

ОСОБЕННОСТИ ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЯ В НАРУШЕННЫХ КОРНЕВОЙ ГУБКОВОЙ СОСНЯКАХ ЮЖНОЙ ЧАСТИ МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

**А.И. Татаринцев, А.Е. Войткевич, Н.Н. Кулакова,
Н.П. Хижняк**

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева,
Красноярск, Россия

* Эл. почта: lespat@mail.ru

Статья поступила в редакцию 01.12.2025; принята к печати 02.02.2026

Корневая губка (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) один из наиболее значимых дендропатогенных видов в хвойных лесах бореальной зоны, в монодоминантных сосняках Минусинской котловины (юг Красноярского края) выступает основным биотическим фактором очагового усыхания древостоев. Важный аспект данной проблемы – восстановительные сукцессии в очагах корневой гнили, в связи с чем цель настоящей работы – оценить естественное лесовозобновление в нарушенных корневой губкой сосняках. Объект исследований – сосняки естественного происхождения на юге Минусинской котловины (Перовское лесничество Национального парка «Шушенский бор»). На трех репрезентативных ключевых участках заложены круговые пробные площадки (ПП), в том числе в очагах корневой гнили и в непораженных (контрольных) насаждениях; в пределах каждой ПП на 16-ти учетных площадках размером 2 × 2 м по общепринятой методике выполнен сплошной учет молодого поколения лесообразующих видов растений. В развивающихся очагах распада древостоев значительную долю составляют всходы сосны, абсолютное количество которых выше в сравнении с непораженными сосняками; в многолетних очагах их количество лимитирует задержание почвы и отсутствие достаточного количества источников обсеменения. При наличии относительно большого количества всходов и самосева до состояния крупного подростка в очагах доживает существенно меньшее количество молодых растений сосны, что обусловлено патогенным воздействием корневой гнили, дополнительно – поражением хвои микромицетом *Gremmenia infestans* (P. Karst.) Srous и фитогенной конкуренцией. В нетронутых корневой гнилью насаждениях установлено достаточное количество крупномерного жизнеспособного подростка для успешного лесовозобновления главной породы, отпад части соснового подростка здесь происходит в результате угнетения со стороны древостоя с последующим поражением полупаразитными микромицетами. В восстановлении древостоев в патогенно-нарушенных сосняках активно участвуют мелколиственные виды; в составе подростка отмечено до 40% березы, на отдельных участках до 10% осины. Это приведет к формированию на площадях распада сосняков Шушенского бора устойчивых к корневой губке смешанных сосново-березовых, березово-осиновых насаждений, что является экологически целесообразным процессом. Для восстановления нарушенных лесопокрытых площадей главной породой перспективен селекционно-семеноводческий метод с использованием обнаруженных в очагах корневой гнили устойчивых генеративных деревьев и крупномерного жизнеспособного подростка сосны.

Ключевые слова: корневая губка, Минусинская котловина, сосняки, очаги усыхания, лесовозобновление, подрост.

FEATURES OF REFORESTATION IN PINE FORESTS INFECTED BY HETEROBASIDION ANNOSUM IN THE SOUTH OF THE MINUSINSK BASIN

A.I. Tatarintsev, A.E. Voitkevich, N.N. Kulakova, N.P. Khizhniak
Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

* E-mail: lespat@mail.ru

Heterobasidion annosum (Fr.) Bref. is an important significant pathogen affecting coniferous forests in the boreal zone. In the monodominant pine forests of the Minusinsk Basin (southern Krasnoyarsk Region), it plays a key role in the deterioration and mortality of forest stands. A critical aspect of this issue pertains to the succession patterns observed in disease foci. The objective of the present study is to evaluate the process of natural reforestation in pine forests damaged by *H. annosum* root rot. The study was conducted in natural pine forests in the southern Minusinsk Basin (Perovskoye forest management unit of the Shushensky Bor National Park). Circular sample plots were established at three representative forest sites encompassing areas affected by root rot or found to be healthy, the latter serving as a reference. In each sample plot, all trees of the young generation of forest-forming species were measured using a standard methodology on sixteen 2 × 2 m plots. In disease foci, pine seedlings comprise a substantial proportion, their absolute counts being higher in comparison to healthy pine forests. In forest stands that have been impacted by

root rot for a long time, pine young growth proliferation is constrained by crowding and the paucity of sufficient seed sources. In the presence of a relatively large number of seedlings and saplings, a significantly smaller number of young pine trees survive in disease foci. This may be attributed to the pathogenic effect of the fungus, as well as to damage caused to needles by the micromycete *Gremmenia infestans* (P. Karst.) Crous and to competition. In the stands not affected by root rot, a sufficient number of large viable saplings is present for successful reforestation of the main species. The loss of a part of the young pine trees in healthy stands results from pressure by the canopy of the main stand followed by damage by semi-parasitic micromycetes. Deciduous trees play an active role in the restoration of pathogen-damaged pine forests; up to 40% of the young trees are birch and, in some areas, up to 10% are aspen. This will result in the establishment of mixed pine-birch and birch-aspen stands that exhibit resistance to *Heterobasidion annosum* in disturbed pine forests of the Shushensky Bor, which is an environmentally sound process. The restoration of damaged forest sites with pine is promising when resistant generative trees and large-sized viable young pine trees found in disease foci may be used. This approach implies selection and seed production procedures.

Keywords: root rot, Minusinsk Basin, pine forest, forest dieback, reforestation, young growth.

Введение

Современное санитарное состояние лесов во многих районах бореальной зоны является неудовлетворительным, что часто проявляется в очаговом усыхании древостоев на значительных площадях. В качестве причин деградации лесных насаждений выступают неблагоприятные погодноклиматические и эдафические изменения, антропогенные воздействия, деятельность дендрофильных организмов [2, 11, 20, 26, 27]. Отмечается комплексное влияние этих факторов на древостой с сопряженным и синергическим эффектом. При этом негативные абиотические и антропогенные факторы становятся триггером снижения устойчивости насаждений и повышения агрессивности насекомых-дендрофагов и дендропатогенных организмов [1, 7, 17, 22, 23]. В числе последних значимую роль выполняют дереворазрушающие грибы-корневые патогены, которые, являясь полупаразитами (факультативными паразитами, факультативными сапротрофами), чутко реагируют на состояние популяций растений-хозяев [14, 15, 17, 22, 23].

