

УДК 582.47:58.05:630.181

КАК ВОССТАНАВЛИВАТЬ СТАРЕЮЩИЕ НАСАЖДЕНИЯ?

Рогозин М.В.

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь,
e-mail: rog-mikhail@yandex.ru*

Изучено 184-летнее насаждение сосны 1-го класса бонитета с полнотой 0,93 на площади 2,2 га. На план размещения живых (735 шт.) и отпавших (343 шт.) деревьев наносили малые геоактивные зоны (два типа – благоприятные зоны и два – патогенные зоны) с использованием метода биолокации. Проведена градуировка взаимодействия деревьев по расстоянию между ними по шести градациям, после которой выделили окна, всего 77 шт. В качестве единицы взаимодействия деревьев использовали среднее теоретическое расстояние между деревьями, равное 5,4 м. При этом реальное расстояние до ближних соседей составило в среднем 3,15 м. К окнам относили места с расстоянием между деревьями от 8,76 м, и в каждом окне могло поместиться не менее одного дерева с указанным средним расстоянием до соседей. Выяснено, что такие окна занимают 40% площади и их образование в 94% случаев вызвали три фактора: отсутствие вблизи центра окна благоприятных геоактивных зон (47% случаев), наличие патогенных зон (44% случаев) и естественный отпад деревьев по причине их слабой конкурентоспособности (3% случаев). На долю неустановленных факторов образования окон приходится 6% случаев, вызванных, вероятно, поселением подлеска либо отсутствием всходов сосны на месте будущих окон. Исходя из этого, окна и прогалины являются плохими местами для развития подроста и создания культур под пологом насаждения. На них практически отсутствуют (в 94% случаев) геоактивные зоны, благоприятные для поселения деревьев. Успешное развитие лесных культур в окнах возможно при условии, если предварительно будут определены места расположения таких зон. Можно также использовать крупные старые пни (метод посадки культур между лапами пней, известный лесоводам). Такие пни безошибочно укажут на места благоприятных геоактивных зон.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, древостой, структура, лесовосстановление

HOW TO RESTORE AGING PLANTINGS?

Rogozin M.V.

Perm State National Research University, Perm, e-mail: rog-mikhail@yandex.ru

Studied 184 – year-old pine stand 1st class bonita with a completeness of 0.93 on an area of 2.2 hectares. A plan was drawn up to accommodate 735 live and 343 fallen trees. Small geoactive zones (two types – favorable and two – pathogenic zones) were applied to this plan using the method of biolocation. Grading of interaction of trees on distance between them on six gradations then allocated Windows, all 77 pieces. As unit of interaction of trees used the average theoretical distance between trees equal to 5.4 m is carried out. Thus the real distance to near neighbors made on the average 3.15 m. The windows included places with a distance between trees of 8.76 m, and each window could fit at least 1 tree with a specified average distance to neighbors. It was found that such windows occupy 40% of the area and their formation in 94% of cases was caused by three factors: the absence of favorable geoactive zones near the center of the window (47% of cases), the presence of pathogenic zones (44% of cases) and the natural decay of trees due to their weak competitive ability (3% of cases). The share of unidentified factors of formation of windows accounts for 6% of cases caused, probably, by the settlement of undergrowth or the lack of shoots of pine on the site of future windows. Based on this, windows and glades are bad places for the development of undergrowth and the creation of forest culture under the canopy of planting. There are practically no geoactive zones on them (in 94% of cases), favorable for the settlement of trees. The successful development of forest crops in the windows is possible provided that the locations of such zones are determined beforehand. You can also use large old stumps (a method of planting crops between the legs of stumps, known to foresters). Such stumps will unmistakably indicate the location of favorable geoactive zones.

Keywords: Scots pine, stand, structure, reforestation

Вопрос о замене старых насаждений актуален в лесах, где сплошные рубки не применяют. Для этого целесообразно использовать прогалины и окна, которые можно заполнить содействием естественному возобновлению леса, а также создавая лесные культуры. Однако культуры могут быть неудачными, а надежды на возобновление целевой породой нередко оборачиваются появлением второстепенных пород. Ранее мы выяснили, что даже при высокой полноте прогалины и окна в спелом насаждении сосны занимают более 30% территории. Их наличие – вполне обычное явление, и они

присутствуют также и в насаждениях, используемых в том числе в качестве стандартов высокой полноты [1].

