

та и обязательно, чтобы не было спеков в восстановительной зоне и не могли образоваться настыли.

Нами проведены экспериментальные исследования влияния различных покрытий на качество окатышей в печи металлзации. Из используемых в качестве покрытий цемента, гашеной извести, хлорида кальция, шлака ОЭМК и магнезии наиболее эффективным является хлорид кальция и магнезия, но в связи с тем, что хлорид кальция может вступать в реакцию с водородом при восстановлении, и в результате образуется соляная кислота, которая вызывает ускоренную коррозию металла, а магнезия является дорогостоящим веществом, то следующим покрытием по эффективности является шлак ОЭМК.

Список литературы

1. Настыли в доменных печах: Сб. статей. – М.: Metallurgizdat, 1953. – 340 с.
2. Введение в процесс HYL III. Информационный документ для обучения. – Т. I.
3. Чернятин А.Н., Китаев Б.И. Влияние характера шихтовых материалов на теплообмен в слое // Труды УПИ: сб. 73. – Metallurgizdat, 1958.
4. Некоторые аспекты технологии нанесения покрытий на окатыши, предназначенные для процессов прямого получения железа // Информ.-аналит. журнал / учредитель – Известия высших учебных заведений «Сталь». – 2003. – № 9. – М.: Металлургия. – С. 15–17.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ЛЕСОВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА И ПРОЕКТИВНОГО ПОКРЫТИЯ ЛЕСНЫХ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ НА ВЫРУБКАХ ПРИАНГАРЬЯ

Савченкова В.А.

ГОУ ВПО «Братский государственный университет», Братск

Живой напочвенный покров оказывает существенное влияние на начальные стадии формирования леса. С целью изучения динамики изменения живого напочвенного покрова на различных типах вырубках в районах Приангарья проведены исследования на постоянных и временных пробных площадях. Исследования проводились по стандартным методикам с опи-

санием видов кустарничково-травянистых и мхово-лишайниковых растений, их проективного покрытия, обилия, жизненности вида, характера распространения по площади. По результатам учета проведен сравнительный анализ.

Ежегодные наблюдения позволяют выявить динамику покрытия вырубок той или иной группой травянистых растений, установить закономерности возобновления, связанные с доминирующими видами. Как показали исследования, этот процесс можно разделить на три стадии: адаптации и формирования, естественного изреживания, стабильного состояния. В зависимости от типа вырубки и исходного типа леса время формирования 1, 2 и 3 этапов, а соответственно стадий будет отличаться (табл. 1).

Для каждой стадии схемы восстановления исходного типа леса характерны определенные процессы лесовосстановления и формирования биогеоценоза, в соответствии с которыми были построены различные типы моделей и выбраны наиболее значимые.

На основании проведенных исследований для оценки лесовосстановительного процесса использован показатель проективного покрытия лесных травянистых растений (x), который учитывает происходящие на вырубках изменения с течением времени.

1 стадия – адаптации и формирование. Эта стадия в процессе исследования разбита на три этапа.

Для первого этапа характерно резкое снижение проективного покрытия лесных травянистых растений, увеличение притока светового излучения, усиление воздействия ветра и резких перепадов температур в приземных слоях воздуха; появление самосева хозяйственно ценных пород.

На этом этапе (возраст вырубки до 1 года) на формирование будущего насаждения оказывают влияние эксплуатационные факторы. Чтобы объединить показатели с различной размерностью, применена система относительных оценок: M – запас древостоя относительно среднего эксплуатационного запаса по району исследования; C – количество молодняка до рубки относительно среднего количества подраста под пологом леса по району исследования; V – объем хлыста относительно среднего объема хлыста по району исследования; A – возраст молодняка относительно среднего возраста молодняка по району исследования; h – высота молодняка относительно средней высоты молодняка по району исследования; $V_{\text{п}}$ – объем пачки относительно среднего объ-

ёма пачки при рассматриваемой технологии; B – ширина волока рассматривается как отношение фактической ширины волока к нормативной; b – ширина пачки относительно средней ширины пачки при рассматриваемой технологии; f – степень минерализации почвы относительно общей площади вырубki; L – длина волока рассматривается как отношение фактической длины волока к среднему расстоянию трелёвки при рассматриваемой

технологии; N – количество проходов трактора рассматривается как отношение фактического количества проходов трактора к теоретическому, то есть соотношению среднего расстояния трелёвки и количества пачек на волоке; n – количество деревьев в пачке рассматривается как количество деревьев в пачке среднего объёма при рассматриваемой технологии; d – доля неблагонадёжного молодняка относительно количества молодняка после рубки.