Среди корневых патогенов наиболее известна корневая губка (комплекс *Heterobasidion annosum* s.l.), поражающая многие виды древесных растений в хвойных лесах Евразии [25, 34, 35, 39]. Патогенное воздействие гриба приводит к усыханию деревьев, резкому ухудшению санитарного состояния насаждений. Повышенная агрессивность корневой губки отмечается в монодоминантных древостоях сосны обыкновенной, особенно в искусственных сосняках на старопахотных землях, что проявляется в выраженном куртинном усыхании деревьев и даже распаде насаждений [5, 12, 16, 19, 36]. Очаги корневой губки с разной степенью пораженности древостоев в последние десятилетия выявлены в ленточных и островных сосновых борах Минусинской котловины (юг Красноярского края) [13, 14, 23]. В качестве возбудителя на основе классических методов и ДНК-анализа идентифицирован вид *H. annosum* (Fr.) Bref. [30]. Поражением здесь охвачены естественные насаждения и лесные культуры, произрастающие как на старопахотных, так и лесных землях, что подтверждает отмечаемое в последние годы

расширение экологического ареала корневой губки [7, 31, 38]. К настоящему времени помимо установления масштабов нарушенности сосняков Минусинской котловины в результате деятельности корневой губки, изучены закономерности формирования в них очагов корневой гнили в зависимости от лесорастительных условий, рекреационного воздействия.

В числе важных аспектов рассматриваемой проблемы – восстановительные сукцессии в очагах корневой губки, в частности изучение процессов естественного лесовозобновления. Несмотря на имеющиеся результаты исследований по этому вопросу [3, 8, 9, 24, 28, 29], он остается недостаточно раскрытым. Специальные исследования по изучению лесовозобновления в сосняках юга Средней Сибири при интенсивном их поражении корневой губкой ранее не выполнялись. Целью данной работы явилась оценка естественного возобновления в нарушенных корневой губкой природных сосновых борах Минусинской котловины.

Материалы и методы исследований

Сосняки Минусинской предгорной котловины из сосновых лесов наиболее удалены к югу, располагаются среди степей и являются интразональными образованиями [14]. Основную их площадь составляют ленточные боры в центральной части котловины. Объект наших исследований – сосняки, которые расположены единым массивом в южной части котловины, примыкая к поселку Шушенское. Они относятся к лесостепному кластеру (Перовское лесничество) Национального парка «Шушенский бор», произрастают на переветренных песчаных почвах и представлены в основном насаждениями разнотравной группы типов леса [32]. Групповое и куртинное усыхание древостоев от корневой губки установлено в разных частях Шушенского бора, суммарная площадь выделов с очагами корневой гнили достигает более 30% от площади сосняков по лесничеству [23].

Исследования выполняли в середине вегетации 2024 года в природных (естественного происхождения) сосняках на трех ключевых участках, которые

Характеристика пробных площадей

Участок	ПП по вариантам	Привязка		Лесоводственно-таксационное описание насаждений*
		координаты	квартал (выдел)	
Андреевская поляна	очаг	0432163; 5906496	12 (39)	Состав, тип леса: 10С+Б, грушанково-разнотравный; средние: возраст – 70 лет, диаметр – 32 см, высота – 25 м; класс бонитета – 1, относительная полнота – 0,9; стволовой запас – 400 м ³ /га; подлесок редкий: рябина, ива козья; почва: дерново-среднеподзолистая, супесчаная свежая
	контроль	0432199; 5906472		
Шаньгина пашня	очаг	0434549; 5906035	19 (3)	Состав, тип леса: 10С, мшисто-разнотравный; средние: возраст – 65 лет, диаметр – 30 см, высота – 24 м; класс бонитета – 1, относительная полнота – 0,9; стволовой запас – 340 м ³ /га; подлесок редкий: яблоня; почва: дерново-среднеподзолистая, супесчаная свежая
	контроль	0434433; 5905974		
Средний бор	очаг	0430778; 5904200	27 (2)	Состав, тип леса: 10С, грушанково-разнотравный; средние: возраст – 75 лет, диаметр – 32 см, высота – 25 м; класс бонитета – 1, относительная полнота – 0,8; стволовой запас – 320 м ³ /га; подлесок средней густоты: боярышник, ива козья, яблоня; почва: дерново-слабоподзолистая, супесчаная свежая
	очаг	0430770; 5904342		
	контроль	0430807; 5904299		

* В составе древостоев: буквами обозначены лесообразующие древесные виды (элементы леса), в том числе: С – сосна обыкновенная, Б – береза повислая; цифрами – доля участия древесной породы в суммарном стволовом запасе (1 соответствует 10%).

подбирали по следующим критериям: типичность для лесного покрова Шушенского бора; наличие расстроенных корневой губкой насаждений (очагов усыхания и распада древостоя) и рядом расположенных схожих по лесоводственным показателям насаждений без признаков поражения (в качестве контроля). При проведении полевых работ использовали комбинацию известных методических подходов. На каждом участке закладывали пробную площадь (ПП) в центральной части очага корневой губки (на третьем участке – в двух очагах) и в контроле. Учитывая оценку естественного возобновления в рамках комплексного обследования сосняков и необходимость актуализации лесоводственно-таксационных показателей насаждений, пробные площади закладывали по методике государственной инвентаризации лесов (ГИЛ) Рослесинфорга. В каждом случае ПП состояла из трех концентрических кругов (диаметр – 3,5 м, 7,5 м, 15,0 м) с целью упорядоченного перечета деревьев разного диаметра. Обозначали центр ПП и выполняли её географическую привязку с использованием GPS-устройства. Разбивку пробных площадей осуществляли по сторонам света с помощью буссоли и мерной ленты с обозначением границ кругов флажками-указателями. Характеристика пробных площа-

дей с описанием коренной растительности приведена в таблице 1.

