxford: Oxford University Press, 1996, 160 p.
- [18] McLane A.J., Semeniuk C., McDermid G.J., Tomback D.F., Lorenz T., Marceau D. Energetic behavioral-strategy prioritization of Clark's nutcrackers in whitebark pine communities: An agent-based modeling approach // Ecological Modeling, 2017, 354, pp. 123–139
- [19] Schaming T.D., Sutherland C.S. Landscape- and local-scale habitat influences on occurrence and detection probability of Clark's nutcrackers: Implications for conservation // PLoS ONE, 2020, v. 15(5), p. e0233726.
- [20] Санников С.Н., Танцырев Н.В., Петрова И.В. Инвазия популяций сосны сибирской в горную тундру Северного Урала // Сибирский экологический журнал, 2018. № 4. С. 449–461. <https://doi.org/10.15372/SEJ20180406>
- [21] Ivanova N., Tantsyrev N., Li G. Regeneration of *Pinus sibirica* Du Tour in the Mountain Tundra of the Northern Urals against the Background of Climate Warming // Atmosphere, 2022, v. 13, pp. 1196. <https://doi.org/10.3390/atmos13081196>
- [22] Bednekof P.A., Balda R.P. Clark's nutcracker spatial memory: The importance of large, structural cues. // Behavioural Processes, 2014, v. 102, pp. 12–17.
- [23] Омелько А.М., Омелько М.М. Особенности создания кедровкой (*Nucifraga caryocatactes* L.) запасов кедровых орешков и питание ими в зимний период во вторичных широколиственных лесах с посадками сосны корейской (*Pinus koraiensis* Sieb. Et Zucc.) // Амурский зоологический журнал, 2017. Т. IX. № 2. С. 102–111.
- [24] Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. 176 с.
- [25] Санников С.Н. Экология и география естественного возобновления сосны обыкновенной. М.: Наука, 1992. 257 с.
- [26] Танцырев Н.В. Лесоводственно-экологический анализ естественного возобновления кедра сибирского на сплошных гарях и вырубках в горных лесах Северного Урала: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2012. 23 с.
- [27] Шиманюк А.П. Естественное возобновление на концентрированных вырубках. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 355 с.
- [28] Декатов Н.Е. Мероприятия по возобновлению леса при механизированных лесозаготовках. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1961. 278 с.
- [29] Санников С.Н., Санникова Н.С., Петрова И.В. Очерки по теории лесной популяционной биологии. Екатеринбург: ИО Ботанический сад УрО РАН, 2012. 272 с.
- [30] Фурьев В.В., Киреев Д.М. Изучение послепожарной динамики лесов на ландшафтной основе. Новосибирск: Наука, 1979. 160 с.
- [31] Танцырев Н.В. Анализ размещения кедровкой кладок семян кедра сибирского по следам их зимнего использования // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова, 2020. № 3(60). С. 117–125. DOI: 10.34655/bgsha.2020.60.3.018
- [32] Владышевский Д.В. Экология лесных птиц и зверей. (Кормодобывание и его биоценологическое значение). Новосибирск: Наука, 1980. 261 с.
- [33] Правила ухода за лесами. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации № 534 от 30.07.2020. URL: <https://base.garant.ru/75083479/> (дата обращения 12.04.2023).

## Сведения об авторе

**Танцырев Николай Владимирович** — канд. биол. ст. наук, науч. сотр. ФГБУН «Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук», [89502076608@mail.ru](mailto:89502076608@mail.ru)

Поступила в редакцию 14.06.2023.

Одобрено после рецензирования 30.01.2024.

Принята к публикации 05.04.2024.

# CONDITIONS AND PROSPECTS FOR POST-FIRE GREEN-MOSS SIBERIAN STONE PINE FOREST FORMATION AT YOUNG STAGE

N.V. Tantsyrev

Botanical Garden of the Ural Branch of the RAS, 202a, 8 Marta st., 620144, Yekaterinburg, Russia

