

БОТАНИКА

УДК 574.42

DOI: 10.26456/vtbio374

ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ СУКЦЕССИИ В ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСАХ ГОРЕЛЬНИКА ЧЕРНОРЕЧЕНСКОГО В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «ТАГАНАЙ»

И.А. Гетманец¹, П.В. Левченко¹, А.Б. Потапкин², П.П. Кудрявцев²

¹ Челябинский государственный университет, Челябинск

² Национальный парк «Таганай», Златоуст

Представлены результаты изучения начальных этапов естественного лесовосстановления в пределах территории Чернореченского горельника после длительного низового устойчивого пожара 2010 года. Отмечено, что на пробных площадях горельника, отличающихся микрорельефом и факторами эдафотопы, темпы онтогенеза особей *Picea obovata* Ledeb. и *Abies sibirica* Ledeb. неодинаковы. Оценка экологических режимов эдафотопов пробных площадей проведена по списку ценопопуляций видов с указанием обилия по 4 фитоиндикационным амплитудным шкалам Д.Н. Цыганова (1983): шкале увлажнения почв (Hd), шкале солевого режима почв (Tr), шкале кислотности почв (Rc), шкале богатства почв азотом (Nt) с использованием компьютерной программы «EcoScaleWin». Совокупные оценки местообитаний варьируются по режиму увлажнения почв, богатству почв минеральными солями, кислотности почв и нитрификации. В качестве индикаторных признаков этапов развития растительности в «окне возобновления» использованы эколого-ценотическая организация растительного покрова и онтогенетические состояния эдификаторов. Анализ мозаичности горельника позволил выявить разные этапы развития «окон возобновления» или стадии зарастания «окон» с образованием парцелл, которые детерминируются как эдафотопическими факторами, так и биотическими интерференциями. Представлен прогноз формирования древостоя.

Ключевые слова: лесовосстановление, постпирогенные сукцессии, окна возобновления, возрастные парцеллы, факторы эдафотопы.

Введение. Природные пожары во многом определяют облик таежных экосистем, поскольку при их воздействии коренным образом изменяются гидротермические и эдафические условия, что сказывается на структурно-функциональной организации растительного покрова и часто приводит к смене доминантов, поэтому изучение

постпирогенных сукцессий лесных территорий является актуальной задачей последних лет (Тулохонов, Пунцукова, 2016).

Известно, что прохождение восстановительных сукцессий в лесных сообществах в значительной мере детерминировано их зональным положением, определяющим комплекс экологических факторов, таких как количество осадков, радиационный баланс, высота снежного покрова, увлажнение и обеспеченность почвы минеральными веществами.

Цель данного исследования: изучение начальных этапов онтогенеза лесообразующих пород темнохвойных лесов под влиянием факторов эдафотопы и оценка темпов восстановительных сукцессий после низового устойчивого пожара.

Материалы и методы исследования. Стационарные исследования проведены в летний период (июнь-август) 2023 г. в елово-пихтовых лесах на территории Чернореченского участкового лесничества ФГБУ «Национальный парк «Таганай» (квартала 7 и 8), которые пострадали после низового устойчивого пожара 2010 года общей площадью 159,1 га, продолжавшегося в течение 14 дней. Отдельные пятна гарей составили более 20 га, средняя ширина горельника 10-15 м. В течение 13 лет возобновление леса на гари происходило естественным путем без применения лесотехнических мероприятий вследствие горного рельефа и невозможного доступа для техники.

По эколого-фитоценотической классификации лесов елово-пихтовые леса можно отнести к подтипу Бореальные леса, классу Евро-сибирские хвойные (включая мелколиственные производные леса) (Заугольнова, Морозова, 2006). Древесный ярус в исследуемых сообществах *Picea obovata* Ledeb., *Abies sibirica* Ledeb. с примесью *Betula pendula* Roth.

На участках горельника заложены модельные пробные площадки (далее ПП) размером 2х2м в разных формах микрорельефа. На каждой ПП определен видовой состав растений и описаны возрастные этапы онтогенеза лесообразующих пород, согласно подходам А.А. Уранова. Фитоиндикация экотопов сообществ проведена по списку ценопопуляций видов. Осуществлялась регистрация списков растений с указанием обилия по Друде-Уранову (Пономарева, 1978).

Для получения экологических параметров местообитаний списки ценопопуляций видов, соответствующих геоботанических описаний, преобразованы в специальный формат и обработаны с использованием компьютерной программы «EcoScaleWin» (Компьютерная ..., 2008).