Для учета естественного лесовозобновления в проекции пробных площадей было заложено по 16 учетных площадок размером 2 × 2 м (4 м²) как показано на схеме (рис. 1). В соответствии с методикой, изложенной в Правилах лесовосстановления¹ и научном руководстве А.В. Побединского [18], на учетных площадках молодые древесные растения сплошным перечетом подразделяли по лесообразующим видам, возрастным группам: всходы (до двух лет), самосев (2–5 лет), подрост (старше пяти лет). Последние, в свою очередь, разделяли по следующим грациям состояния: жизнеспособные, сомнительного состояния, усохшие. Для подростка дополнительно выделяли категории крупности: мелкий – до 0,5 м, средний – 0,6–5 м, крупный – более 1,5 м.

¹ Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 29.12.2021 № 1024 «Об утверждении Правил лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления», URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202202110024>

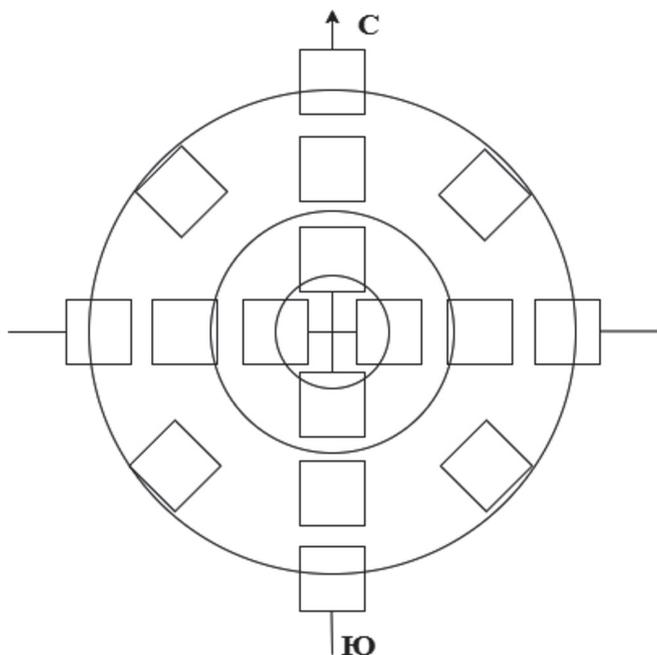


Рис. 1. Схема размещения учетных площадок для учета молодого поколения лесообразующих пород в проекции пробной площади

Количественный перевод подроста в категорию крупного производили путем умножения на пересчетный коэффициент: мелкого подроста на 0,5, среднего – на 0,8. Характер размещения молодого поколения лесообразующих видов (в частности, подроста) на пробных площадях оценивали по значению встречаемости. Встречаемость (в %) определяли, как отношение числа учетных площадок с живыми растениями к общему числу (16 шт.). Размещение подроста на площади: при встречаемости $\geq 65\%$ – равномерное, 40–64% – неравномерное, $< 40\%$ – групповое.

Для каждого участка выполнен пересчет молодых растений на 1 га на основании данных о их количестве на 16 учетных площадках размером 4 м². Формулу состава подроста определяли по доле участия представленных древесных видов в суммарной численности жизнеспособного подроста, переведенного в категорию крупного. Успешность лесовозобновления и варианты лесовосстановления в нарушенных корневой губкой сосняках определяли по численности жизнеспособного подроста (в переводе на крупный) согласно критериям для Алтае-Саянского горно-лесостепного района в Правилах лесовосстановления.

Необходимые расчеты выполнены с применением Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Общая численность живых (жизнеспособных, сомнительного состояния) молодых растений лесо-

образующих видов, их распределение по возрастным группам на обследованных участках (пробных площадях) неравнозначны (табл. 2). Особого внимания заслуживают данные по главной древесной породе в районе исследований – сосне обыкновенной. Абсолютная численность соснового подроста (в пересчете на 1 га) на всех участках ниже в очагах корневой губки в сравнении с контрольными насаждениями. Такая тенденция особенно выражена на втором (Шаньгина пашня) и третьем (Средний бор) участках: количество живого подроста сосны в контроле превышает этот показатель в очагах поражения в 5–8 раз. Это отмечается и по общей численности (с учетом всходов и самосева) молодого поколения сосны на данных участках. В то же время на первом участке (Андреевская поляна) общая численность молодых растений сосны выше в пределах очага корневой губки в сравнении с контролем (на 4,4 тыс.), что связано со значительным количеством всходов в очаге (около 19 тыс. шт./га), на которые приходится 52% в возрастной структуре молодого поколения сосны. На большинстве пробных площадей, заложенных в очагах поражения (окнах распада древостоя), доля всходов и самосева сосны (возраст до 5 лет) превышает 65% (табл. 2). По имеющимся данным [10] выход полноценных семян сосны обыкновенной в очагах корневой губки потенциально достаточен для успешного естественного возобновления, несмотря на явное деструктивное состояние древесного яруса. Очевидно, источниками таких семян для последующего после патогенного распада древостоя лесовозобновления выступают деревья в окружающих насаждениях, а также оставшиеся деревья в очагах поражения.

В результате исследования естественного возобновления в нарушенных корневой губкой сосняках Ульяновской области [3, 28, 29] было установлено увеличение численности молодого поколения сосны в возрасте до двух лет (всходы) по мере усиления распада древостоя в очагах усыхания. Данные, полученные нами в многолетних очагах корневой губки на третьем участке (Средний бор), указывают на меньшую представленность всходов сосны как в сравнении с контрольным насаждением, так и с более молодыми очагами на других участках Шушенского бора (табл. 2). Это обусловлено следующими основными причинами: значительная площадь очагов, действующих более десяти лет; наличие в них лишь единичных деревьев сосны генеративного возраста; внедрение в почвенный покров и разрастание светолюбивых травяно-луговых видов растений с задернением почвы, что препятствует прорастанию семян.