89502076608@mail.ru

A comparative quantitative analysis of the natural regeneration of Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour.) and the conditions for the formation of forests with its predominance on two test plots in burned areas of the green-moss forest type in the northern foothill-low mountain part of the Middle Urals is presented. It was found that in both test plots the amount of Siberian stone pine undergrowth ranges from 0,3 to 2,9 thousand ind./ha and, unlike anemochorous woody plants, does not depend on the distance up to 375 m from the peripheral tree stand (forest wall). Moreover, it positively correlated with changes in moss cover and negatively correlated with tall herbaceous cover and post-fire woody debris. On the test plot No. 1 (TP1), the abundant birch undergrowth (12,2...17,5 thousand ind./ha) of vegetative origin, 3 m high, is relatively evenly distributed throughout the burned area. Under its canopy, at a distance of up to 200 m from the forest wall, the number of spruce undergrowth (4,2 thousand ind./ha) is 4 times higher than that of Siberian stone pine (1,0 thousand ind./ha). At a distance of 200 m to 375 m from the forest wall, its quantity (0,7 thousand ind./ha) is 1,5–2 times lower than that of Siberian stone pine (1,2 thousand ind./ha). In test plot No. 2 (TP2), birch undergrowth (2,1 thousand ind./ha) of seed origin is distributed not further than 100 m from the forest wall. In this area, the number of spruce undergrowth (1,5 thousand ind./ha) is 3 times higher than that of Siberian stone pine (0,5 thousand ind./ha). On the other hand, at a distance of more than 100 m from the forest wall, its number (0,6 thousand ind./ha) is 3 times less than that of Siberian stone pine (1,7 thousand ind./ha). Rowan and willow bushes (1,8 thousand ind./ha) with a height of 3–4 m play the role of small-leaved canopy. Thus, with increasing distance from the periphery to the central part of the burned area, the quantitative ratio of undergrowth changes in favor of Siberian stone pine. It is planned to develop spruce forests with Siberian stone pine under the canopy of emerging birch forests at a distance of up to 200 m in TP1 and up to 100 m in TP2 from the peripheral seeding stands. In TP1, the development of the Siberian stone pine forest will take place classically under the canopy of a birch forest through a long-derived soft-leaved formation at a distance of over 200 m from the periphery. In TP2, at a distance of more than 100 m from the periphery, the pine forest is formed by a short-term shrub stage without the participation of small-leaved trees already in the young growth stage.

**Keywords:** *Pinus sibirica*, burned forest areas, green moss Siberian stone pine forest, recovery dynamics, projective covering

**Suggested citation:** Tantsyrev N.V. *Usloviya i perspektivy formirovaniya poslepozharного zelenomoshnogo kedrovnika na stadii molodnyaka* [Conditions and prospects for post-fire green-moss Siberian stone pine forest formation at young stage]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2024, vol. 28, no. 3, pp. 48–56. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-3-48-56

## References

- [1] Usoltsev V.A. *Bioraznoobraziye i bioproduktivnost' lesov v kontekste klimatogennoj biogeografii* [Biodiversity and forest bioproductivity in the context of climatogenic biogeography]. *Eko-potencial*, 2019, no. 1 (25), pp. 48–115.
- [2] Du E., Tang Y. Distinct climate effects on Dahurian larch growth at an Asian temperate-boreal forest ecotone and nearby boreal sites. *Forests*, 2022, v. 13, no. 1, p. 27. <https://doi.org/10.3390/f13010027>
- [3] Ivanova N., Fomin V., Kusbach A. Experience of Forest Ecological Classification in Assessment of Vegetation Dynamics. *Sustainability*, 2022, v. 14, no. 6, p. 3384. <https://doi.org/10.3390/su14063384>
- [4] Zuo Y., Li Y., He K., Wen Y. Temporal and spatial variation characteristics of vegetation coverage and quantitative analysis of its potential driving forces in the Qilian Mountains, China, 2000–2020. *Ecol. Indic.*, 2022, v. 143, p. 109429. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109429>
- [5] Yonghong S., Fandi L., Gaofeng Z., Zhang K., Qi Z. The biophysical climate mitigation potential of riparian forest ecosystems in arid Northwest China. *Science of the Total Environment*, 2023, no. 862. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160856>
- [6] Smolonogov E.P., Kirsanov V.A., Trusov P.F. *Osobennosti vozrastnoy dinamiki temnokhvoyno-kedrovnykh lesov Severnogo Urala* [Features of age dynamics of dark coniferous Siberian stone pine forests of the Northern Urals]. *Ispol'zovanie i vosproizvodstvo kedrovnykh lesov* [Use and reproduction of Siberian stone pine forests]. Novosibirsk, Nauka, 1971, pp. 72–81.
- [7] Kirsanov V.A. *Formirovaniye i razvitiye kedrovnika zelenomoshno-yagodnikovogo na Severnom Urale* [Formation and development of the green moss-berry Siberian stone pine forest in the Northern Urals]. *Vosstanovitel'naya i vozrastnaya dinamika lesov na Urale i v Zaural'e*. Trudy instituta ekologii rasteniy i zhivotnykh [Recovery and age dynamics of forests in the Urals and Trans-Urals. Proceedings of the Institute of Plant and Animal Ecology]. Sverdlovsk: UNTs AN SSSR, 1976, issue 101, pp. 104–112.
- [8] Smolonogov E.P. *Ekologo-geograficheskaya differentsiatsiya i dinamika kedrovnykh lesov Urala i Zapadno-Sibirskoy ravniny (ekologo-lesovodstvennyye osnovy optimizatsii khozyaistva)* [Ecological and geographical differentiation and dynamics of Siberian stone pine forests of the Urals and West Siberian Plain (ecological and silvicultural bases of optimization of the economy)]. Sverdlovsk: RISO UrO AN SSSR, 1990, 288 p.
- [9] Nikolaeva S.A., Bekh I.A., Savchuk D.A. *Otsenka etapov vosstanovitel'no-vozrastnoy dinamiki temnokhvoyno-keedrovnykh lesov po dendrokronologicheskim dannym (na primere Ket'-Chulymskogo Mezhdurech'ya)* [Ontogeny of Siberian stone pine in the Ket-Chulym Divide]. *Tomsk State University Bulletin. Biology*, 2008, no. 3(4), pp. 180–185.



