

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АКТИВНОСТИ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ОСНОВНЫХ ХВОЙНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ УРАЛА НА РАЗЛИЧНЫХ ПОЧВАХ

Ермакова М.В., Золотова Е.С., Иванова Н.С.

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия (620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202), i.n.s@bk.ru

Проведено экспериментальное изучение роста сеянцев *Pinus sylvestris* L., *Picea obovata* Ledeb., *Larix sibirica* Ledeb. Для эксперимента взяты бурые горно-лесные и дерново-палево-подзолистые почвы под пологом старовозрастных (140-160 лет) сосновых лесов и на соответствующих им сплошных вырубках в южно-таежном округе Зауральской холмисто-предгорной провинции. Образцы почв отобраны из гумусового горизонта в трех типах леса: брусничниковом, ягодниково-липняковом, разнотравном. Проращивание семян осуществлялось в лаборатории в соответствии с требованиями ГОСТа 13056.6-97. Условия эксперимента позволили исключить влияние растительности, увлажнения, температуры и других факторов на начальные этапы роста и развития изучаемых древесных видов и исследовать влияние сплошных рубок не только на свойства почв, но и на всхожесть и энергию прорастания основных хвойных лесообразователей. Наибольшие изменения изученных физических и химических свойств гумусового горизонта почв после сплошных рубок выявлены для сосняка разнотравного. Однако различия в энергии прорастания и всхожести семян древесных видов на почвах лесов и рубок статистически достоверны для всех изученных типов леса и лесообразователей. Для *Pinus sylvestris* наиболее значимым фактором является тип леса, для *Picea obovata*, *Larix sibirica* – сукцессионный статус (лес-вырубка).

Ключевые слова: *Pinus sylvestris*, *Picea obovata*, *Larix sibirica*, сосна, ель, лиственница, рост сеянцев, типы леса, лесные почвы, вырубки.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE ACTIVITY OF SEED GERMINATION OF CONIFEROUS TREE SPECIES IN DIFFERENT SOILS OF THE URALS

Yermakova M.V., Zolotova E.S., Ivanova N.S.

Institute Botanic Garden, Russian Academy of Sciences, Ural Branch, Ekaterinburg, Russia (620144, Ekaterinburg, 8th March Str., 202), i.n.s@bk.ru

Experimental study of the growth of seedlings of *Pinus sylvestris* L., *Picea obovata* Ledeb., *Larix sibirica* Ledeb. was conducted. For the experiment, we took the brown mountain-forest and sod-podzolic soils under the canopy of old-growth (140-160-years) pine forests and on clear-cuts corresponding to them in the southern taiga district of the Zauralskaya hilly piedmont province. Soil samples were selected from the humus horizon in three forest types: cowberry shrub pine forest, berry pine forest with linden, grass pine forest. The germination of seeds was carried out in the laboratory in accordance with the requirements of GOST 13056.6-97. Experimental conditions allowed to exclude the influence of vegetation, moistening, temperature and other factors on the initial stages of growth and development of the studied tree species and to investigate the effect of clear-cuts not only on soil properties, but also on germination and energy of germination of the main coniferous species. The greatest changes in the studied physical and chemical properties of soil humus horizon after clear-cutting identified for grass pine forest. However, the differences in germination and energy of germination of tree species on forest soils and cuttings were statistically significant for all studied types of forests and forest formers. For *Pinus sylvestris* most important factor is the forest type, for *Picea obovata*, *Larix sibirica* – successional status (forest – clear-cutting).

Keywords: *Pinus sylvestris*, *Picea obovata*, *Larix sibirica*, growth of seedlings, forest types, forest soils, cutting.

Сплошные рубки и пожары – основные факторы трансформации структуры, функций и динамики лесов [12]. В связи с нарастанием темпов лесопользования на Урале сокращается площадь лесов и, соответственно, увеличиваются территории открытых местообитаний. Актуальной становится задача лесовосстановления. В условиях Среднего Урала естественное возобновление на вырубках изучено детально [4; 8; 12]. Для основных типов леса получены количественные данные о численности самосева и подроста древесных растений на вырубках, проведен анализ естественного возобновления на основе традиционных

статистических методов, позволяющих сравнивать текущее состояние описываемых лесных экосистем и оценивать достоверность различий средних характеристик. Выявлены зависимости выживания и роста всходов хвойных видов от типа микробиотопа [11 – 13]. Изучено влияние травяно-кустарничкового яруса на процессы лесовозобновления [8]. В горных условиях структура травянистого яруса на вырубках топоэкологически специфична и резко варьирует в зависимости от местоположения [6]. Травяно-кустарничковый ярус и почвы являются взаимозависимыми факторами, определяющими процессы естественного возобновления древесных видов на вырубках. Разделить влияние этих факторов в природных условиях чрезвычайно сложно. Проблема усложняется вариабельностью условий увлажнения для различных типов леса. При 80–95% лабораторной всхожести семян грунтовая всхожесть в естественных условиях у сосны и ели составляет всего 1–20%, а у лиственницы 1–10% [2]. Таким образом, изучение влияния отдельных факторов на начальные этапы жизни древесных растений в природных условиях затруднено и возможно только в условиях эксперимента.