Оценка экологических режимов местообитаний проведена с помощью средневзвешенной середины интервала по 4 амплитудным шкалам Д.Н. Цыганова (1983): шкале увлажнения почв (Hd), шкале

солевого режима (Tr), шкале кислотности почв (Rc), шкале богатства почв азотом (Nt)

В качестве индикаторного признака этапов развития растительности в «окне возобновления» использованы онтогенетические состояния доминирующих видов деревьев, поскольку разные этапы развития «окна» хорошо разграничиваются по доминированию виргинильных особей первой подгруппы, затем виргинильных второй подгруппы и молодых генеративных особей и, наконец, взрослых и старых генеративных и сенильных деревьев совместно (Восточноевропейские..., 1994).

Результаты и обсуждение. В ходе стационарных исследований территории горельника выделены ассоциации растительности, послужившие основанием заложения пробных площадей. Названия ассоциаций и, соответственно, ПП приведены с учетом доминантного похода классификации растительности. Их процентное участие в пределах территории представлено на круговой диаграмме (рис. 1).



Рис. 1. Процентный состав выделенных ассоциаций от общей площади горельника

Проведена оценка местообитаний пробных площадей по факторам увлажнения почв, трофности, кислотности и богатства азотом. Данные приведены в табл. 1.

ПП № 1. Елово-осоково-зеленомошная ассоциация. Параметры эдафотопических характеристик: (Hd 15,00) соответствует сыр-лесолуговому режиму увлажнения почв. Такое увлажнение характерно для различных форм депрессий рельефа с близким залеганием водоупорных горизонтов. Находящиеся у самой поверхности грунтовые воды способствуют развитию кочковатого микрорельефа. Показатель трофности (Tr 7,00) соответствует гликосемиэвтрофному типу солевого режима с богатым и мощным гумусо-торфяным аккумулялирующим горизонтом, с достаточно высокой обеспеченностью почвы солями. Показатель кислотности (Rc 6,06) соответствует мезоацидофильному режиму слабокислых почв с pH 5,5-6,5.

Нитрификация почв составляет (Nt 5,10) и характеризует почвы как бедные и небогатые азотом.

Таблица 1

Совокупные режимы эдафотопов ПП

Режим фактора № ПП	Hd	Tr	Nt	Rc
ПП1	15.00 сыро-лесолуговой	7.00 довольно богатых почв	5.10 бедных азотом почв	6.06 слабокислых почв (pH=5,5-6,5)
ПП2	13.00 влажно-лесолуговой	6.50 довольно богатых почв	6.00 довольно богатых почв	7.00 слабокислых почв (pH=5,5-6,5)
ПП3	11.00 сухо-лесолуговой	5.00 небогатых почв	5.50 бедных азотом почв	3.00 сильно кислых почв (pH=3,5-4,5)
ПП4	13.00 влажно-лесолуговой	6.50 небогатых почв	6.00 бедных азотом почв/достаточно обеспеченных азотом почв	7.00 кислых почв (pH=4,5-5,5)

В растительном покрове присутствуют опушечные травы, бореальное и неморальное разнотравье и травы водно-болотной группы. Отмечается обилие *Hylocomium splendens* (Hedw.) V.S.G. с проективным покрытием более 50%.

Ель сибирская, пихта сибирская и береза повислая представлены крупным и мелким подростом. На микроповышениях рельефа в травянистом ярусе отмечены многочисленные проростки ели трехлетнего возраста. Размер ювенильных особей ели варьируется по высоте в пределах 10-20 см; диаметр у основания материнского побега – от 0,6 до 1,6 мм. Величина годового прироста составляет 0,6–1,7 см. В подобных условиях при отсутствии конкуренции и затенения со стороны растений нижнего яруса, ювенильные особи ели в течение 3–4 лет переходят в следующую онтогенетическую стадию – имматурную, сохраняя высокий уровень жизненного состояния (I–II категории).

Особи ели первого имматурного (im) онтогенетического состояния характеризуются кроной зонтиковидной формы, с небольшим порядком ветвления (2–3) и хвоей ювенильного типа.

В травяно-кустарничковом ярусе представлены инвазивные популяции березы повислой средней высотой особей до 30–40 см. Побегим имматурных особей ветвятся, довольно быстро растут в высоту, имеют широкояйцевидную, но без обильного опушения, листовую пластинку с сердцевидным основанием и двоякозубчатым краем. Быстрое формирование разветвленной системы побегов (уже на второй год жизни) особями обеспечивается распусканием пазушных почек в год их заложения. Силлептические побеги возникают не только из пазушных, но и верхушечной почки. Спящие почки на подземном участке побега могут ветвиться, формируя систему покоящихся почек в базальной части побегов. Корневая система имматурных особей хорошо развита. В ней все более усиливается роль горизонтально растущих придаточных корней, они отличаются большими размерами.