Лесовозобновление сосны в незатронутых поражением насаждениях на всех ключевых участках характеризуется равномерным размещением молодых растений, в частности подроста (табл. 3). При этом

**Численность молодого поколения (живых растений) лесобразующих видов
(числитель – шт./га; знаменатель – %)**

Порода	Возрастные категории растений	Андреевская поляна		Шаньгина пашня		Средний бор		
		очаг	контроль	очаг	контроль	очаг	очаг	контроль
Сосна	всходы	<u>18906</u> 51,7	<u>11563</u> 35,9	<u>25938</u> 52,7	<u>39063</u> 25,8	<u>1406</u> 17,6	<u>3438</u> 48,9	<u>38438</u> 50,2
	самосев	<u>7813</u> 21,4	<u>8906</u> 27,7	<u>15625</u> 31,7	<u>75625</u> 49,9	<u>2813</u> 35,3	<u>1094</u> 15,6	<u>17188</u> 22,4
	подрост	<u>9844</u> 26,9	<u>11719</u> 36,4	<u>7656</u> 15,6	<u>36719</u> 24,3	<u>3750</u> 47,1	<u>2500</u> 35,5	<u>20938</u> 27,4
Всего		36563	32188	49219	151406	7969	7032	76564
Берёза	всходы	<u>469</u> 23,1	0	0	0	0	0	0
	самосев	<u>1250</u> 61,5	<u>156</u> 100	<u>2500</u> 43,2	<u>3125</u> 87,0	<u>1406</u> 50,0	<u>3125</u> 64,5	<u>1563</u> 83,3
	подрост	<u>313</u> 15,4	0	<u>3281</u> 56,8	<u>469</u> 13,0	<u>1406</u> 50,0	<u>1719</u> 35,5	<u>313</u> 16,7
Всего		2032	156	5781	3594	2812	4844	1876
Осина	всходы	0	0	0	0	0	0	0
	самосев	0	0	<u>313</u> 50,0	0	<u>781</u> 100	<u>469</u> 100	0
	подрост	0	0	<u>313</u> 50,0	0	0	0	0
Всего		0	0	626	0	781	469	0

подрост относительно общей совокупности молодых растений отличается более низкой встречаемостью, размещается преимущественно в проекции просветов между кронами взрослых деревьев. В относительно молодых очагах распада древостоев (первые два участка) равномерное размещение молодого поколения сосны обеспечивается высокой встречаемостью значительно представленных всходов и самосева в условиях достаточного количества источников обсеменения. Всходы и самосев сосны в длительно действующих очагах Среднего бора располагаются неравномерно, преимущественно по периферии прогалов. Сосновый подрост (растения старше 5 лет) во всех очагах в большей или меньшей степени размещается фрагментарно – неравномерно или отдельными группами (табл. 3).

В очагах корневой губки в сравнении с нерасстроенными сосняками повышена численность и встречаемость молодого поколения березы, в основном представленного самосевом, отмечается появление самосева и подростка осины (табл. 2, 3). Это связано с известной способностью мелколиственных древес-

ных пород участвовать в качестве пионерных видов в восстановительных сукцессиях на площадях нарушенных лесных биогеоценозов, а также с их устойчивостью к корневой губке, что подтверждает результаты других исследователей [3, 8, 9, 28, 29].

Основной показатель успешности лесовозобновительного процесса – количество жизнеспособного подростка на лесном участке, в первую очередь коренной породы. Виталитетные структуры (соотношения особей разного жизненного состояния) соснового подростка в относительно молодых очагах поражения и в контрольных насаждениях в целом схожие (ключевые участки: Андреевская поляна и Шаньгина пашня) (рис. 2). При общей выраженной тенденции более высокой абсолютной численности живого подростка сосны в непораженных сосняках относительное его количество может быть выше в окнах распада древостоев. На третьем участке (Средний бор), где объектами исследований явились многолетние очаги, это наиболее показательно, в том числе по доле жизнеспособного подростка: 68% и 94% против 38% в контрольном насаждении (рис. 2). Летализация и накопление погибшего

Оценка характера размещения молодых растений лесобразующих видов
(числитель – всходы, самосев, подрост; знаменатель – подрост)

Участок	ПП по вариантам, древесная порода	Встречаемость, %	Размещение растений
Андреевская поляна	очаг	сосна	94 / 63
		береза	38 / 13
	контроль	сосна	100 / 75
		береза	6 / 0
Шаньгина пашня	очаг	сосна	100 / 44
		береза	50 / 38
		осина	19 / 6
	контроль	сосна	100 / 69
		береза	25 / 13
		осина	6 / 0
Средний бор	очаг	сосна	63 / 50
		береза	56 / 44
		осина	13 / 0
	очаг	сосна	81 / 38
		береза	75 / 50
		осина	6 / 0
	контроль	сосна	94 / 94
		береза	19 / 13
		осина	6 / 0

(усохшего) соснового подроста является следствием воздействия различных абиотических и биотических факторов. В ненарушенных корневой губкой сосняках – это сопряженное действие негативных фитогенных факторов (неравная конкуренция с деревьями основного полога за световой поток и эдафические ресурсы; связанная с затенением повышенная влажность, особенно в микропонижениях) и фитопатогенных микроорганизмов, инициирующих некротико-раковые болезни и поражение хвои у угнетенного, ослабленного подростка. В очагах распада древостоев усыхание подростка при попадании корней в слой ризосферы пораженных деревьев – в первую очередь следствие воздействия корневой губки (рис. 3); часть растений может погибать в результате критического поражения хвои микромицетом *Gremmenia infestans* (P. Karst.) Crous, для которого в прогалинах создаются оптимальные условия развития на хвое в толще снега [23].

Соотношение абсолютных численностей жизнеспособного подростка в очагах корневой губки и контрольных насаждениях (табл. 4) соответствует выше обсуждаемой тенденции: уменьшение численности самосева и подростка сосны в окнах распада древостоев и появление молодого поколения лиственных пород. Распределение жизнеспособного подростка по категориям крупности на разных участках неоднозначно (рис. 4, табл. 5). На третьем ключевом участке отмечается схожесть представлений соснового подростка всех категорий крупности в многолетних очагах и контрольном насаждении, при этом преобладает (более 50%) крупный подрост (рис. 4). На участке в районе Шаньгиной пашни преобладает мелкий под-

рост как в очаге, так и в контроле (73% и 70% соответственно), что может свидетельствовать о начальной стадии сукцессии (в очаге) или о неблагоприятных условиях для роста подростка [34]. В очаге крупный подрост здесь отсутствует, в контроле он составляет 11%. На первом ключевом участке (Андреевская поляна) в очаге доминирует крупный подрост (79%) при полном отсутствии мелкого подростка и небольшой доле среднего (21%); в контроле выявлена относительно одинаковая представленность подростка сосны всех категорий крупности. Выявленные различия в распределении подростка по грациям крупности на обследованных участках могут быть связаны с локальными особенностями микроклимата, почвенных условий и конкуренцией между растениями нижнего яруса [37, 40], а также патогенным воздействием корневой губки.