- [10] Sedykh V.N. *Formirovanie kedrovyykh lesov Priob'ya* [The formation of Siberian pine forests of Ob region]. Novosibirsk: Nauka, 1979, 110 p.
- [11] Krylov G.V., Talantsev N.K., Kozakova N.F. *Kedr* [Siberian stone pine]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1983, 216 p.
- [12] Bekh I.A., Vorob'yev V.N. *Potentsial'nye kedrovniki. Problemy kedra* [Potential Siberian stone pine forests. Siberian stone pine problems]. Tomsk: SO RAN, Institut ekologii prirodnykh kompleksov — Filial instituta lesa im. V.N. Sukachyova [Institute of Ecology of Natural Complexes — Branch of the Institute of Forest named after V.N. Sukachev], 1998, rel. 6, 123 p.
- [13] Kovalev A.P., Sheshukov M.A., Pozdnyakova V.V. *Metod vosstanovleniya kedrovyykh lesov na Dal'nem Vostoke* [Method of restoration of cedar forests in the Far East]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2018, no. 3 (363), pp. 77–83.
- [14] Tantsyrev N.V. *Nachalnaya faza formirovaniya poslepozharnykh gornyykh kedrovnikov na Severnom Urale* [The initial phase of the formation of post-fire Siberian stone pine mountain forests in the Northern Urals]. *Khvoynye borealnoy zony* [Conifers of the boreal area], 2022, v. XL, no. 5, pp. 395–403.
- [15] Kolesnikov B.P., Smolonogov E.P. *Nekotorye zakonomernosti vozzrastnoy i vosstanovitel'noy dinamiki kedrovyykh lesov Zaural'skogo Priob'ya*. [Some patterns of age and recovery dynamics of Siberian stone pine forests of the Trans-Ural Ob region]. *Problemy kedra. Trudy po lesnomy khozyaystvu Sibiri* [Siberian stone pine problems. Proceedings on forestry of Siberia]. Novosibirsk: SO AN SSSR, 1960, issue 6, pp. 21–31.
- [16] Vorob'ov V.N. *Kedrovka i eyo vzaimosvyazi s kedrom sibirskim. (Opyt kolichestvennogo analiza)* [Nutcracker and its relationship with Siberian stone pine (Experience in quantitative analysis)]. Novosibirsk: Nauka, 1982, 113 p.
- [17] Lanner R.M. *Made for each other. A symbiosis of birds and pines*. New York, Oxford: Oxford University Press, 1996, 160 p.
- [18] McLane A.J., Semeniuk C., McDermid G.J., Tomback D.F., Lorenz T., Marceau D. Energetic behavioral-strategy prioritization of Clark's nutcrackers in whitebark pine communities: An agent-based modeling approach. *Ecological Modeling*, 2017, 354, pp. 123–139
- [19] Schaming T.D., Sutherland C.S. Landscape- and local-scale habitat influences on occurrence and detection probability of Clark's nutcrackers: Implications for conservation. *PLoS ONE*, 2020, v. 15(5), p. e0233726.
- [20] Sannikov S.N., Tantsyrev N.V., Petrova I.V. *Invaziya populyatsiy sosny sibirskoy v gornuyu tundru Severnogo Urala* [Invasion of Siberian pine populations into the mountain tundra of the Northern Urals]. *Siberian Ecological J.*, 2018, no. 4, pp. 449–461. <https://doi.org/10.1134/S1995425518040078>
- [21] Ivanova N., Tantsyrev N., Li G. Regeneration of *Pinus sibirica* Du Tour in the Mountain Tundra of the Northern Urals against the Background of Climate Warming. *Atmosphere*, 2022, v. 13, pp. 1196. <https://doi.org/10.3390/atmos13081196>
- [22] Bednekof P.A., Balda R.P. Clark's nutcracker spatial memory: The importance of large, structural cues. *Behavioural Processes*, 2014, v. 102, pp. 12–17.