Оценка факторов, определяющих начальные этапы развития основных лесообразователей Урала, необходима для построения количественных моделей восстановительно-возрастных смен растительности. Без построения этих моделей невозможно прогнозирование динамики лесных экосистем и планирование природоохранных и лесохозяйственных мероприятий [1; 6]. Однако до настоящего времени не проводились лабораторные опыты, позволяющие вычленить влияние почв различных типов леса и оценить роль этого фактора на прорастание, выживание и рост лесообразователей.

Целью наших исследований является экспериментальное изучение особенностей роста сеянцев *Pinus sylvestris* L., *Picea obovata* Ledeb., *Larix sibirica* Ledeb. на почвах трех типов сосновых лесов Зауральской холмисто-предгорной провинции: брусничникового, ягодниково-липнякового, разнотравного (в двух вариантах: условно-коренной лес и вырубка).

Материал и методика

Для эксперимента взяты образцы бурых горно-лесных и дерново-палево-подзолистых почв под пологом старовозрастных (140–160 лет) лесов и на соответствующих сплошных вырубках (на которых проводилось сжигание порубочных остатков) в южно-таежном округе Зауральской холмисто-предгорной провинции на территории в пределах 57°00′–57°05′ с.ш. и 60°15′–60°25′ в.д. Выбранный район исследований представляет собой расчлененное предгорье, образованное чередованием меридиональных возвышенностей и гряд с широкими межгорными вытянутыми понижениями и характеризуется гетерогенностью почвенного и

растительного покрова, что оптимально для целей наших исследований. Абсолютные высоты 200–500 м над ур. м. [10].

Образцы почв отобраны из горизонта А₁ в трех типах сосновых лесов Зауральской холмисто-предгорной провинции (брусничниковом, ягодниково-липняковом, разнотравном) и на соответствующих им сплошных вырубках. Эти типы леса различаются положением в рельефе и режимом увлажнения (периодически сухие; устойчиво свежие; свежие, периодически влажные местообитания). Лесотипологическая характеристика объектов приведена в табл. 1.

Для изучения морфологического строения и некоторых физических, химических свойств почв, выбранных для эксперимента, выполнены полнопрофильные разрезы, взяты образцы для анализа. Морфологическое описание проводилось в соответствии с традиционной классификацией [9], результаты представлены для условно-коренных лесов в табл. 2, для вырубок – в табл. 3. Подробное описание структуры растительности и почв изученных типов лесов Зауральской холмисто-предгорной провинции и их антропогенных вариантов приведено ранее [5; 7].

Проращивание семян сосны (*Pinus sylvestris* L.), ели (*Picea obovata* Ledeb.) и лиственницы (*Larix sibirica* Ledeb.) осуществлялось в лабораторных условиях в соответствии с требованиями ГОСТа 13056.6-97 «Семена деревьев и кустарников. Методы определения всхожести» [3]. После замачивания подсушенные до сыпучести семена равномерно (10х10 штук) раскладывались в 3-кратной повторности на поверхности почвы, помещенной в кюветы слоем 2,5 см. В течение всего периода проращивания поддерживались постоянными оптимальные влажность почвы 65% и температура 22 °С.

Таблица 1

Изученные типы лесорастительных условий (ТЛУ) и типы вырубок [10]

Положение в рельефе	Индекс ТЛУ	Условно-коренной тип леса, шифр	Тип вырубки
Периодически сухие местообитания			
Вершины и верхние половины склонов возвышенностей	321	сосняк брусничниковый; С бр.	вейниковые
Устойчиво свежие местообитания			
Верхние части придолинных склонов и вершины невысоких холмов	332	сосняк ягодниково-липняковый; С яг. лп.	липняково-вейниковые, вейниковые
Свежие, периодически влажные местообитания			
Ровные слегка приподнятые участки водоразделов, пологие склоны	341	сосняк разнотравный; С ртр.	злаково-разнотравные, кипрейно-вейниковые

Энергия прорастания определялась на 7-й день, а всхожесть на 14-й день проращивания, что соответствует герменальной стадии онтогенеза – стадии гетеротрофного

роста проростка, включающей два этапа: «прорастание семени» и «формирование проростка» [12].

Таблица 2

Почвы условно-коренных типов леса Зауральской холмисто-предгорной провинции, отобранные для эксперимента

Индекс ТЛУ	Характеристика почв						
	Название почвы	Горизонт	Глубина взятия, см	Цвет	Состав	Сложение	Включения
321	бурые горно- лесные	A ₀	0–2	мхи, слаборазложившийся опад (хвоя, листья)			
		A ₁	2–11	темно-серый	супесь	рассыпчатое	много корней
		B	11–40	бурый	супесь	рассыпчатое	есть корни, камни, песок
		BC	40–50	бурый	песок	рассыпчатое	нет
332	бурые горно- лесные	A ₀	0–3	мхи, слаборазложившийся опад (хвоя, шишки)			
		A ₁	3–15	темно-серый	супесь	рассыпчатое	много корней
		B	15–35	бурый	супесь	рассыпчатое	камни
		BC	35–50	серый	песок	рыхлое	много камней
341	дерново-палево-подзолистые	A ₀	0–2	слаборазложившийся опад (хвоя, листья)			
		A ₁	2–10	темно-серый	супесь	рассыпчатое	много корней, есть угли
		A ₂ B	10–40	буро-палевый	средний суглинок	плотное	мало корней, песка, камней
		B	40–80	темно-бурый	тяжелый суглинок	плотное	много камней
		BC	80–90	серо-бурый	супесь	плотное	много мелких камней