Совокупная численность крупного жизнеспособного подростка (с учетом перевода мелкого и среднего подростка в категорию крупного) отражает общую динамику лесовозобновления в нарушенных корневой губкой сосняках в сравнении с окружающими непопораженными насаждениями (табл. 5). При уменьшении численности крупного подростка сосны в очагах поражения, особенно выраженном на втором и третьем участках, представленность крупного подростка березы, иногда в сочетании с осинкой, в составе достигает 30%–40%, в то время как в контрольных насаждениях он отсутствует или составляет менее 5%.

В соответствии с нормативами по лесовосстановлению для сосняков Минусинской котловины (Алтае-Саянский горно-лесостепной район) лесовозобнови-

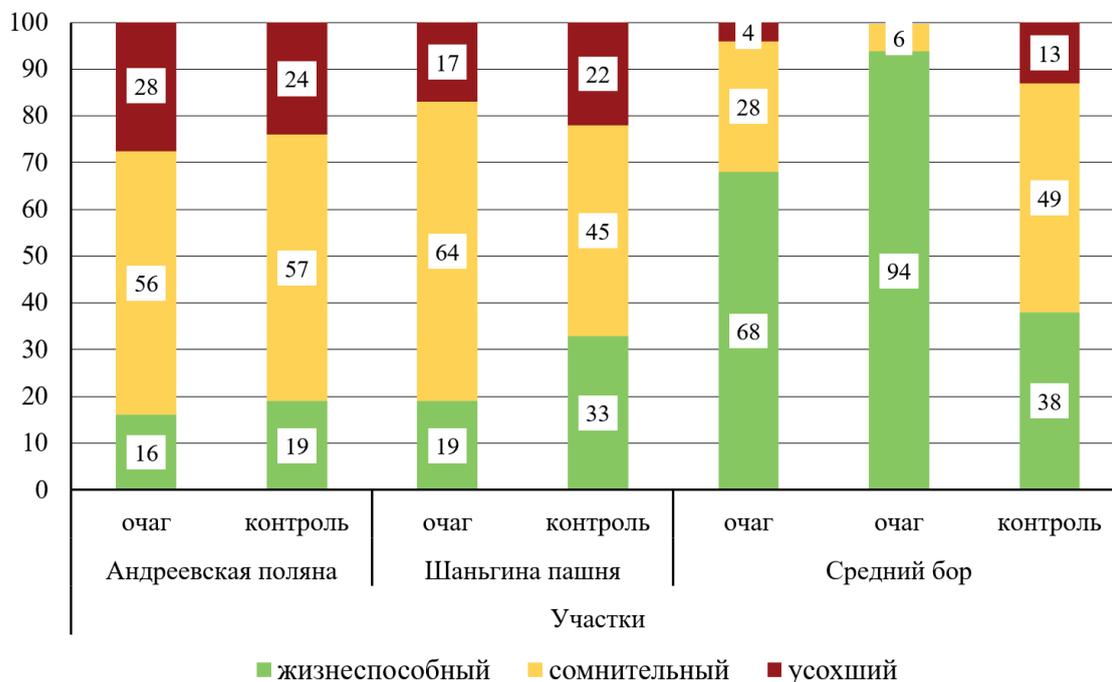


Рис. 2. Распределение подраста сосны по категориям состояния, %

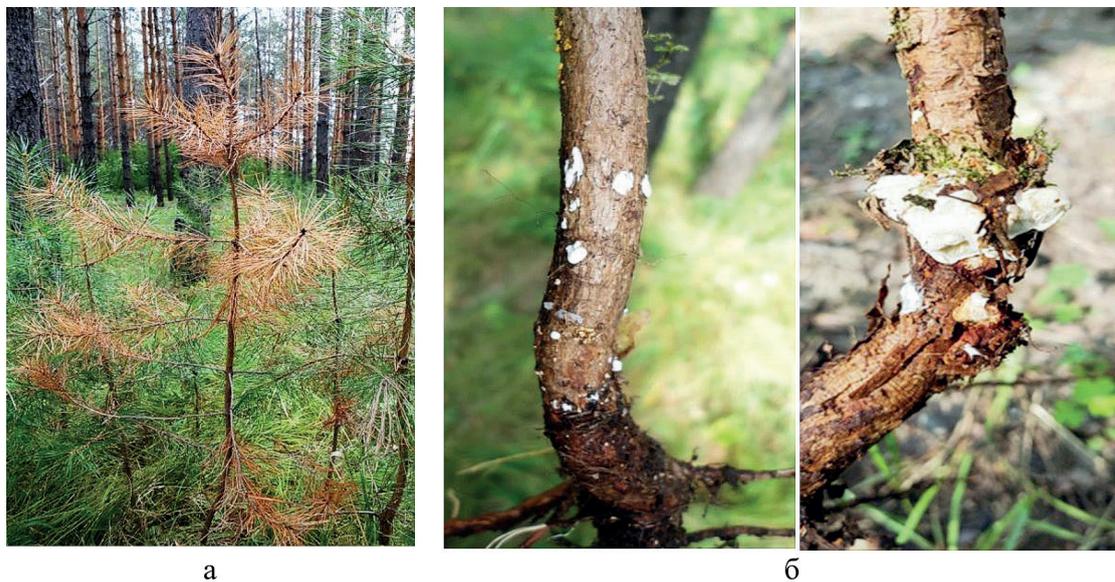


Рис. 3. Поражение подраста корневой губкой: а – пораженный подрост; б – плодовые тела *H. apposum* у корневой шейки

Численность жизнеспособного подраста лесообразующих видов на участках, шт./га

Табл. 4

Порода	Андреевская поляна		Шаньгина пашня		Средний бор		
	очаг	контроль	очаг	контроль	очаг	очаг	контроль
Сосна	2188	2969	1719	15625	2656	2344	9063
Берёза	156	0	313	0	1406	1406	313
Осина	0	0	156	0	0	0	0