При изучении структуры лесных насаждений применяют целый спектр методов и сложные пространственные модели [2, 3], в том числе изучение сукцессий после пожаров [4] и иных воздействий с возмущениями структуры и образованием прогалин, их заполнение подростом, выход пород в верхний ярус и их подчинение другим породам [5]. Для использования моделей в лесном хозяйстве нужно знать силу факторов, влияющих на модель, включая модели ди-

намики лесных прогалин (концепция «гар-динамики») [6, 7]. Однако увлечение такими моделями заводит объяснение их действия в некий логический тупик. Разные типы структуры насаждений известны давно, но до понимания, *почему* они образуются, дело не доходит. Неясно, какие факторы формируют случайный, а какие кластерный типы поселения деревьев. Происходит лишь фиксация этих типов, где фактором их образования принимается обычно конкуренция за свет [3, 8].

Между тем изучение структуры насаждений показало, что при наличии, с одной стороны, плотных био групп, а с другой – окон и прогалин объяснить их образование одними только конкурентными моделями взаимоотношений между деревьями невозможно. Так, влияние локальной густоты микроценозов на размер деревьев, рассчитанное тремя методами на площади 2,16 га в старом сосновом древостое, не превышало по своей силе 10 %. В совокупности с влиянием генотипа, которое по литературным источникам равно примерно 30 %, эти два влияния обуславливают размеры дерева приблизительно на 40 % [1]. Из этого следует, что нам остается неизвестной большая часть (возможно, более 60 %) факторов, влияющих на размеры дерева в насаждениях с однородными экологическими условиями.

В связи с этим следует приветствовать усилия по выяснению степени и характера влияния этих неизвестных факторов, которыми могут быть, например, особенности литологии, а также геодинамические активные зоны нескольких типов [9].

Цель данной работы: выяснить факторы, влияющие на появление окон и прогалин в количественном выражении и дать рекомендации по использованию этих факторов при восстановлении стареющих насаждений молодым поколением леса.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены в перестойном насаждении сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) первого класса бонитета в лесах г. Перми, в кв. 61 Нижне-Курьинского участкового лесничества на площади 2,2 га. Массив леса выбрали как наилучший по состоянию после обследования всех лесов в окрестностях г. Перми. Структура его оказалась не нарушена, так как вывозку древесины от санитарных рубок проводили по просветам между деревьями. По нашим наблюдениям, в 2003 г. массив был пройден ветровалью с вывалом 7 % деревьев. Возраст определили по кернам у 21 дерева, и в среднем он составил 184 года, с колебаниями

от 174 до 195 лет. Массив разделили на два равных участка, и их таксационная характеристика осенью 2017 г. была следующая.

Участок «Южный» – состав 10СедЕ, возраст 184 года, средняя высота 32,1 м, средний диаметр 39,8 см, тип леса сосняк кисличниковый с преобладанием 70 % черники и 30 % брусники, класс бонитета 1, абсолютная полнота 42,8 м²/га, относительная полнота 0,91, запас 614 м³/га. Если же учесть 28 ветровальных деревьев, то по отношению к ныне имеющимся (376 шт.) их число и, соответственно, полнота и запас могли бы увеличиться на 7,4 % и составить 660 м³/га при полноте 0,98. Текущая густота 339 шт/га.

Участок «Северный» имеет тот же состав, возраст и близкий тип леса – сосняк кисличниковый, но здесь уже явно преобладает черника (95 %), что свидетельствует о более влажных условиях. Средняя высота 33,5 м, средний диаметр 42,1 см. Густота древостоя меньше на 6 %, но полнота выше и достигает 0,95, запас 655 м³/га. Если же учесть 27 ветровальных деревьев, что составляет 7,5 % к ныне живым деревьям, то по отношению к ним (359 шт.) их число, полнота и запас могли бы увеличиться на 6,5 % и составить 700 м³/га при полноте 1,01. Текущая густота 324 шт/га.