Данные, полученные в результате исследований, обрабатывались и анализировались на основе современных статистических методов с помощью пакета стандартных программ Excel и Statistica. Статистическую достоверность различий показателей оценивали с помощью апостериорной процедуры – LSD-test (критерия наименьшей значимости) [14].

Таблица 3

Почвы вырубок Зауральской холмисто-предгорной провинции, отобранные для эксперимента

Индекс ТЛУ	Характеристика почв						
	Название почвы	Горизонт	Глубина взятия, см	Цвет	Состав	Сложение	Включения
321	бурые горно- лесные	A ₀	0–1	мхи, слаборазложившаяся трава			
		A ₁	1–10	темно-серый	легкий суглинок	рыхлое	много корней
		B	10–23	бурый	супесь	рыхлое	есть корни, песок
		BC	23–45	бурый	песок	рассыпчатое	много камней
332	бурые горно- лесные	A ₀	0–1	слаборазложившаяся трава			
		A ₁	1–18	темно-бурый	легкий суглинок	рыхлое	много корней и углей
		B	18–40	бурый	легкий суглинок	рыхлое	много песка и камней

		BC	40–55	бурый	легкий суглинок	рыхлое	много камней и песка
341	бурые горно-лесные	A ₀	0–2	слаборазложившаяся трава			
		A ₁	2–10	темно-серый	легкий суглинок	рыхлое	много корней и углей
		B	10–50	бурый	средний суглинок	плотное	мало корней, много песка, есть угли
		BC	50–100	серый	песок	плотное	мелкие камни

Результаты и обсуждение

Почвы. Для гумусового горизонта бурых горно-лесных и дерново-палево-подзолистых почв разных типов условно-коренных лесов Зауральской холмисто-предгорной провинции характерна средняя мощность (8–12 см), невысокая скелетность (5–9%), хорошая пористость (около 58%), слабокислая реакция водной вытяжки, высокое содержание легкодоступного калия (245–293 мг/кг) (табл. 4). Отдельные свойства горизонта A₁ специфичны для определенного типа леса, например высокая скелетность под сосняком брусничниковым или низкая влажность завядания под сосняком разнотравным.

После сплошной рубки снижаются мощность подстилки, степень ее разложения, мощность гумусового горизонта остается неизменной или чуть возрастает (табл. 4).

Наибольшие изменения физических и химических свойств гумусового горизонта почв после сплошных рубок выявлены для сосняка разнотравного. Для остальных почв исследуемых типов леса заметная разница в свойствах между лесом и вырубкой определена только для содержания легкоподвижного (обменного) калия (табл. 4).

Энергия прорастания и всхожесть

Для трех наиболее распространенных типов леса Зауральской холмисто-предгорной провинции на этапе «прорастания семян» для *Pinus sylvestris* L. (рис. 1, табл. 5–7) выявлены следующие различия для лесов и вырубок.

1. Различия между лесом и вырубкой статистически достоверны для всех изученных типов леса, как для энергии прорастания, так и для всхожести.

2. Изменения показателей энергии прорастания и всхожести семян на почвах лесов и вырубок разнонаправленные. Статистически достоверное снижение всхожести и энергии прорастания на почвах вырубок (по сравнению с почвами лесов) отмечено для сосняка брусничникового. Для сосняков ягодниково-липнякового и разнотравного выявлена обратная тенденция – увеличение изучаемых параметров на почвах вырубок.

Таблица 4

Некоторые физические и химические свойства гумусового горизонта почв, взятых для эксперимента

Индекс	Мощность	Скелет,	Плотность,	Общая	Влажность	pH _{H2O}	pH _{KCl}	K ₂ O,
--------	----------	---------	------------	-------	-----------	-------------------	-------------------	-------------------

ТЛУ	горизонта А1, см	%	г/см ³	пористость, %	завядания, %			мг/кг
Почвы условно-коренных типов леса								
321	9	50,3	0,9	65,3	5,13	5,10	4,06	292,5
332	12	4,7	1,1	58,1	5,55	5,24	3,95	245,0
341	8	9,1	1,1	57,8	3,97	5,40	4,34	276,5
Почвы вырубок								
321	9	36,1	1,0	59,8	5,81	5,22	4,06	459,0
332	17	10,3	1,0	57,4	4,09	5,16	3,89	164,5
341	8	2,5	0,7	71,1	13,12	5,32	5,07	1375,0

3. Для почв условно-коренных лесов выявлено статистически достоверное снижение показателей прорастания семян в обобщенном топоэкологическом профиле от сосняка брусничникового до сосняка разнотравного.