В кустарничковом ярусе отмечен крупный подрост ели сибирской до 85–100 см, возрастом 10–12 лет. Это особи второго имматурного возрастного состояния, и они отличаются началом образования боковых побегов и формированием кроны, для которой характерны небольшие размеры и слабая разветвленность. Порядок ветвления боковых ветвей варьируется от второго по пятого. Хвоя на побегах приобретает взрослый тип строения: она уплощается в дорсовентральном направлении, увеличивается в размерах. Сравнительно близкие темпы роста побегов определяют ширококонусовидную форму кроны. На долю кроны приходится 43–78% от общей высоты дерева.

Выявленная возрастная структура ценопопуляций ели европейской и эколого-ценотическая организация растительного покрова типичны для второго этапа образования «окна возобновления» в понимании О.В. Смирновой (1994) и третьей стадии формирования и развития подроста, описанной Т.Ю. Самохиной (1997) при исследовании возрастных парцелл пихто-ельников липовых Среднего Урала.

Смыкание полога подроста означает завершение фазы «окна» и начало образования возрастной парцеллы. Через 10–15 лет, вероятно, произойдет смыкание полога подроста, что будет означать завершение фазы «окна» и начало образования новых возрастных парцелл, то есть формирование древостоя.

III № 2. Елово-мелкотравно-бореально-зеленомошная ассоциация. Параметры экологических характеристик местообитания: (Hd 13,00) соответствует влажно-лесолуговому режиму увлажнения

почвы; (Tr 6,50) – гликосемиэвтрофному типу солевого режима почв; Nt – (6,00) субнитрофильному типу с слабой обеспеченностью почв азотом и Rc (7,00) – слабокислой реакции среды (рН 5,5-6,5).

В растительном покрове преобладают бореальное разнотравье, поровну представлены виды боровой и опушечной групп.

В пределах этого участка горельника наблюдается уменьшение увлажнения по сравнению с ПП №1 и отмечается доминирование в ярусе С лесного бореального *Oxalis acetosella* L., *Stellaria holostea* L., *Melica nutans* L. *Maianthemum bifolium* (L.).

На микроповышениях рельефа в условиях разреженного мелкотравно-бореального разнотравья и зеленых мхов родов *Dicranum*, *Hylacomium* отмечены особи ели европейской ювенильного и первого имматурного возрастных состояний, биометрические показатели которых полностью соответствуют особям, описанным на ПП №1. В условиях слабой конкуренции за влагу и свет, наряду с особями ели, увеличивается количество подроста березы повислой.

Что касается особей подроста пихты, то его биометрические параметры значительно уступают особям ели. Это объясняется тем, что первым на начальных этапах свойственна неоднородность по темпам и характеру роста. При возрасте 8-18 лет, высота надземной части особей составляет всего 8-9 см. Таким образом, для пихты отмечается растянутость прегенеративного периода, так как в имматурном состоянии происходит формирование ксилоризомов и, как компенсация, замедляется рост в высоту до достижения 10-12 см.

Подобная закономерность была продемонстрирована И.Ю. Горичевым при изучении подпологового возобновления пихты (Горичев, 2005).

Выявленная возрастная структура ценопопуляций ели сибирской и эколого-ценотическая организация растительного покрова соответствует начальному этапу образования «окна возобновления» в понимании О.В. Смирновой (1994) и второй стадии – «молодое окно» с крупными конкурентными и толерантными видами трав, предложенной Т.Ю. Самохиной (1997).

Через 15-20 лет, вероятно, произойдет смыкание полога подроста, что приведет к завершению фазы «окна» и началу образования возрастных парцелл, то есть к формированию сомкнутого древостоя.

ПП № 3. Ситниково-хвоцево-березово-сфагновая ассоциация. Данная ПП по фактору увлажнения почв характеризуется сухолесолуговым режимом (Hd 11,0). Общий солевой режим эдафотопы имеет показатель (Tr 5,0), что соответствует небогатым почвам. Азотный режим (Nt 5,5) свидетельствует о бедных азотом почвах. Известно, что содержание азота в почве коррелирует с содержанием органики, и приведенные выше показатели трофности объясняют степень

нитрификации почв местообитаний. Кислотный режим (Rc 3,0) соответствует амплитуде pH от 3,5 до 4,5 и сильно кислым почвам. Перацидофильный режим горно-лесных почв есть результат слабой минерализации и ослабленной деятельности микроорганизмов. Верхний горизонт этих почв – перегнойно-торфянистый; в нем значительно больше разложившихся остатков, чем минеральных частиц.