На обоих участках единично встречается ель в возрасте 120 лет с диаметрами 20–45 см, образующая невыраженный второй ярус. Есть подрост ели высотой 3–6 м в возрасте 35 лет в количестве до 100 шт/га, появившийся после низового пожара в 1982 г. Санитарное состояние – с плодовыми телами гриба сосновая губка обнаружено 9,7 % деревьев.

Всего на план нанесли 735 живых и 343 отпавших дерева.

Методика полевых работ. У каждого из деревьев измеряли окружность ствола и по нему рассчитывали диаметр, наносили на деревья порядковые номера и составили план их размещения, а также план размещения отпавших деревьев, с точностью ±10–35 см в масштабе 1:100. Затем, используя этот план, наносили на него геоактивные зоны и сети пяти типов, применяя метод биолокации [9]. План оцифровали в программе «ArcMap-ArcView», и далее все измерения расстояний между деревьями проводили уже на нем. Методика выделения окон и прогалин (далее просто окна) определялась градуировкой расстояний между деревьями. Такая градуировка представляла из себя шесть градаций или уровней взаимодействия между деревьями, где в качестве единицы использовали среднее «теоретическое» расстояние между деревьями,

определяемое исходя из густоты данного насаждения и равное 5,4 м [5, с. 57]. Для всех шести градаций составили отдельные слои (шейп-файлы) карты. К окнам относили градацию с расстоянием между деревьями от 8,76 м и более, где взаимодействие деревьев по квадрату расстояния снижалось до 16% и менее от среднего уровня. Между тем реальное среднее расстояние между соседствующими деревьями, например, на участке «Южный», было определено равным 3,15 м, т.е. оно оказалось намного меньше, чем «теоретическое» среднее расстояние, из-за наличия большого числа окон и прогалов. В выделенных окнах с поперечником от 8,76 м вполне могли бы разместиться по 1–2 дерева и более с расстоянием до соседей, близким и даже большим, чем указанное реальное среднее расстояние до соседей. Границы окна проводили на плане по центрам оснований стволов окружающих деревьев.

Обработка результатов включала определение показателей корреляции и аппроксимации для связей показателей отпада сосны в окнах с размером этих окон и анализ частоты встречаемости в окнах малых геоактивных зон [9], из которых два типа относились к патогенным зонам Хартмана и Курри и два – к благоприятному типу.

Результаты исследования и их обсуждение

Для каждого из 77 выделенных окон определяли его площадь и коррелировали ее с числом отпавших деревьев. Эта связь оказалась слабой ($r = 0,31$) при показателе аппроксимации полинома 2-й степени $R^2 = 0,103$. Этот показатель объясняет

нам, что повышение числа погибающих деревьев в каком-либо месте не является главной причиной образования окон, так как действует с силой всего лишь 10,3%. На диаграмме видно, что максимальные окна образовались как при отпаде 1–2, так и 5–7 шт. деревьев (рис. 1).

Применили также и другой, более простой способ для оценки силы влияния фактора отпада деревьев на появление окон. Отпавшие деревья (сухие деревья и старые пни с разной степенью разложения) были обнаружены в 60 окнах из 77; они располагались близко к центру окна в 36 окнах (в 47% случаев), и если бы дерево сохранилось, то окно было бы «закрыто», так как расстояние до соседей оказалось бы меньше норматива в 8,76 м.

Обе полученные оценки (10,3% и 47%) отражают силу влияния ценотического фактора (появление отпавших деревьев) на образование окон. Однако последняя оценка более адекватно вскрывает причину их образования как мест, где ранее деревья росли, но по каким-то причинам погибли и выпали.

Окна с погибшими вблизи их центров деревьями заинтересовали нас более всего как места, которые могли быть неблагоприятны изначально [1, 9, 10], и депрессия роста сосны на них могла быть обусловлена влиянием патогенных зон и их сетей [11]. В настоящее время такие сети успешно определяют уже не только биолокацией, но и объективными методами контроля, например наложением на патогенные полосы и зоны сети Хартмана фотоматериалов и засвечиванием их гамма-излучением этих полос и зон [12].