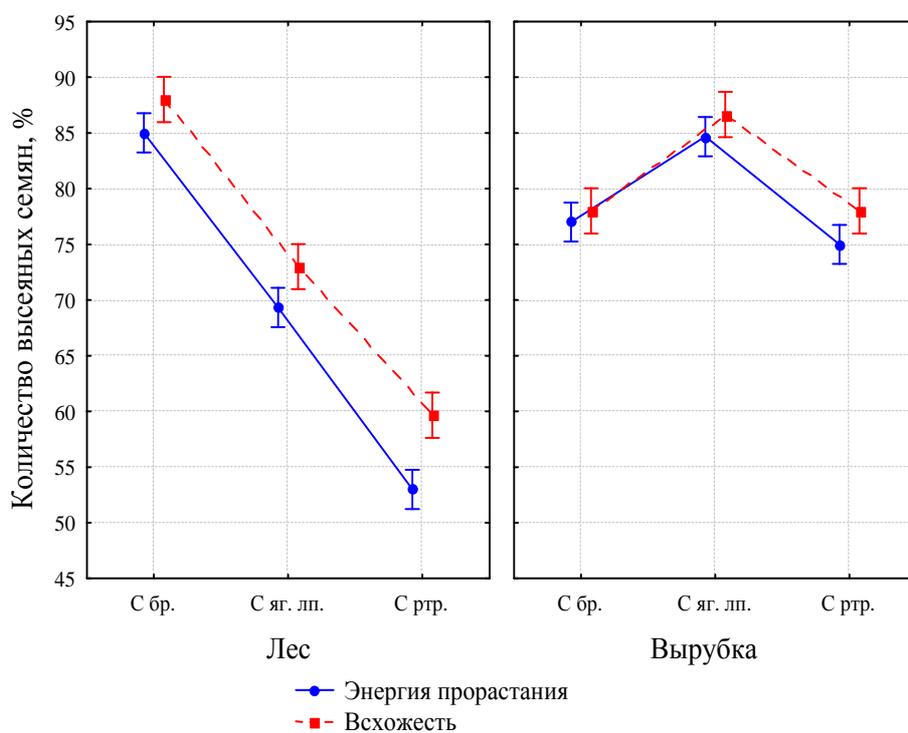


Рисунок 1. Показатели активности прорастания семян сосны обыкновенной: точка – среднее значение, вертикальные линии – 95%-ный интервал

4. Для почв вырубок не выявлено зависимостей показателей прорастания семян в топоэкологическом профиле. Наиболее высокие значения обнаружены на почве вырубки сосняка ягодниково-липнякового. Различия в показателях прорастания семян на почвах вырубок сосняка брусничникового и разнотравного статистически не достоверны.

5. Наиболее высокие показатели энергии прорастания и всхожести семян выявлены для почв сосняка брусничникового и вырубки сосняка ягодниково-липнякового.

6. На всех почвах условно-коренных лесов в обобщенном топоэкологическом профиле отмечено существенное увеличение количества проросших семян за период с 7 по 14 день.

Таким образом, установлено интенсивное пролонгированное прорастание семян сосны в течение всего периода проращивания и определенное ингибирование на начальном этапе.

Таблица 5

LSD-тест сравнения показателей энергии прорастания семян *Pinus sylvestris* (уровень значимости $p \leq 0,05$)

№ опыта	Сукцессионный статус	Индекс ТЛУ, шифр типа леса	№ опыта (среднее значение, %)					
			1 (85,0)	2 (69,3)	3 (53,0)	4 (77,0)	5 (84,7)	6 (75,0)
1	Лес	321, С бр.		0,00	0,00	0,00	0,77	0,00
2	Лес	332, С яг. лп.	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
3	Лес	341, С ртр.	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
4	Вырубка	321	0,00	0,00	0,00		0,00	0,10
5	Вырубка	332	0,77	0,00	0,00	0,00		0,00
6	Вырубка	341	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	

Таблица 6

LSD-тест сравнения показателей всхожести семян *Pinus sylvestris* (уровень значимости $p \leq 0,05$)

№ опыта	Сукцессионный статус	Индекс ТЛУ, шифр типа леса	№ опыта (среднее значение, %)					
			1 (88,0)	2 (73,0)	3 (59,7)	4 (78,0)	5 (86,7)	6 (78,0)
1	Лес	321, С бр.		0,00	0,00	0,00	0,33	0,00
2	Лес	332, С яг. лп.	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
3	Лес	341, С ртр.	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
4	Вырубка	321	0,00	0,00	0,00		0,00	1,00
5	Вырубка	332	0,33	0,00	0,00	0,00		0,00
6	Вырубка	341	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	

Примечание: синим цветом отмечено достоверное различие

Таблица 7

LSD-тест сравнения показателей энергии прорастания и всхожести семян *Pinus sylvestris* (уровень значимости $p \leq 0,05$)