Табл. 5

**Распределение жизнеспособного подроста по категориям крупности (шт./га)
с определением формулы состава**

Порода	Категории крупности	Андреевская поляна		Шаньгина пашня		Средний бор		
		очаг	контроль	очаг	контроль	очаг	очаг	контроль
Сосна	мелкий	0	938	1250	10938	469	781	1563
	средний	469	1093	469	2969	625	313	2656
	крупный	1719	938	0	1719	1562	1250	4844
	всего в переводе на крупный	2094	2281	1000	9563	2297	1891	7750
Береза	мелкий	0	0	0	0	0	0	0
	средний	0	0	0	0	0	0	0
	крупный	156	0	313	0	1406	1406	313
	всего в переводе на крупный	156	0	313	0	1406	1406	313
Осина	мелкий	0	0	0	0	0	0	0
	средний	0	0	0	0	0	0	0
	крупный	0	0	156	0	0	0	0
	всего в переводе на крупный	0	0	156	0	0	0	0
Формула состава*		9С1Б	10С	7С2Б1Ос	10С	6С4Б	6С4Б	10С+Б

* В составе подроста: буквами обозначены лесобразующие древесные виды, в том числе: С – сосна, Б – береза, Ос – осина; цифрами – доля участия древесной породы в суммарном количестве (1 соответствует 10%).

Табл. 6

Лесоводственная оценка успешности естественного лесовозобновления сосны

Участок	Вариант	Численность подроста, тыс. шт./га			Способы лесовосстановления (основание по количеству жизнеспособного подроста, тыс. шт./га)**
		жизнеспособный	сомнительный	успешный*	
Андреевская поляна	очаг	2,1	3,6	3,9	Естественное; мероприятия по сохранению подроста (более 3)
	контроль	2,3	5,8	5,2	
Шаньгина пашня	очаг	1,0	2,4	2,2	Естественное и комбинированное; минерализация почвы, частичные лесные культуры (1-3)
	контроль	9,6	6,6	12,9	Естественное; мероприятия по сохранению подроста (более 3)
Средний бор	очаг	2,3	0,8	2,7	Естественное и комбинированное; минерализация почвы, частичные лесные культуры (1-3)
	очаг	1,9	0,2	2,0	
	контроль	7,8	8,0	11,8	Естественное; мероприятия по сохранению подроста (более 3)

* в сумме жизнеспособный и 50% сомнительного подроста;

** согласно Приложения 30 «Требования (критерии) к лесовосстановлению в Алтае-Саянском горно-лесостепном районе» к Правилам лесовосстановления, принятым Приказом Минприроды России от 29.12.2021 № 1024 «Об утверждении Правил лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления»

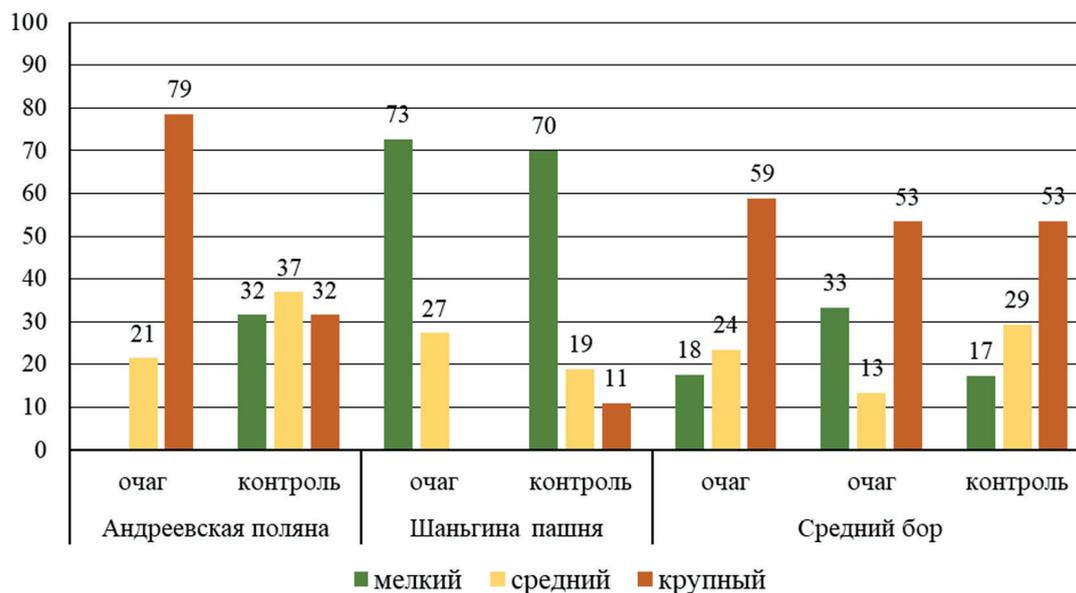


Рис. 4. Относительное распределение жизнеспособного подроста сосны по категориям крупности, %

тельный процесс на ненарушенных корневой губкой участках Шушенского бора с учетом количества жизнеспособного подроста сосны, тем более с поправкой на долю подроста сомнительного состояния, следует признать успешным (табл. 6). В таких насаждениях рекомендовано сохранение имеющегося подроста при проведении хозяйственных мероприятий. Успешный лесовозобновительный (лесовосстановительный) процесс коренной породой в очагах корневой гнили не в полной мере обеспечен достаточным количеством жизнеспособного подроста сосны. При этом следует учитывать возможность дальнейшей гибели соснового подроста от инокулюма корневой губки, накопившегося в очагах поражения в почве и древесных остатках. Учитывая полученные данные по динамике видового состава подроста в окнах распада древостоев, следует ожидать их восстановление с преобладающим участием устойчивых к воздействию патогена лиственных видов (березы, осины). Такая структурная перестройка монодоминантных сосняков в направлении мозаики смешанных древостоев повышает устойчивость лесных биогеоценозов и является экологически целесообразной [21].

Отмеченное выше присутствие отдельных живых взрослых деревьев, а также определенного количества крупного жизнеспособного соснового подроста в очагах поражения указывает на вероятное проявление их устойчивости к патогенному воздействию корневой губки. Устойчивость сосны к корневой губке связывают со смолопродуктивностью, которая закономерно повышается у всех деревьев при контакте с патогеном; при этом у устойчивых более смолопро-

дуктивных деревьев в лубе ствола интенсивнее возрастает содержание токсичного для патогена фенола [4, 6]. Выяснение этого аспекта в сосняках Минусинской котловины требует проведения дополнительных исследований.