В растительном покрове преобладают бореальное разнотравье, меньше представлены виды боровой, опушечной групп и неморальных групп.

Возобновления ели и пихты в пределах ПП №3 отмечено не было. Береза повислая представлена инвазивными ценопопуляциями, особи которых соответствуют ювенильному – имматурному возрастным состояниям с характерными морфометрическими признаками, высотой до 20-30 см и приурочены в травяно-кустарничковому ярусу.

Данная ПП с позиций стадий зарастания «окон возобновления» может быть охарактеризована стадией доминирования реактивных древесных видов (Самохина, 1997), а прогнозировать возобновление ценопопуляций ели европейской и пихты сибирской в данный момент не представляется возможным.

ПП № 4 Бореально-высокотравно-березово-костяничная ассоциация. Параметры экологических характеристик местообитания: (Hd 13,00) соответствует влажно-лесолуговому режиму увлажнения почвы; показатель трофности – гликосемиэвтрофному типу солевого режима почв (Tr 6,5); субнитрофильному типу (Nt 6,0) с слабой обеспеченностью почв азотом и слабокислой реакцией среды (Rc 7,00) со значениями pH 5,5-6,5.

Растительный покров представлен видами двух ЭЦГ: как бореальное разнотравье и виды нитрофильной группы (*Equisetum sylvaticum* L., *Maianthemum bifolium* L., *Oxalis acetosella* L.), так и неморальные виды (*Aegopodium podagraria* L., *Asarum europaeum* L., *Stellaria holostea* L.).

В пределах этого участка горельника наблюдается уменьшение увлажнения по сравнению с ПП №1 и отмечается доминирование в ярусе С лесного бореального высокотравья.

В условиях конкуренции с крупными особями видов лесных трав, отличающимися мощными корневыми системами возобновление ели и пихты ограничено. В травяно-кустарничковом ярусе отмечены инвазивные ценопопуляции березы повислой, особи которых соответствуют ювенильному – имматурному возрастным состояниям.

Организация растительного покрова данной ПП представляет «молодое окно» с крупными конкурентными и толерантными видами

опушечных трав и соответствует 2 стадии зарастания окон с образованием парцелл, описанной Т.Ю. Самохиной при изучении пихто-ельников Среднего Урала (Самохина, 1997).

Можно прогнозировать, что образование возрастных парцелл произойдет через 15-20 лет и приведет к смыканию полога подроста деревьев.

Заключение. Восстановительные сукцессии в темнохвойных лесах горельника Чернореченского происходят разными темпами развития особей лесообразующих пород.

Исследования показали, что эдафотопы ПП отличаются режимом увлажнения и кислотности, богатством почв минеральными солями и азотом, поэтому не везде отмечается успешное возобновление пихты и ели. Для этих видов лимитирующими факторами являются увлажнение и трофность почв. Что касается кислотности и обеспеченности почв азотом, то эти факторы индифферентны и их воздействие не оказывает влияние на возобновление.

Анализ горизонтальной организации растительного покрова горельника позволил описать разные этапы «окон возобновления» или стадии зарастания «окон» с образованием парцелл, которые детерминируются эдафотопическими факторами (увлажнение почв и трофность) и биотическими интерференциями.

Список литературы

- Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность.* 2004 / Под ред. О.В. Смирновой. М.: Наука. Кн. 1. 479 с.
- Горичев Ю.П.* 2005. Состояние и естественное возобновление темнохвойных лесов Южного Урала (на примере Южно-Уральского государственного природного заповедника): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. – Уфа. 22 с.
- Заугольнова Л.Б.* 1998а. Верификация балловых оценок местообитания по некоторым параметрам среды / Л.Б. Заугольнова, С.С. Быховец, О.Г. Баринов [и др.] // Лесоведение. № 5. С. 48-58.
- Изучение структуры и взаимоотношений ценопопуляций.* 1986. М.: Изд-во МПГИ им. В. И. Ленина. 74 с.
- Исаев А.С.* 2011. Лес как национальное достояние России // Век глобализации. № 1. С. 148-158.
- Краснощечков Ю.Н.* 2009. Постпирогенная трансформация почв сосновых лесов в югозападном Прибайкалье // Вестн. КрасГАУ. № 9. С. 60-65.
- Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin.* 2008 / Е.В. Зубкова, Л.Г. Ханина, Т.И. Грохлина, Ю.А. Дорогова; Мар. гос. ун-т, Пушкинский гос. ун-т. Йошкар-Ола. 96 с.
- Куликов П.В.* 2005. Конспект флоры Челябинской области (сосудистые