№ (среднее значение, %)	Сукцессионный статус	Индекс ТЛУ, шифр типа леса	№ (среднее значение, %)					
			7 (88,0)	8 (73,0)	9 (59,7)	10 (78,0)	11 (86,7)	12 (78,0)
1 (85,0)	Лес	321, С бр.	0,02					
2 (69,3)	Лес	332, С яг. лп.		0,01				
3 (53,0)	Лес	341, С ртр.			0,00			
4 (77,0)	Вырубка	С бр.				0,43		
5 (84,7)	Вырубка	С яг. лп.					0,12	
6 (75,0)	Вырубка	С ртр.						0,02

Примечание: синим цветом отмечено достоверное различие

7. На почвах вырубок сосняка брусничникового и ягодниково-липнякового прорастание семян сосны происходило в основном в первые семь дней опыта. Об этом свидетельствует то, что на 14-й день количество проросших семян сосны изменилось незначительно. Таким образом, установлено определенное ингибирование прорастания

семян сосны после первого семидневного периода. На почве вырубki сосняка разнотравного, напротив, наблюдалось существенное увеличение количества проросших семян сосны за период с 7 по 14 день, то есть ингибирование прорастания семян сосны происходило на начальном этапе, а интенсивное пролонгирование – в течение всего периода проращивания.

На этапе «прорастания семян» для *Picea obovata* Ledeb. нами выявлены следующие особенности (рис. 2).

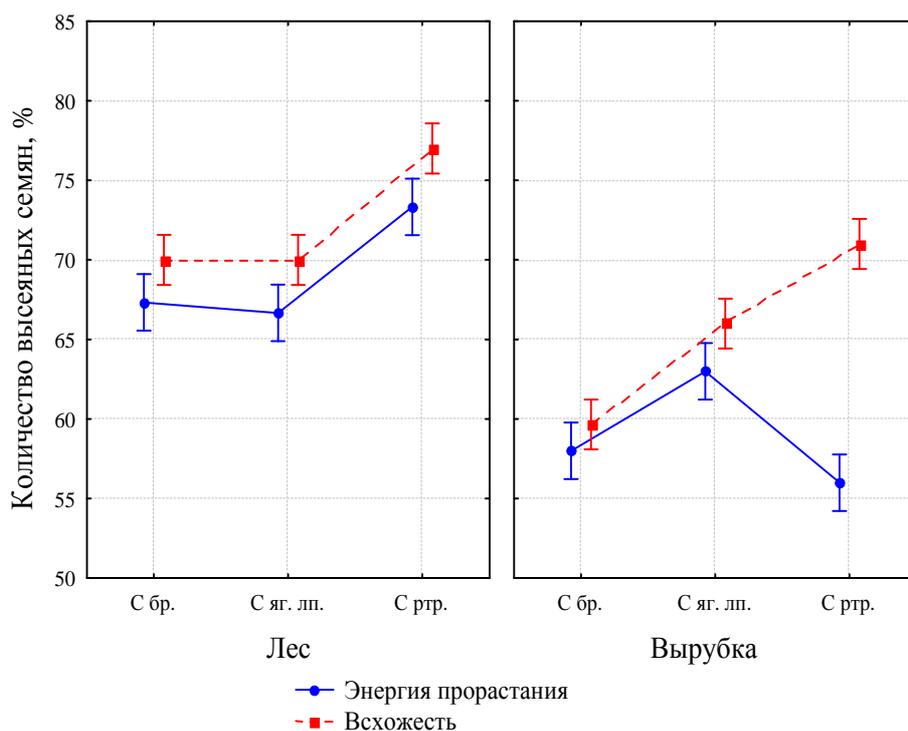


Рисунок 2. Показатели активности прорастания семян ели сибирской: точка – среднее значение, вертикальные линии – 95%-ный интервал.

– Различия между лесом и вырубкой по энергии прорастания и всхожести семян статистически достоверны для всех изученных типов леса (табл. 8–9). Энергия прорастания и всхожесть семян на почвах вырубok достоверно ниже по сравнению с условно-коренными лесами.

Таблица 8

LSD-тест сравнения показателей энергии прорастания семян *Picea obovata* (уровень значимости $p \leq 0,05$)

№ опыта	Сукцессионный статус	Индекс ТЛУ, шифр типа леса	№ опыта (среднее значение)					
			1 (67,3)	2 (66,7)	3 (73,0)	4 (58,0)	5 (63,0)	6 (56,0)
Энергия прорастания								
1	Лес	321, С бр.		0,57	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Лес	332, С яг. лп.	0,57		0,00	0,00	0,01	0,00
3	Лес	341, С ртр.	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00

4	Вырубка	С бр.	0,00	0,00	0,00		0,00	0,11
5	Вырубка	С яг. лп.	0,00	0,01	0,00	0,00		0,00
6	Вырубка	С ртр.	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	

Примечание: синим цветом отмечено достоверное различие

– У ели сибирской, среди всех вариантов опыта, наиболее высокие показатели энергии прорастания и всхожести наблюдались на почве сосняка разнотравного. Для изучаемых показателей не установлено различий между почвами сосняка брусничникового и ягодниково-липнякового (табл. 9).

– На почвах вырубок наиболее высокие показатели энергии прорастания семян ели (как и у сосны) отмечены для сосняка ягодниково-липнякового, но по сумме проросших семян (всхожести) – для сосняка разнотравного. Таким образом, на почве вырубки сосняка разнотравного после периода ингибирования прорастания семян на начальном этапе последовал период значительной интенсификации этого процесса.