Заключение

Лесовозобновление в очагах корневой губки представлено предварительным подростом, возникшим под пологом древостоя, большей частью – молодыми древесными растениями, появившимися в окнах его распада. До 85% от общей численности молодого поколения сосны приходится на всходы и самосев (растения до пяти лет). В относительно молодых очагах доля всходов составляет более 50%. В многолетних крупных по площади очагах распада древостоев, характеризующихся задернением почвы и недостатком источников обсеменения, представленность всходов сосны ниже.

Количество живого, в том числе жизнеспособного, подроста сосны (растения старше пяти лет) в очагах корневой губки значительно меньше в сравнении с непораженными сосняками. Ниже и встречаемость, что указывает на более фрагментарное размещение соснового подроста в очагах поражения. Основные факторы ослабления и усыхания подроста сосны: в очагах распада – патогенное воздействие корневой губки, дополнительно – поражение хвои микромицетом *G. infestans* и фитогенная конкуренция; в непораженных древостоях – угнетение со стороны древостоя с сопряженным воздействием полупаразитных микромицетов.

Размерная и возрастная дифференциация жизнеспособного соснового подростка наиболее выражена в нетронутых поражением сосняках. Фактическое соотношение подростка разной крупности как в очагах, так и в непораженных древостоях определяется локальными особенностями микроклимата, почвенных условий и конкуренцией между растениями нижнего яруса, в очагах – патогенным воздействием корневой губки.

По обеспеченности крупным жизнеспособным подростом естественное возобновление сосны в ненарушенных насаждениях протекает успешно. Количество такого подростка в очагах патологического распада древостоев, тем более с учетом вероятной гибели его части от корневого патогена, не гарантирует восстановления древостоя главной породы. Во всех очагах в составе подростка присутствует жизнеспособ-

ный крупный подрост березы (до 40%), на отдельных участках – подрост осины (до 10%). В перспективе в окнах распада можно ожидать формирования смешанных сосново-березовых, березово-осиновых насаждений, устойчивых к корневой губке.

Имеющиеся в очагах поражения устойчивые к корневой губке генеративные деревья и подрост сосны являются ценным генофондом и материалом селекционной работы для восстановления лесопокрытых площадей древостоями с преобладанием главной породы.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ на выполнение коллективом научной лаборатории «Защита леса» проекта «Методологические основы оценки лесопатологических рисков в насаждениях юга Средней Сибири» (№ FEFE-2024-0016)

Литература

1. Ачиколова ЮС, Сидоренков ВМ. Анализ причин деградации темнохвойных лесов таежной зоны европейской России. В кн: Актуальные вопросы таежного и притундрового лесоводства на Европейском Севере России. Материалы научно-практической конференции. Москва; 2023. С. 80-5. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=59994990&pff=1>
2. Бажина ЕВ. О факторах усыхания пихтовых лесов в горах Южной Сибири. Изв Иркут гос ун-та. 2010;3(3):20-5. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15541927>
3. Битяев СГ, Чураков БП. Санитарное состояние древостоев и естественное лесовозобновление как факторы сохранения лесного биоценоза в очагах корневой губки. В кн: Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований. Материалы XXII международной научно-практической конференции. 2020. с. 71-7. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42555937>
4. Высоцкий АА, Евлаков ПМ. Устойчивость сосны обыкновенной к корневой губке в связи со смолопродуктивностью деревьев и содержанием основных монотерпенов в живице. Тр СПб НИИ лесного хоз-ва. 2014;(4):5-21. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22603988>
5. Высоцкий АА, Корчагин ОМ. Корневая губка в насаждениях сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Проблемы и пути решения. Изв СПбг лесотехн акад. 2018;(224):176-92. DOI: 10.21266/2079-4304.2018.224.176-192
6. Гаврилик ОН, Ребко СВ. Состав фенольных соединений у деревьев сосны различной устойчивости к корневой губке. В кн: Состояние лесов и актуальные проблемы лесопользования. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Хабаровск; 2013. С. 296-300. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53866310&pff=1>
7. Звягинцев ВБ, Волченкова ГА. Трансформация патогенеза корневой губки при интенсификации лесного хозяйства. В кн: Стороженко ВГ, Руоколайнен АВ, ред. Грибные сообщества лесных экосистем. Москва-Петрозаводск; 2014. С. 15-25. URL: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/23993>
8. Кабанов СВ, Раздивилов ИА. Состояние сосняков Базарно-Карабулакского лесхоза, подвергшихся воздействию корневой губки. Бюлл бот сада Саратов гос ун-та. 2003;(2):54-9. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24333642>
9. Кабанов СВ, Козлецов ВВ. Некоторые особенности окон возобновления в сосняках, поврежденных корневой губкой. Бюлл бот сада Саратов гос ун-та. 2007;(6):37-41. URL: <https://bbs.sgu.ru/ru/articles/nekotorye-osobennosti-okon-vozobnovleniya-v-sosnyakah-povrezhdennyh-kornevoy-gubkoy>
10. Кистерный ГА. Состояние женской генеративной сферы сосны обыкновенной в действующем очаге корневой губки (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.). Лесотехн журн. 2022;12(4):31-46. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2022.4/3.