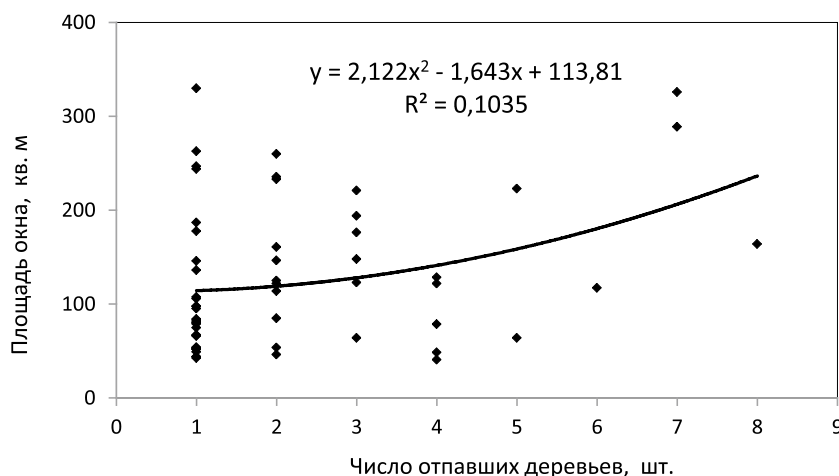


Рис. 1. Влияние числа отпавших деревьев на площадь окон в насаждении сосны

На участке «Южный» на площади 11090 м² нами было учтено 313 усиленных патогенных зон из сетей Хартмана и Курри, с радиусом сильного депрессивного действия на сосну, соответственно 0,4 и 1,2 м. На этом участке одна зона размещалась в среднем на площади 35,4 м². Из всех 313 зон 125 размещались в 38 окнах, с общей площадью 4422 м². Отсюда получаем, что в окнах на одну патогенную зону приходилась в среднем точно такая же площадь: $4422/125 = 35,4$ м². То есть и в окнах, и в среднем по участку плотность усиленных патогенных зон Хартмана и Курри оказалась одинакова.

Выше отмечалось, что в 47% случаев отпавшие на обоих участках деревья располагались близко к центру в 36 окнах. Таких отпавших деревьев было учтено 58 шт., но только два дерева были обнаружены на нейтральных местах всего лишь в двух окнах. В остальных 34 окнах буквально все отпавшие 56 деревьев размещались в радиусе действия усиленных, а также обычных по размерам патогенных зон Хартмана и Курри. То есть из всех 77 случаев образования окон в 34 случаях (44,2%) окна образовались вследствие гибели деревьев на патогенных зонах; гибель двух деревьев по другим естественным причинам послужила

причиной образования окон еще в двух случаях (2,6%). То есть окна образовывались в результате действия фактора отпада деревьев всего в 46,8% случаев.

Далее выясняли расположение в окнах благоприятных геоактивных зон с диаметрами 1,0 и 3,0 м. Такие их диаметры мы определили ранее при изучении ели в 21-летних культурах [9]. В настоящее время известно, что на них формируются крупные деревья самых разных лесных пород [13]. Поэтому такие зоны можно использовать для «вставки» молодых деревьев в пустующие окна, например, посадкой лесных культур. В данном насаждении после специального анализа параметры их благоприятного влияния оказались отличными от их влияния на ель, и для сосны были определены для этих двух зон равными 1,5 и 1,9 м.

Анализ территории показал, что на обоих участках были расположены 534 зоны указанных двух типов, но только 28 из них (5,2%) были в местах выделенных 77 окон. Эта частота в 5 раз меньше, чем площадь всех окон, которая составила 40,9% площади изученного насаждения. При этом только в 5 окнах (в 6,5% случаев) эти зоны располагались близко к центру окна и полностью «закрывали» бы окно в том случае, если бы там поселились и сохранились деревья.