Таблица 9

LSD-тест сравнения показателей всхожести семян *Picea obovata* (уровень значимости $p \leq 0,05$)

№ опыта	Сукцессионный статус	Индекс ТЛУ, шифр типа леса	№ опыта (среднее значение)					
			7 (70,0)	8 (70,0)	9 (77,0)	10 (59,7)	11 (66,0)	12 (71,0)
1	Лес	321, С бр.		1,00	0,00	0,00	0,00	0,35
2	Лес	332, С яг. лп.	1,00		0,00	0,00	0,00	0,35
3	Лес	341, С ртр.	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
4	Вырубка	С бр.	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
5	Вырубка	С яг. лп.	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
6	Вырубка	С ртр.	0,35	0,35	0,00	0,00	0,00	

Примечание: синим цветом отмечено достоверное различие

– По показателям всхожести (табл. 10) на почвах условно коренных лесов и вырубок сосняка ягодниково-липнякового и сосняка разнотравного наблюдалось существенное увеличение количества проросших семян ели за период с 7 по 14 день проращивания. Особенно значительное (на 14%) увеличение количества проросших семян ели в период с 7 по 14 день было отмечено на почве вырубки сосняка разнотравного. Таким образом, имело место, как в некоторых вариантах опыта с сосной, интенсивное пролонгированное прорастание семян ели до конца периода проращивания.

Таблица 10

LSD-тест сравнения показателей энергии прорастания и всхожести семян *Picea obovata* (уровень значимости $p \leq 0,05$)

№ опыта (среднее значение)	Сукцессионный статус	Индекс ТЛУ, шифр типа леса	№ опыта (среднее значение)					
			7 (70,0)	8 (70,0)	9 (77,0)	10 (59,7)	11 (66,0)	12 (71,0)
1 (67,3)	Лес	321, С бр.	0,02					

2 (66,7)	Лес	332, С яг. лп.		0,01			
3 (73,0)	Лес	341, С ртр.			0,00		
4 (58,0)	Вырубка	С бр.				0,14	
5 (63,0)	Вырубка	С яг. лп.					0,01
6 (56,0)	Вырубка	С ртр.					0,00

Примечание: синим цветом отмечено достоверное различие

На почве вырубки сосняка брусничникового не выявлено существенного увеличения прорастания семян ели за период с 7 по 14 день.

– Всхожесть семян (табл. 10) на почвах вырубок увеличивается в обобщенном топоэкологическом профиле.

Для *Larix sibirica* Ledeb. нами выявлены следующие особенности прорастания семян на почвах лесов и вырубок трех наиболее распространенных типов леса Зауральской холмисто-предгорной провинции (рис. 3).

1. Для всех типов леса установлено значительное снижение показателей энергии прорастания и всхожести семян на почвах вырубок по сравнению с почвами условно-коренных лесов (табл. 11–12). Эта особенность лиственницы сибирской выражена особенно отчетливо по сравнению с сосной и елью.

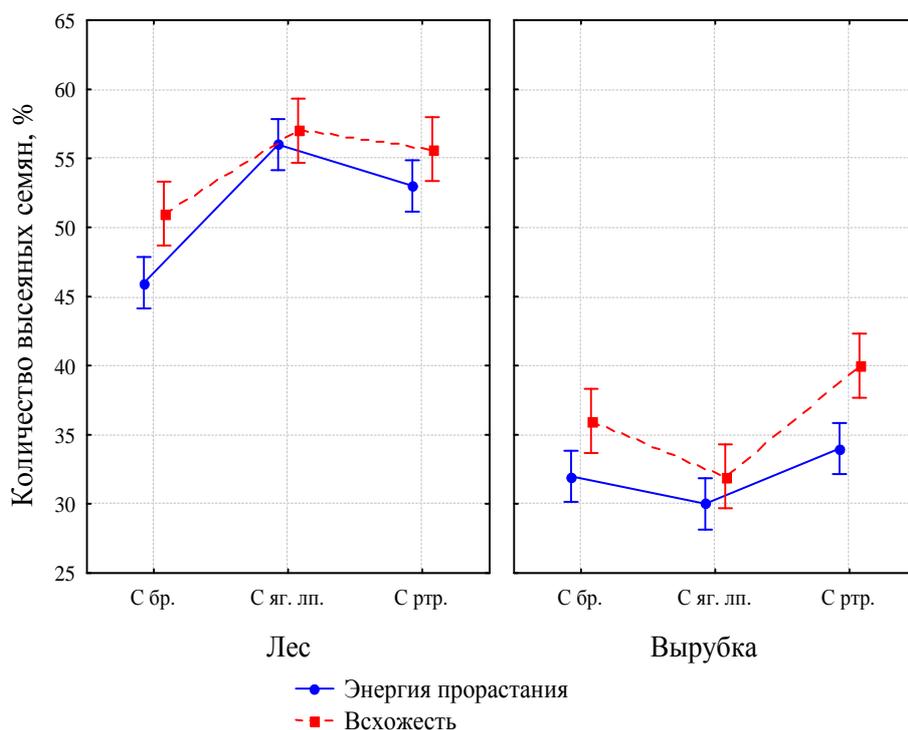


Рисунок 3. Показатели активности прорастания семян *Larix sibirica*

2. В обобщенном топоэкологическом профиле от сосняка брусничникового до сосняка разнотравного не выявлено четкой тенденции увеличения либо снижения показателей прорастания семян как для почв условно-коренных лесов, так и для почв вырубок.