11. Мешкова ВЛ. Усыхание сосновых лесов Украины с участием короедов: причины и тенденции. Изв СПб лесотехн акад. 2019;(228):312-35. DOI: 10.21266/2079-4304.2019.228.312-335
12. Павлов ИН. Куртинное усыхание в монокультурах основных лесобразующих пород – априори низкая устойчивость или ошибки в технологии создания? В кн: Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: материалы IX Междунар науч конф. Красноярск: СибГТУ; 2006. С. 3–21.
13. Павлов ИН, Корхонен К, Губарев ПВ, Черепнин ВЛ, Барабанова ОА, Миронов АГ и соавт. Закономерности образования очагов *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. s. str. в географических культурах сосны обыкновенной (Минусинская котловина). Хвойные бореальной зоны. 2008;25(1-2):28-37. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11806174>
14. Павлов ИН, Губарев ПВ, Барабанова ОА, Агеев АА, Орлов ЮА, Лобанов АИ. Влияние лесорастительных условий на устойчивость сосняков Минусинской впадины к корневым патогенам. Хвойные бореальной зоны. 2009;26(1):48-57. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12330612>
15. Павлов ИН. Макромицеты бореальной зоны. Хвойные бореальной зоны. 2009;26(1):7-8. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12330605>
16. Павлов ИН, Барабанова ОА, Кулаков СС, Юшкова ТЮ, Агеев АА, Пашенова НВ, и др. К вопросу образования очагов куртинного усыхания сосны обыкновенной на старопашотных землях (роль корневой губки, эдафических факторов и изменения климата). Хвойные бореальной зоны. 2010;27(3-4):263-72. URL: https://forest-culture.narod.ru/HBZ/Stat_10_3-4/pavlov7.pdf
17. Павлов ИН. Биотические и абиотические факторы усыхания хвойных лесов Сибири и Дальнего Востока. Сиб экол журн. 2015;22(4):537-54. DOI: 10.15372/SEJ20150405
18. Побединский АВ. Изучение лесовосстановительных процессов. Москва: Наука; 1966.
19. Попова НН, Курненкова ИП, Гаврицкова НН. Очаги распространения корневой губки в сосновых насаждениях Краснобаковского лесничества Нижегородской области. Вестн Нижегород гос с-х акад. 2014;4:257-61. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22648902>
20. Пугачевский АВ, Игнатъев ЯК, Тимашкова АВ, Жданович СА, Глушакова МН. Усыхание хвойных лесов Беларуси в контексте изменения погодно-климатической ситуации в 1990-2024 гг. В кн: Лесное хозяйство. Материалы 89-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием). Минск; 2025. С. 12-6. URL: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/70404>
21. Стороженко ВГ. Микоценоз и микоценология. Теория и эксперимент. Тула: Гриф и К; 2012. EDN REGVRJ
22. Татаринцев АИ. К проблеме усыхания темнохвойных насаждений в южной части Средней Сибири. В кн: Защита лесов от вредителей и болезней: научные основы, методы и технологии: Материалы Всерос конф с междунар участием. Иркутск: Изд-во института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН; 2015. С. 73-8.
23. Татаринцев АИ, Каленская ОП, Бубликов АГ. К вопросу пораженности корневой гнилью сосняков минусинской котловины. Хвойные бореальной зоны. 2015;33(5-6):240-7. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25676555>
24. Трофимов ВН, Трофимова ОВ. Поражение корневой губкой (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) подроста ели в затухших очагах короэда-типографа в Московской области. В кн: Актуальные проблемы биологической и химической экологии. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. 2019. С. 187-91. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37276188>
25. Федоров НИ. Корневые гнили хвойных пород. М.: Лесная промышленность; 1984.
26. Харук ВИ, Шушпанов АС, Петров ИА, Демидко ДА, Им СТ, Кнорре АА. Усыхание *Abies sibirica* Ledeb. в горных лесах Восточного Саяна. Сиб экол журн. 2019;26(4):369-82. DOI 10.15372/SEJ20190401
27. Чебакова НМ, Бажина ЕВ, Парфенова ЕИ, Сенашова ВА. В поисках фактора “икс”: обзор публикаций по проблеме усыхания темнохвойных лесов Северной Евразии. Метеорол гидрол. 2022;(5):123-40. URL: <https://mig-journal.ru/archive?id=5709>
28. Чураков БП, Битяев СГ, Чураков РА. К вопросу об естественном возобновлении леса в очагах корневой губки. Изв высш учебн заведений. Лесн журн. 2017;(4):45-56. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.45
29. Чураков БП, Битяев СГ, Чураков РА. Естественное лесовозобновление в очагах корневой губки. Лесоведение. 2020;(5):474-80. DOI 10.23648/UMBJ.2017.25.5257
30. Шеллер МА, Татаринцев АИ, Сухих ТВ, Ибе АА, Михайлов ПВ. Видовая идентификация *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. В очагах усыхания сосны обыкновенной на территории национального парка «Шушенский бор». Би-

- осфера. 2023;15(2):107-10. DOI: 10.24855/biosfera.v15i2.805
31. Шишкина АА, Карпун НН. Влияние таксационных характеристик сосновых древостоев на развитие очагов корневой губки в условиях Московской области. В кн.: Сохранение биоразнообразия и рациональное ведение лесного хозяйства: опыт, проблемы, перспективы (Антоновские чтения). Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения И.С. Антонова. Пенза; 2023. С. 148-52.
 32. Эколого-экономическое обоснование организации охранной зоны национального парка «Шушенский бор»: общая пояснительная записка. Шушенское; 2002.
 33. Hejtmánek J, Stejskal J, Provazník D, Čepl J. Understanding the role of ecotypic factors in the early growth of *Pinus sylvestris* L. *J For Sci*. 2023;69:539-49. DOI:10.17221/102/2023-JFS
 34. Heydeck P. Bedeutung des Wurzelschwammes im nordostdeutschen Tiefland. *AFZ/Wald*. 2000;55(14):742-4.
 35. Korhonen K. Fungi belonging to the genera *Heterobasidion* and *Armillaria* in Eurasia. В кн: Стороженко ВГ, Крутов ВИ, ред.. Грибные сообщества лесных экосистем. Москва-Петрозаводск; 2004. Том 2. С. 89-113.
 36. Lakomy P, Broda Z, Werner A. Genetic diversity of *Heterobasidion* spp. in Scots pine, Norway spruce and European silver fir stands. *Acta Mycol*. 2013;42(2):203-10. DOI:10.5586/am.2007.023
 37. Moravec J. Succession of plant communities and soil development. *Folia Geobot Phytotax*. 1969;4:133-64. DOI:https://doi.org/10.1007/BF02854599
 38. Stenlid J, Oliva J, Boberg J, et al. Emerging diseases in European forest ecosystems and responses in society. *Forests*. 2011;2(2):486-504. DOI:10.3390/f2020486
 39. Woodward S, Stenlid J, Karjalainen RO, Hüttermann A. *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control. Cambridge: University Press; 1998.
 40. Zhou Y, Lei Z, Zhou F, Han Y, Yu D, Zhang Y. Impact of climate factors on height growth of *Pinus sylvestris* var. *mongolica*. *PLoS One*. 2019;14(3):e0213509. DOI:10.1371/journal.pone.0213509