- растения). Екатеринбург; Миасс: «Геотур». 537 с.
- Миронычева-Токарева Н.П.* 1998. Динамика растительности при зарастании отвалов. Новосибирск: Наука. 170 с.
- Методические подходы к экологической оценке лесного покрова в бассейне малой реки.* 2010 / Л.Б. Заугольникова, Т.Ю. Браславская (отв.ред.). М.: Товарищество научных изданий КМК. 383 с.
- Пономарева И.Н.* 1978. Экология растений с основами биогеоценологии. М.: Просвещение. 208 с.
- Самохина Т.Ю.* 1997. Структура и спонтанная динамика хвойно-широколиственных лесов Среднего Урала: дис ... канд. биол. наук. М.: МШИ им. В.И. Ленина. 214 с.
- Титлянова А.А., Романова И.Л., Миронычева-Токарева Н.П.* 1966. Структура растительного вещества степей Убсунурской котловины. // Глобальный мониторинг и Убсунурская котловина. М: Интеллект. С. 15-19.
- Тулохонов А.К., Пуницук С.Д.* 2016. Лесные пожары в Республике Бурятия в условиях изменения климата // Общество: политика, экономика, право. № 3. С. 72-78.
- Цыганов Д.Н.* 1983. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойных широколиственных лесов. М. 196 с.

REGENERATIVE SUCCESSION IN DARK CONIFEROUS FORESTS OF THE CHERNORECHENSKY FOREST IN THE TAGANAI NATIONAL PARK

I.A. Getmanets¹, P.V. Levchenko¹, A.B. Potapkin², P.P. Kudryavtsev²

¹Chelyabinsk State University, Chelyabinsk

²Taganay National Park, Zlatoust

The results of the study of the initial stages of natural reforestation within the territory of Chernorechenskoe burned area after a long-lasting lowland steady fire in 2010 are presented. It is noted that the rates of ontogenesis of individuals of *Picea obovata* Ledeb. and *Abies sibirica* Ledeb. are not the same in the sample areas of the burned area differing in microrelief and edaphotope factors. Assessment of ecological regimes of edapotopes of sample areas was carried out according to the list of species cenopopulations with indication of abundance on 4 phytoindication amplitude scales of D.N. Tsyganov (1983): soil moisture scale (Hd), soil salt regime scale (Tr), soil acidity scale (Rc), soil nitrogen richness scale (Nt) using the computer programme 'EcoScaleWin'. Aggregate habitat scores varied for soil moisture regime, soil mineral salt richness, soil acidity and nitrification. The ecological and cenotic organisation of vegetation cover and ontogenetic states of edificers were used as indicator signs of vegetation development stages in the renewal window. The analysis of mosaicity of the burned area allowed us to identify different stages of development of 'regeneration windows' or stages of overgrowth of 'windows' with the formation of

parcels, which are determined by both edapotopic factors and biotic interference. The forecast of stand formation is presented.

Keywords: *reforestation, post-pyrogenic succession, regeneration windows, age parcels, edaphotope factors.*

Об авторах:

ГЕТМАНЕЦ Ирина Анатольевна – доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой общей экологии, ФГБОУ ВО «ЧелГУ», 454001, Челябинск, ул. Братьев Кашириных, 129, e-mail: igetmanec@mail.ru.

ЛЕВЧЕНКО Павел Владимирович – старший преподаватель кафедры общей экологии ФГБОУ ВО «ЧелГУ», 454001, Челябинск, ул. Братьев Кашириных, 129, e-mail: leoracha@mail.ru.

ПОТАПКИН Андрей Борисович – главный специалист по научной работе и экологическому мониторингу, ФГБУ «Национальный парк «Таганай», 456209, Челябинская область, г. Златоуст, ул. Шишкина, д. 3-а, e-mail: potapkin_ab@taganay.org.

КУДРЯВЦЕВ Павел Павлович – начальник научного отдела ФГБУ «Национальный парк «Таганай», 456209, Челябинская область, г. Златоуст, ул. Шишкина, д. 3-а, e-mail: kudryavcev@taganay.org.

Гетманец И.А. Восстановительные сукцессии в темнохвойных лесах горельника чернореченского в национальном парке «Таганай» / И.А. Гетманец, П.В. Левченко, А.Б. Потапкин, П.П. Кудрявцев // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2024. № 3(75). С. 113-122.

Дата поступления рукописи в редакцию: 12.06.24

Дата подписания рукописи в печать: 01.09.24