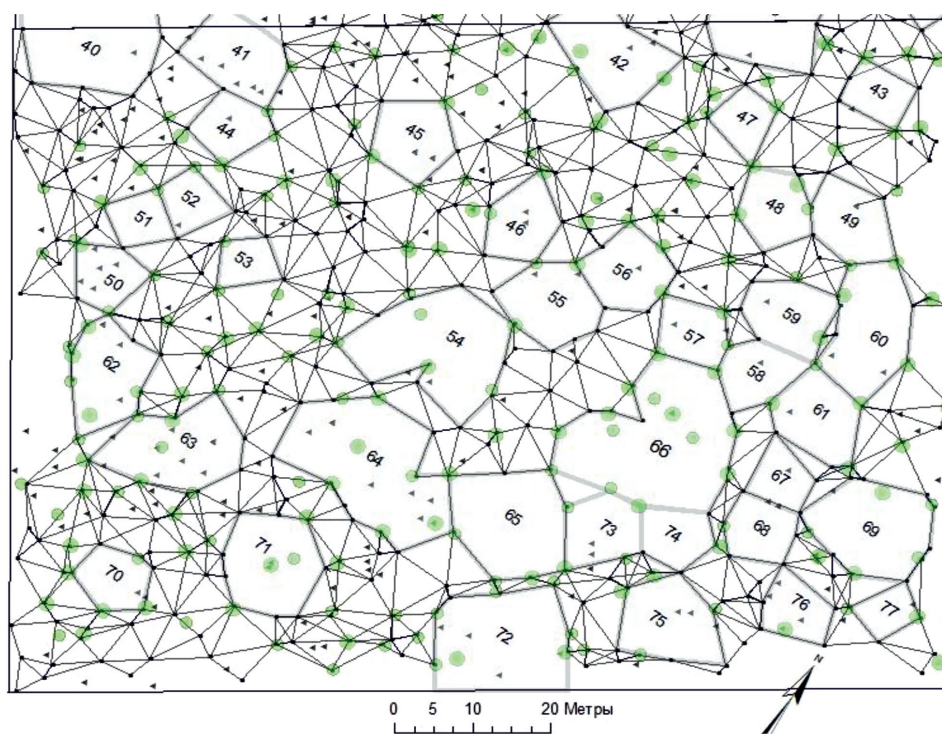


Рис. 2. Окна и прогалины в 170-летнем насаждении сосны: круглые точки – живые, треугольные – отпавшие деревья; зеленые круги – благоприятные геоактивные зоны

Еще 5 окон при возможном поселении сосны на таких зонах сокращали бы свой размер примерно на 35–50 %, однако окно все же оставалось бы существовать, и еще 4 больших окна делились на две части, каждая из которых становилась самостоятельным окном меньших размеров. То есть было зафиксировано наличие благоприятных зон вблизи центров окон лишь в 6,5 % случаев и отсутствие таких зон в остальных 93,5 % случаев. В результате «фактор отсутствия» благоприятных зон оказывался самой сильной причиной образования окон и прогалин в древостое. Этот необычный фактор действует совместно с фактором влияния патогенных зон, о которых говорилось выше, и на долю влияния которых падает 44 % случаев образования окон.

Следует отметить также, что, несмотря на долгий период существования некоторых окон, превышающий 50–60 лет, расположение и густота подроста ели в них существенно не отличались от других частей насаждения. Возможно, дело было просто в малом его количестве (50–100 шт/га) и неравномерном размещении.

Важно отметить, что в подобном количественном аспекте образование прогалин и окон другие исследователи ранее не обсуждали, так как априори считалось, что они появляются исключительно только в результате отпада деревьев по естественным причинам, под которыми чаще всего подразумевали конкурентное давление соседей. Наши исследования показали, что так бывает далеко не всегда, а только в 47 % случаев, причем в 44 % случаев отпад деревьев был вызван их развитием на патогенных геоактивных зонах.

В качестве примера покажем карту половинки изученного массива сосны (участок «Южный») с живыми и отпавшими деревьями по состоянию на 2003 г., т.е. до ветровала в возрасте 170 лет, и расположение геоактивных зон двух типов с диаметром благоприятного влияния на сосну 1,5 и 1,9 м (рис. 2).

Таким образом, в структуре спелого древостоя сосны на площади до 40 % образуются окна и прогалины с расстоянием между деревьями 8,76 м и более, и их образование обуславливает в подавляющем большинстве случаев фактор влияния малых геоактивных зон, а фактор естественного отпада деревьев под влиянием конкуренции не является главным. Подводя итог расчетам с округлением их результатов до целых процентов, можно констатировать, что практически все погибавшие при обра-

зовании окон деревья (97 %) размещались на патогенных зонах Хартмана и Курри, и по этой причине образовалось 44 % окон. Еще 47 % окон образовались из-за отсутствия вблизи центра будущего окна благоприятных геоактивных зон с диаметром комфортного влияния на сосну 1,5 и 1,9 м. Еще 3 % окон образовались в результате отпада деревьев, вероятно, по причине их слабой конкурентной способности. Остальные 6 % окон образовались из-за отсутствия поселения сосны вблизи центра окна при наличии, однако, комфортных для нее условий, т.е. благоприятных геоактивных зон. Вероятно, в этих благоприятных местах мог поселиться подлесок, который помешал поселиться сосне, и до возраста 184 лет он не сохранился, либо в этих местах молодые деревья сосны не поселились изначально.

Заключение

В 184-летнем древостое сосны в 94 % случаев образование окон и прогалин вызывали три фактора: отсутствие вблизи центра будущего окна благоприятных геоактивных зон (47 %), наличие вблизи центра окна патогенных зон (44 %) и естественный отпад деревьев по причине их слабой конкурентной способности (3 %). На неустановленные факторы приходилось 6 % случаев, вызванных, вероятно, отсутствием всходов сосны. Исходя из этого, окна являются плоскими местами для создания культур. На них почти отсутствуют благоприятные геоактивные зоны. Посадка культур в них возможна при условии, если предварительно будут определены места расположения таких зон. Можно также использовать крупные старые пни, которые безошибочно укажут на них.

Список литературы

1. Рогозин М.В. Структура древостоев: конкуренция или партнерство? Пермь: ПГНИУ, 2019. 223 с.
2. Грабарник П.Я. Анализ горизонтальной структуры древостоя: модельный подход // Лесоведение. 2010. № 2. С. 77–85.
3. Усольцев В.А. Продукционные показатели и конкурентные отношения деревьев. Исследование зависимостей. Екатеринбург: УГЛТУ. 2013. 556 с.
4. Ставрова Н.И., Горшков В.В., Каютин П.Н. Формирование структуры ценопопуляций лесообразующих видов в процессе послепожарного восстановления северотаежных лесов // Труды Карельского научного центра РАН. 2015. № 12. С. 1–9.
5. Omelko A., Ukhvatkina O., Zhmerenetsky A., Sibirina L., Petrenko T., Bobrovsky M. From young to adult trees: How spatial patterns of plants with different life strategies change during age development in an old-growth Korean pin-broadleaved forest. Forest Ecology and Management. 2018. Vol. 411. P. 46–66.

6. Карев Г.П. Эргодические свойства стационарных состояний лесных экосистем // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 1999. Вып. 17. С. 122–141.
7. Кислов Д.Е., Прилуцкий А.Н., Брижатая А.А. Статистический анализ неоднородности горизонтальной структуры древостоев // Поволжский экологический журнал. 2015. № 3. С. 268–276.
8. Бузыкин А.И., Гавриков В.Л., Секретенко О.П., Хлебоброс Р.Г. Анализ структуры древесных ценозов. Новосибирск: Наука, 1985. 94 с.
9. Рогозин М.В. Лесные экосистемы и геобиологические сети. Пермь: ПГНИУ, 2016. 171 с.
10. Демаков Ю.П. Структура и закономерности развития лесов республики Марий Эл. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2018. 432 с.
11. Марченко И.С. Биополе лесных экосистем. Брянск: БГИТА, 1995. 188 с.
12. Агбалян Ю.Г. Глобальная энергетическая сеть Хар-тмана. Мифы и реальность // Сознание и физическая реальность. 2009. № 12. С. 14–20.
13. Рогозин М.В., Михалев В.В., Рыбальченко А.Я., Копылов И.С. Оценка влияния неотектоники на лесные экосистемы и на ориентацию сетей из малых геоактивных зон // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2019. Вып. 2 (39). С. 23–31.