3. Наиболее высокие показатели энергии прорастания и всхожести семян отмечены на почвах сосняков ягодниково-липнякового и разнотравного, а наиболее низкие – на почве вырубке сосняка ягодниково-липнякового.

Таблица 11

LSD-тест сравнения показателей энергии прорастания семян *Larix sibirica* (уровень значимости $p \leq 0,05$)

№ опыта	Сукцессионный статус	Индекс ТЛУ, шифр типа леса	№ опыта (среднее значение)					
			1 (46,0)	2 (56,0)	3 (53,0)	4 (32,0)	5 (30,0)	6 (34,0)
1	Лес	321, С бр.		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Лес	332, С яг. лп.	0,00		0,03	0,00	0,00	0,00
3	Лес	341, С ртр.	0,00	0,03		0,00	0,00	0,00
4	Вырубка	С бр.	0,00	0,00	0,00		0,12	0,12
5	Вырубка	С яг. лп.	0,00	0,00	0,00	0,12		0,01
6	Вырубка	С ртр.	0,00	0,00	0,00	0,12	0,01	

Примечание: синим цветом отмечено достоверное различие

4. По показателям всхожести с 7 по 14 день (табл. 13) выявлено увеличение количества проросших семян для сосняка брусничникового и соответствующей вырубки. Особенно значительное (на 7%) увеличение количества проросших семян в данный период было отмечено на почве вырубки сосняка разнотравного. Таким образом, как и в случае с елью обыкновенной, на почве вырубки сосняка разнотравного имеет место интенсификация и пролонгация прорастания семян лиственницы до конца периода проращивания.

Таблица 12

LSD-тест сравнения показателей всхожести семян *Larix sibirica* (уровень значимости $p \leq 0,05$)

№ опыта	Сукцессионный статус	Индекс ТЛУ, шифр типа леса	№ опыта (среднее значение)					
			7 (51,0)	8 (57,0)	9 (55,7)	10 (36,0)	11 (32,0)	12 (40,0)
Всхожесть								
1	Лес	321, С бр.		0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
2	Лес	332, С яг. лп.	0,00		0,39	0,00	0,00	0,00
3	Лес	341, С ртр.	0,01	0,39		0,00	0,00	0,00
4	Вырубка	С бр.	0,00	0,00	0,00		0,02	0,02
5	Вырубка	С яг. лп.	0,00	0,00	0,00	0,02		0,00
6	Вырубка	С ртр.	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	

Примечание: синим цветом отмечено достоверное различие

Таблица 13

LSD-тест сравнения показателей энергии прорастания и всхожести семян *Larix sibirica* (уровень значимости $p \leq 0,05$)

№ опыта (среднее значение)	Сукцессионный статус	Индекс ТЛУ, шифр типа леса	№ опыта (среднее значение)					
			7 (51,0)	8 (57,0)	9 (55,7)	10 (36,0)	11 (32,0)	12 (40,0)
1 (46,0)	Лес	321, С бр.	0,00					

2 (56,0)	Лес	332, С яг. лп.		0,47			
3 (53,0)	Лес	341, С ртр.			0,06		
4 (32,0)	Вырубка	С бр.				0,01	
5 (30,0)	Вырубка	С яг. лп.					0,15
6 (34,0)	Вырубка	С ртр.					0,00

Примечание: синим цветом отмечено достоверное различие

Для оценки взаимовлияния видовых особенностей, сукцессионного статуса и типа леса нами был проведен факторный анализ (итеративный способ – варимакс исходных данных). По результатам факторного анализа для каждого древесного вида было выделено по два фактора – $F1$ и $F2$ (табл. 14).

Таблица 14

Результаты факторного анализа данных по энергии прорастания и всхожести семян основных лесообразователей Зауральской холмисто-предгорной провинции

Переменные	Древесный вид					
	сосна		ель		лиственница	
	$F1$	$F2$	$F1$	$F2$	$F1$	$F2$
Сукцессионный статус (лес-вырубка)	0,143	0,953	-0,968	-0,026	-0,982	0,064
Тип леса	0,882	0,244	-0,071	0,990	0,059	0,998
Энергия прорастания, %	0,906	0,383	0,940	0,155	0,985	0,121
Всхожесть, %	0,902	0,342	0,628	0,751	0,984	0,125
<i>% общей дисперсии</i>	66,6	25,0	64,6	30,0	73,4	25,0

Примечание: синим цветом отмечены существенные факторные нагрузки

Как видно из данных таблицы, у сосны обыкновенной в первом факторе проявляется сильная взаимосвязь энергии прорастания и всхожести с типом леса. Данные по второму фактору указывают на то, что у сосны обыкновенной показатели энергии прорастания и всхожести в меньшей степени определяются влиянием сукцессионного статуса.