- [23] Omel'ko A.M., Omel'ko M.M. *Osobennosti sozdaniya kedrovkoy (Nucifraga caryocatactes L.) zapasov kedrovyykh oreshkov I pitanie imi v zimnij period vo vtorschnykh shirokolistvennykh lesakh s posadkami sosny koreyskoy (Pinus koraiensis Sieb. Et Zucc.)* [Creating caches of nuts by nutcracker (*Nucifraga caryocatactes* L.) and using them in winter time in secondary broadleaved forests with plantations of Korean pine (*Pinus koraiensis* Sieb. Et Zucc.)]. *Amurian Zoological J.*, 2017, no. 9(2), pp. 102–111.
- [24] Kolesnikov B.P., Zubareva R.S., Smolonogov E.P. *Lesorastitel'nyye usloviya i tipy lesov Sverdlovskoy oblasti* [Forest Site Conditions and Forest Types in Sverdlovsk Region]. Sverdlovsk: AN SSSR UNTs, 1973, 176 p.
- [25] Sannikov S.N. *Ekologiya i geografiya estestvennogo vozobnovleniya sosny obyknovnoy* [Ecology and geography of natural renewal of Scotch pine]. Moscow: Nauka, 1992, 257 p.
- [26] Tantsyrev N.V. *Lesovodstvenno-ekologicheskii analiz estestvennogo vozobnovleniya kedra sibirskogo na sploshnykh garyakh i vyrubkakh v gornyykh lesakh Severnogo Urala* [Forestry and ecological analysis of natural regeneration of Siberian stone pine on fire scars and clearings in mountain forests of the Northern Urals]. *Dis. Cand. Sci. (Biol.)*. Ekaterinburg, 2012, 215 p.
- [27] Shimanuk A.P. *Estestvennoe vozobnovlenie na kontsentrirovannykh vyrubkakh* [Natural regeneration in concentrated cutting areas]. Moscow: AN SSSR, 1955, 355 p.
- [28] Dekatov N.E. *Meropriyatiya po vozobnovleniyu lesa pri mkhanizirovannykh lesozagotovkakh* [Measures for reforestation during mechanized logging]. Moscow-Leningrad: Goslesbumizdat, 1961, 278 p.
- [29] Sannikov S.N., Sannikova N.S., Petrova I.V. *Ocherki po teorii lesnoy populyatsionnoy biologii* [Outlines of theory of forest populational biology] Ekaterinburg: Botanical Garden UrB RAS, 2012, 272 p.
- [30] Furyaev V.V., Kireev D.M. *Izucheniye poslepozharnoy dinamiki lesov na landshaftnoy osnove* [Study of post-fire dynamics of forests on a landscape basis]. Novosibirsk: Nauka, SO AN SSSR, 1979, 160 p.
- [31] Tantsyrev N.V. *Analiz razmeshcheniya kedrovkoy kladovok semyan kedra sibirskogo po sledam ikh zimnego ispol'zovaniya* [Analysis of placement of Siberian stone pine seeds storage by nutcracker in traces of their winter use]. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii im. V.R. Filippova* [Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov], 2020, no. 3(60), pp. 117–125. DOI: 10.34655/bgsha.2020.60.3.018
- [32] Vladyshevsky D.V. *Ekologiya lesnykh ptits i zverey. (Kormodobyvanie i ego biotsenoticheskoe znachenie)* [Ecology of forest animals and birds. (Forage extraction and its biogeocenotic significance)]. Novosibirsk: Nauka, 1980, 261 p.
- [33] *Pravila ukhoda za lesami* [Rules of forest care]. Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation № 534 or 30.07.2020. Effective from January 1, 2021. Available at: <https://base.garant.ru/75083479/> (accessed 12.04.2023).

*The work was carried out within the framework of the state assignment of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.*

## Author's information

**Tantsyrev Nikolay Vladimirovich** — Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Institute Botanic Garden Ural Branch of Russian Academy of Sciences, 89502076608@mail.ru

Received 14.06.2023.

Approved after review 30.01.2024.

Accepted for publication 05.04.2024.