Таблица 1

Изменение проективного покрытия во времени (с течением времени)

Группа типов вырубok	Стадии лесовозобновительного процесса	Этапы лесовозобновительного процесса	Период времени после сплошной рубки леса (лет)	Проективное покрытие лесных травянистых растений, %
Лишайниково-брусничная	1	1	До 1	До 30-35
		2	До 10-20	До 20-40
3		До 20-40	До 40-55	
Зеленомошно-разнотравно-брусничная	2		До 40-60	До 85-100
	1	1	До 1	До 25
2		До 10-20	До 10-20	
3		До 20-40	До 20-35	
Кипрейно-разнотравная	2		До 40-60	До 65-85
	1	1	До 1	До 10
2		До 10-20	3-12	
3		До 20-40	10-15	
Разнотравная	2		До 40-60	45-65
	1	1	До 1	До 10
2		До 10-20	2-10	
3		До 20-40	10-15	
Вейниковая	2		До 40-60	40-60
	1	1	До 1	До 1
2		До 10-20	0,1-0,7	
3		До 20-40	5-10	
	2		До 40-60	35-50

На основании проведенных исследований для оценки лесовосстановительного процесса на втором и третьем этапах использован показатель проективного покрытия лесных травя-

нистых растений (x), который учитывает происходящие на вырубках изменения с течением времени. В общем виде данный процесс можно выразить:

$$x = (k_1 \cdot W + k_2 \cdot C + k_3 \cdot V_n + k_4 \cdot A + k_5 \cdot h) \times (k_6 \cdot V + k_7 \cdot B + k_8 \cdot b + k_9 \cdot f + k_{10} \cdot L + k_{11} \cdot N + k_{12} \cdot n + k_{13} \cdot d + k_{14} \cdot p). \quad (1)$$

При построении моделей регрессии происходит столкновение с проблемой мультиколлинеарности, под которой понимается тесная зависимость между факторными признаками, включенными в модель. Мультиколлинеарность существенно искажает результаты исследования. Так, при рассмотрении таких факторов как длина волокна (l), объём пачки (V), ширина волокна (B), количество проходов трактора (N), ширина пачки (e), количество деревьев в пачке (n), имел место факт превышения парного коэффициента корреляции 0,5.

Устранение мультиколлинеарности может реализовываться через исключение из корреляционной модели одного или нескольких линейно-связанных факторных признаков или преобразование исходных факторных признаков в новые, укрупнённые факторы.

Для оценки значимости входящих в модель факторных признаков, т.е. выяснения, как они влияют на величину результативного признака, использованы коэффициенты регрессии. Чем больше величина коэффициента регрессии, тем значительнее влияние данного признака на моделируемый.

Проблема отбора факторных признаков для построения моделей взаимосвязи может быть решена на основе эвристических (интуитивно-логических) методов анализа.

Наиболее приемлемым способом отбора факторных признаков является шаговая регрессия (шаговый регрессионный анализ). Факторы поочерёдно вводились в уравнение так называемым «прямым методом». При проверке значимости введённого фактора определялось, насколько уменьшается сумма квадратов остатков и увеличивается величина множественного коэффициента корреляции. Одновременно использован и обратный метод, т.е. исключение факторов, ставших незначимыми на основе t -критерия Стьюдента.

По результатам корреляционного анализа определено, что наиболее тесные связи с учётом мультиколлинеарности между (результативным признаком) проективным покрытием лесной травянистой растительностью и факторными признаками: высотой молодняка, степенью минерализации почвы, запасом древостоя на 1 га и объёмом хлыста срубаемого древостоя.

Наибольшее соответствие исходным данным прослеживается по результатам модели:

$$\alpha = -3,944 + \frac{0,224}{h} + \frac{1,349}{W} + \frac{0,699}{f} + \frac{1,02}{V} - \frac{0,027}{h^2} + \frac{0,18}{W^2} + \frac{1,494}{f^2} + \frac{0,034}{V^2}, \quad (2)$$

Одной из наиболее эффективных оценок адекватности регрессивной модели, мерой качества уравнения регрессии, характеристикой прогностической силы анализируемой регрессионной модели является коэффициент детерминации R^2 .

Чем ближе R^2 к единице, тем лучше регрессия аппроксимирует эмпирические данные, тем тес-

нее наблюдения примыкают к линии регрессии. Коэффициент детерминации рассматриваемой модели $R^2 = 0,93$, что указывает на сильную зависимость между входным и выходным параметром. Таким образом, результат не является случайным.

Если известен коэффициент детерминации R^2 , то критерий достоверности уравнения регрессии может быть записан в виде

$$F = \frac{R^2 \cdot (n - p - 1)}{(1 - R^2) \cdot p} > F_{\alpha; k_1; k_2}; \quad (3)$$

$$F = 83 > 2,76. \quad (4)$$

На основании проведенных расчетов можно заключить, что уравнение регрессии значимо и исследуемая зависимая переменная α достаточно хорошо описывается включенными в регрессионную модель переменными h, W, f, V .

Средняя ошибка аппроксимации показывает среднее отклонение расчетных данных от фактических и в данном случае близка к нулю.

Всякая интерпретация начинается со статистической оценки уравнения регрессии в

целом и оценки значимости входящих в модель факторных признаков, т.е. с выяснения, как они влияют на величину результирующего признака. Чем больше величина коэффициента регрессии, тем значительнее влияние данного признака на моделируемый признак.

Для оценки степени влияния факторных признаков на результирующий признак применен частный коэффициент эластичности, определяемый по формуле

$$\Theta_{x_i} = a_i \cdot \frac{x_i}{y_i}, \quad (5)$$

где x_i – среднее значение соответствующего факторного признака; y_i – среднее значение результирующего признака; a_i – коэффициент регрессии при соответствующем факторном признаке.

Коэффициент эластичности показывает, на сколько процентов в среднем изменится значение результирующего признака при изменении факторного признака на 1 %. При расчёте коэффициента эластичности по исходным данным зависимости между проективным покрытием лесными травянистыми растениями (α) и высотой молодняка (h), степенью минерализации почвы (f), запасом древостоя на 1 га (W) и средним объёмом хлыста (V) вырубемого древостоя получены следующие результаты:

1. При увеличении высоты молодняка на 1 % проективное покрытие снизится на 0,23 %;

2. При увеличении степени минерализации почвы на 1 % проективное покрытие снизится на 0,39 %;

3. При увеличении объёма хлыста, срубемого древостоя, на 1 % проективное покрытие снизится на 1,32 %;

4. При увеличении запаса древостоя на 1 % проективное покрытие снизится на 1,57 %.

Для второго этапа характерно развитие густого покрова светолюбивых луговых травянистых растений, в некоторых случаях задержание; наличие изреженного мохового покрова, адаптированных видов лесных травянистых растений в угнетённом состоянии; значительное снижение самосева навейниковых и разнотравных типах вырубков. На этом этапе (возраст вырубки до 10–20 лет) на формирование будущего насаждения оказывают влияние эдафические факторы: плотность (q), порозность (p), минерализация (f), влажность почвы (w), уровень ее плодородия (g), степень предрасположенности почвы к задержанию (z).

На втором этапе в общем виде проективное покрытие можно выразить уравнением:

$$x = k_1 \cdot f + k_2 \cdot w + k_3 \cdot g + k_4 \cdot p + k_5 \cdot q + k_6 \cdot z. \quad (6)$$

Наибольшее соответствие исходным данным прослеживается по результатам модели:

$$x = 0,36646 - 0,36397 \cdot z. \quad (7)$$

Коэффициент детерминации рассматриваемой модели $R^2 = 0,97$, что указывает на сильную зависимость между входным и выходным параметром. Таким образом, результат не является случайным.

При расчёте коэффициента эластичности по исходным данным установлено, что при увеличении уровня задержания почвы на 1 % проективное покрытие снизится на – 0,08 %.

Для оценки эффективности или информационной ценности полученной многофакторной регрессионной модели вычислен критерий значимости уравнения регрессии $F = 1334,1$.

Для третьего этапа характерно смыкание крон. Вследствие затенения от сомкнувшихся крон молодняка исчезают светолюбивые луговые травянистые растения, остаются теневыносливые и начинают произрастать лесные виды. В просветах древесного полога живой напочвенный покров представлен крупнотравьем и разнотравьем. В местах, где были проложены трелевочные волоки густо произраста-

ют лиственные породы, под пологом которых, в зависимости от типа вырубок, возобновляются хозяйственно ценные породы. На этом этапе (возраст вырубки 20-40 лет) на формирование проективного покрытия лесной травянистой растительности оказывают влияние лесоводственные факторы: породный состав молодняка (s), его количество на 1 га (n), размещение молодняка (r), его возраст (a) и высота (h).

На третьем этапе в общем виде естественное лесовосстановление можно выразить уравнением:

$$x = k_1 \cdot s + k_2 \cdot n + k_3 \cdot r + k_4 \cdot a + k_5 \cdot h. \quad (8)$$

Наибольшее соответствие исходным данным прослеживается по результатам модели:

$$x = 1,2945 - 1,42607 \cdot n + 0,4905 \cdot r + 1,7336 \cdot \ln(n) - 0,2842 \cdot \ln(r) + 0,6713 \cdot \ln(n)^2 + 0,1156 \cdot \ln(r)^2 \quad (9)$$

Коэффициент детерминации рассматриваемой модели $R^2 = 0,96$, что указывает на сильную зависимость между входным и выходным параметром.

При расчёте коэффициента эластичности по исходным данным установлено, что при увеличении количества молодняка на 1 % проективное покрытие снизится на 5,5 %; при увеличении показателя размещения молодняка на 1 % проективное покрытие увеличится на 2,57 %.

Для оценки эффективности или информационной ценности полученной многофакторной регрессионной модели вычислен критерий значимости уравнения регрессии $F = 178,2$.

Вторая стадия – естественного изреживания (возраст насаждения 40-60 лет). Характе-

ризуется стабильными микроклиматическими условиями, увеличением проективного покрытия лесных видов травянистых растений, изменением структуры лесной подстилки. В связи с дифференциацией деревьев по мере увеличения возраста и размеров особей молодого поколения леса наблюдается процесс естественного изреживания. В результате отпада менее жизнеспособных деревьев создаются лучшие условия для оставшихся на корню. Проведенные исследования позволили сделать вывод, что наиболее значимым фактором, влияющим на возобновление лесонасаждения на данной стадии, будет плотность стояния деревьев на 1 га.

Наибольшее соответствие исходным данным прослеживается по результатам модели:

$$x = 5,7494 - 5,5394 \cdot r + 3,7414 \cdot \ln(r) + 0,9319 \cdot \ln(r)^2 \quad (10)$$

Коэффициент детерминации рассматриваемой модели $R^2 = 0,97$, что указывает на сильную зависимость между входным и выходным параметром. Таким образом, результат не является случайным.

При расчёте коэффициента эластичности по исходным данным установлено, что при увеличении количества молодняка на 1 % проективное покрытие снизится на 4,73 %.

Для оценки эффективности или информационной ценности полученной многофакторной регрессионной модели вычислен критерий значимости уравнения регрессии $F = 1785,4$.

Третья стадия – сформированного производного типа леса (возраст насаждения 60–160 лет). На данной стадии все компоненты насаждения достигают стабильного положения.

К возрасту 60 лет формирование насаждения завершается. Древостой вступает в генеративную стадию.

Как показали исследования (кластерный анализ), на территории Приангарья в настоящий период наблюдается смена древесных пород:

1. Насаждения с преобладанием сосны на сосновые или смешанные с преобладанием сосны насаждения.

2. Насаждения с преобладанием лиственницы на смешанные с преобладанием сосны или темнохвойных пород.

3. Темнохвойные насаждения на смешанные с преобладанием темнохвойных или лиственных пород.

4. Лиственные насаждения на смешанные с преобладанием лиственных пород.

Каждая стадия лесовосстановительного процесса представляет собой самостоятельный биогеоценоз. Рассматривать лесообразо-

вательный процесс как единый, охватывающий период развития одного древостоя можно для сосновых, темнохвойных и лиственных насаждений. Формирование лиственных насаждений в условиях Приангарья объединить в единый восстановительный процесс исходного типа леса сложно. Результаты экспериментальных исследований доказывают, что после интенсивных сплошных вырубок лиственничников и лесных пожаров наблюдается значительное снижение количества площадей, восстанавливаемых данной древесной породой до 5 % покрытой лесом площади исследуемого района, а в составе возобновляемых сосняков – до 20 % от общего породного состава. До 35 % пройденных рубкой и пожарами площадей восстанавливается темнохвойными породами, под пологом которых в течение периода произрастания (300 и более лет) не восстанавливаются хозяйственно ценные породы до состояния, способного сформировать в будущем древостой. До 45–50 % пройденных рубкой и пожарами площадей восстанавливается различными древесными породами, среди которых лиственница отсутствует вообще или встречается единично. Необходимо учесть, что даже в годы обильного плодоношения семена лиственницы распространяются менее свободно, чем семена других хозяйственно ценных пород.

Физико-математические науки

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ВОПРОСАМ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

Кутимская М.А., Бузунова М.Ю.

*Иркутская государственная
сельскохозяйственная академия*

Иркутск

e-mail: eleanor@id.isu.ru

Образование непосредственно связано с наукой, а через неё с материальным производством, с задачами преобразования природы и социальных отношений [1]. В настоящее время коренным образом меняется система научного познания. Четкие границы между практической и познавательной деятельностью размываются,

развиваются комплексные и междисциплинарные исследования, выделяются более новые, более сложные типы объектов познания, характеризующиеся универсальностью и сложностью организации, которые поддаются теоретическому (математическому) моделированию. Реальные системы: биологические, социальные – являются открытыми, следовательно, они обмениваются с окружающей средой веществом, энергией и информацией [2]. Для описания таких сложных, открытых, диссипативных нелинейных систем разработан математический аппарат синергетики [2].

Благодаря синергетике возможно достаточно точное количественное исследование принципов построения системы, её возникновения, развития и самоусложнения. Методами синерге-