У ели сибирской, в отличие от сосны обыкновенной, в первом факторе проявляется сильное влияние сукцессионного статуса на энергию прорастания и, менее значительное, на всхожесть семян. Второй фактор выявил зависимость всхожести семян от типа леса.

У лиственницы в первом факторе проявляется сильная взаимосвязь энергии прорастания и всхожести семян с сукцессионным статусом. Тип леса, связанный со вторым фактором, незначительно коррелирует с энергией прорастания и всхожестью семян лиственницы.

Заключение

Впервые в условиях контролируемого эксперимента изучено влияние бурых горно-лесных и дерново-палево-подзолистых почв различных типов южно-таежных лесов

Зауральской холмисто-предгорной провинции Среднего Урала и их антропогенных вариантов – вырубок, на всхожесть и энергию прорастания трех основных хвойных лесообразователей Урала (*Pinus sylvestris* L., *Picea obovata* Ledeb., *Larix sibirica* Ledeb.). Условия эксперимента позволили исключить влияние растительности, увлажнения, температуры и других факторов на начальные этапы роста и развития изучаемых древесных видов. В результате установлено существенное влияние сплошных рубок не только на свойства почв, но и на всхожесть и энергию прорастания древесных видов, в первую очередь для *Picea obovata* и *Larix sibirica*.

Наибольшие изменения изученных физических и химических свойств гумусового горизонта почв после сплошных рубок выявлены для сосняка разнотравного. Для остальных типов леса заметная разница в почвенных свойствах между лесом и вырубкой определена только для содержания легкоподвижного (обменного) калия. Однако различия в энергии прорастания и всхожести семян основных хвойных лесообразователей на почвах лесов и вырубок статистически достоверны для всех изученных типов леса и лесообразователей. Выявленная реакция всхожести и энергии прорастания *Pinus sylvestris*, *Picea obovata*, *Larix sibirica* на изменения почв в топоэкологическом профиле, и в особенности на антропогенный фактор (сплошные рубки), обосновывает актуальность новых комплексных междисциплинарных исследований с целью прогнозирования лесовозобновления на сплошных вырубках в различных типах леса южно-таежного округа Зауральской холмисто-предгорной провинции Среднего Урала и разработки системы устойчивого лесопользования.

Список литературы

1. Быстрой Г.П. Подходы к моделированию динамики лесной растительности на основе теории катастроф / Г.П. Быстрой, Н.С. Иванова // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 2 (68). – С. 75-79.
2. Белов С.В. Лесоводство : учебное пособие. – М. : Лесн. пром-сть, 1983. – 352 с.
3. ГОСТ 13056.6 -75 Семена деревьев и кустарников. Методы определения всхожести. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 39 с.
4. Ермакова М.В. Особенности структуры молодняков *Pinus sylvestris* L. искусственного и естественного происхождения на вырубках Среднего Урала / М.В. Ермакова, Н.С. Иванова // Вестник МарГТУ, серия «Лес, экология, природопользование». – 2011. – № 2. – С. 13-23.
5. Золотова Е.С. Лесотипологическое исследование вырубок Зауральской холмисто-предгорной провинции / Е.С. Золотова, Н.С. Иванова // Известия Самарского научного центра РАН. – 2012. – Том 14. – № 1 (4). – С. 1016-1019.

6. Иванова Н.С. Модель формирования структуры древесного яруса на вырубках. Часть 1. Управляющие параметры / Н.С. Иванова, Г.П. Быстрой // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 5. – С. 85-89.
7. Иванова Н.С. Биоразнообразие условно-коренных лесов Зауральской холмисто-предгорной провинции [Электронный ресурс] / Н.С. Иванова, Е.С. Золотова // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/107-8563>.
8. Исаева Р.П. Лесовосстановление на Урале / Р.П. Исаева, Н.А. Луганский // Лесн. хоз-во. – 1981. – № 10. – С. 38-40.
9. Классификация и диагностика почв СССР / В.В. Егоров, В.М. Фридланд, Е.Н. Иванова, Н.Н. Розов и др. – М. : Колос, 1977. – 223 с.
10. Колесников Б.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Практическое руководство / Б.П. Колесников, Р.С. Зубарева, Е.П. Смолоногов. – Свердловск : УНЦ АН СССР, 1973. – 176 с.
11. Санников С.Н. Выживаемость и рост всходов хвойных пород в различных типах микросреды вырубок // Экология. – 1970. – № 1. – С. 60-68.
12. Санников С.Н. Экология и география естественного возобновления сосны обыкновенной. – М. : Наука, 1992. – 264 с.
13. Санникова Н.С. Микроэкосистемный анализ ценопопуляций древесных растений. – Екатеринбург : УрО РАН, 1992. – 65 с.
14. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных : учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Бином-Пресс, 2010. – 528 с.

Р е ц е н з е н т ы :

К о л т у н о в Е. В., д. б. н., профессор, ведущий научный сотрудник Ботанического сада УрО РАН, г. Екатеринбург.

М а з е п а В. С., д. б. н., заведующий лабораторией, Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург.