

УДК 630*182.21

ДИНАМИКА СОСТАВА ПОСЛЕРУБОЧНЫХ ПИХТОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕСИБИРСКОГО ПОДТАЕЖНО-ЛЕСОСТЕПНОГО РАЙОНА

Калачев В.А., Вайс А.А.

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологии
имени академика М.Ф. Решетнева», Красноярск, e-mail: kalacheff.vladis@yandex.ru*

В научной статье приведены результаты исследования динамики состава пихтовых насаждений, сформировавшихся в результате проведения сплошных рубок во второй половине XX в., в условиях Среднесибирского подтаежно-лесостепного района. Объект изучения – состав, а именно доля каждого элемента леса в составе молодого послерубочного пихтового поколения. Определение состава и доли каждой породы производилось в зависимости от давности проведения рубки с последующим объединением по временным периодам. При этом с целью получения объективных прогнозирующих результатов по динамике состава пихтовых насаждений, на участках поступающих и пройденных рубкой главного пользования (сплошной) учитывали следующие особенности: состав материнских пихтовых насаждений, запас, состав, количество, возраст подроста и молодого поколения, площадь вырубki. Для подбора уравнений использовалась программа CurveExpert 1.3, регрессионные модели строились для главной породы и, в свою очередь, совместно с каждой сопутствующей. В результате предложенных моделей по динамике каждого элемента леса в составе послерубочных пихтачей получены следующие результаты. За изучаемый период доля породы пихта в составе возобновляющихся насаждений сократилась до 2–3 единиц, при этом представленность второстепенного хвойного элемента леса (ель, кедр) возрастает незначительно и находится в пределах 1 единицы, а доля лиственного элемента в составе активно увеличивается. Например, доля образовавшегося березового компонента возросла до 5 единиц, а осина при этом находится в стабильной доле участия с незначительным увеличением.

Ключевые слова: пихта сибирская, сплошная рубка, динамика состава, элемент леса, регрессионные модели

DYNAMICS OF THE COMPOSITION OF POST-HARVEST FIR PLANTATIONS IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL SIBERIAN SUBTAIGA-FOREST-STEPPE REGION

Kalachev V.A., Vais A.A.

*Siberian state university of science and technologies of M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk,
e-mail: kalacheff.vladis@yandex.ru*

The scientific article presents the results of the study of the dynamics of the composition of fir stands formed as a result of continuous logging in the second half of the 20th century in the conditions of the Central Siberian subtaiga-forest-steppe region. The object of study is the composition, namely the proportion of each element of the forest in the composition of the young post-harvest fir generation. Determination of the composition and proportion of each breed was made depending on the age of felling, followed by their association by time periods. At the same time, in order to obtain objective predictive results on the dynamics of the composition of fir stands, in the areas received and passed by the main use (continuous) logging, the following features were emphasized: the composition of mother fir stands, stock, composition, quantity, age of undergrowth and young generation, the area of cutting. The CurveExpert 1.3 program was used for the selection of equations, regression models were built for the main rock and, in turn, together with each accompanying one. as a result of the proposed models for the dynamics of each element of the forest in the composition of post-harvest fir trees, the following results are obtained. During the study period, the share of fir species in the composition of renewable plantings decreased to 2–3 units, while the representation of the secondary coniferous element of the forest (spruce, cedar) does not increase significantly and is within one unit, and the share of the deciduous element in the composition is actively increasing. For example, the share of the formed birch component has increased to 5 units, while aspen is in a stable share of participation with a slight increase.

Keywords: *Abies sibirica* L., clear-cutting, the dynamics of the composition, an element of the forest, the regression model

В лесном хозяйстве на протяжении XX в. разработано достаточное количество математических моделей хода роста по высоте, диаметру и запасу на 1 га различных насаждений для определенных областей и районов. Данные модели широко применяются в настоящее время. В то же время изучение и построение моделей, описываю-

щих динамику состава древостоя, в последнее время практически не производятся, так как фактически прекратилась разработка таблиц хода роста.

Т.В. Батвенкина изучила и построила регрессионные модели динамики состава хвойных и лиственных пород Кодинского, Мотыгинского и Невонского лесничеств.

По результатам анализа данных автором установлен процесс сукцессионной смены пород, где элемент леса мягколиственных пород в составе с возрастом снижается, а доля хвойных элементов древостоя увеличивается [1–3].

В.В. Киселевым, С.А. Коротковым, П.В. Скородумовым изучена смена породного состава в лесах Лосиног острова. Авторы на основании исследований пришли к конкретному заключению, что в лесах Лосиног острова происходит существенная замена динамики березы и сосны липой, реже елью [4].

На территории Теллермановского опытного лесничества В.Г. Стороженко, В.В. Чеботарева, П.А. Чеботарев провели исследования структуры древостоев дуба естественного и искусственного происхождения при различных методах ухода в процессе их формирования. Древостой дуба порослевого происхождения при проведении рубок ухода за порослью образуют в дальнейшем состав до 6 единиц дуба, а в свою очередь применение полного цикла рубок ухода к дубовым культурам способствует увеличению дубового компонента до 10 единиц в составе первого яруса [5].

По результатам изучения динамики видового состава дубовых насаждений С.И. Конашовой, А.Ф. Губайдуллиним, Л.М. Ишбирдиновой сформулированы следующие выводы. В смешанных дубовых лесах с активной рекреационной деятельностью на протяжении 50-летнего периода происходит смена дуба на липу и клен, но при повышении рекреационной нагрузки лидерство остается за липой [6].

Исследование смены дубовых насаждений на липовые в условиях Воронезского заповедника проводилось Н.Л. Гончаровой [7].

Н.Ф. Овчинникова, А.Е. Овчинников [8] изучали динамику состава и пространственную структуру осинового древостоя, сформировавшегося в черневом поясе Западного Саяна на вырубке кедровника 1950 г. Авторы установили, что с возрастом рубки доли породы кедра и пихты на вырубке отстают в росте от лиственного элемента, но при этом доля осины сокращается в районе 2 единиц, а пихты, наоборот, увеличивается на 2 единицы [8].

Представленный обзор указывает на то, что процессы смены пород, а значит, и их состава, идут постоянно и исследование данного вопроса необходимо развивать с точки зрения как лесоустройства,

так и лесоведения. Наиболее перспективным направлением является оценка динамики породного состава после проведения сплошных рубок.

Фиксация послерубочных процессов в пихтовых насаждениях на территориях, которые подвергаются интенсивному антропогенному воздействию, позволяет прогнозировать возможные сценарии развития насаждений. В результате вышеизложенного необходимо рассмотреть и спрогнозировать динамику состава послерубочных пихтовых насаждений в условиях интенсивного лесопользования на территории Среднесибирского подтаежно-лесостепного района.

Материалы и методы исследования

Камеральная обработка данных производилась на основании методической рекомендации В.С. Моисеева. Так, для определения динамики состава по породам использовалось соотношение суммарных запасов глазомерной таксации. Общий запас насаждения соответствующего класса возраста принят за 10 единиц состава с последующим определением десятой части коэффициента породы в составе [9].

На протяжении значительного промежутка времени территория Среднесибирского подтаежно-лесостепного района (Канского административно-территориального района) подвергалась интенсивному антропогенному воздействию в части истощительного проведения лесозаготовительных работ (рис. 1).

Следовательно, лесовосстановительные процессы возобновляющихся насаждений Канского лесничества требуют внимательного изучения породного состава древостоев. По материалам таксационного описания и плана лесонасаждения Канского лесничества 1977–1978 гг. и 2001 г. отобрано 40 пихтовых участков после проведения сплошных рубок в различные годы второй половины XX в. За основу исследования взят состав послерубочных пихтовых насаждений. С целью объективной оценки во всех выбранных участках учитывалась: таксационная характеристика вырубемого древостоя, густота, возраст и видовая представленность предшествующей генерации, площадь вырубемых участков. Изученные показатели подвергались статистической обработке в программе Microsoft Office Excel. Функции для прогноза подбирались с помощью программы CurveExpert 1.3.

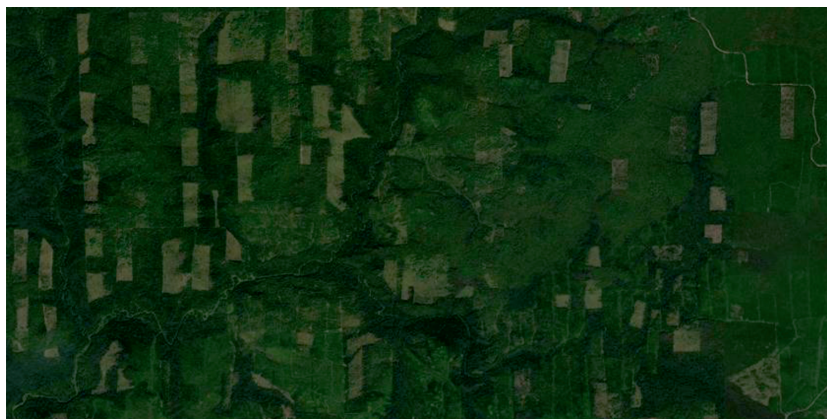


Рис. 1. Территория государственного лесного фонда Канского района

Результаты исследования и их обсуждение

Пихтовые древостои, подвергшиеся сплошным рубкам, относятся к смешанным насаждениям. Средний состав вырубленных насаждений составил 6П2Е1К1Б. Насаждения относятся к категории высокополнотных, с полнотой 0,7–0,9, средний запас насаждений 245 м³/га, группа типов леса разнотравная и представлена следующими типами леса: осоко-разнотравная, крупнотравная, разнотравная.

Состав подроста под пологом материнского древостоя, назначенного в рубку, представлен доминирующим пихтовым, еловым и кедровым элементами леса 8П1Е1К, средняя густота подроста составила 5,3 тыс. шт./га, средний возраст – 20 лет.

Средняя площадь вырубленного участка – 17,3 га.

На основании проведенных лесоустроительных работ 2001 г. по каждому году рубки в нарастающей последовательности был выписан средний состав послерубочного восстанавливающего насаждения. После этого для получения объективного результата по элементам леса выполнен расчет каждого элемента леса в составе по годам на среднюю площадь рубки. Далее проведена статистическая обработка данных. В дальнейшем послерубочный состав на вырубленных участках был усреднен и разнесен по временным периодам: до 5 лет; 5–15 лет; 15–25 лет; 25 и выше лет (табл. 1).

По предварительному анализу табл. 1 можно констатировать, что в пихтовых молодых насаждениях после рубки доля пих-

ты сокращается на 5 единиц (50%), ель встречается только в составе пятилетних вырубок. Доля кедра остается неизменной на протяжении изучаемого периода. Представленность березы незначительно варьирует от 40% до 50%, осина в составе появляется на вырубках после 15-летнего возраста.

Таблица 1
Средний состав послерубочных
пихтовых молодняков
по каждому временному периоду

| Временной период | Состав |
|------------------|-----------|
| до 5 лет | 8П1Е1К |
| 5–15 лет | 6П4Б |
| 15–25 лет | 4П1К4Б1Ос |
| 25 и выше | 3П1К5Б1Ос |

В дальнейшем в программе CurveExpert 1.3 подобраны регрессионные модели по годам рубки для главного элемента леса, а также для главного совместно с сопутствующими породами: Пихта (П), Пихта + Ель (П + Е), Пихта + Кедр (П + К), Пихта + Береза (П + Б), Пихта + Осина (П + Ос) (табл. 2).

Коэффициент детерминации для представленных элементов леса находится в пределах 0,47–0,76. При этом стандартная ошибка по доле участия имеет следующие значения: 11,9–21,0% применительно к пихтовым вырубкам на территории КГБУ «Канское лесничество» (табл. 3).

На основании выполненного исследования получена модель изменения доли каждого элемента леса в составе молодого поколения послерубочных пихтовых насаждений в зависимости от давности рубки (табл. 4).

Таблица 2

Параметры регрессионной модели

| Элемент леса | Вид уравнения | Коэффициенты уравнения | | | |
|--------------|-------------------------------|------------------------|----------|----------|--------|
| | | a | b | c | d |
| П | $y = (a*b + c*x^d)/(b + x^d)$ | -1064,0415 | 143,8396 | 756,7688 | 0,7009 |
| П + Е | | -1063,6638 | 130,9875 | 734,2648 | 0,6927 |
| П + К | | -858,0493 | 123,2051 | 601,3178 | 0,6829 |
| П + Б | | -334,7006 | 117,5508 | 235,2738 | 0,6823 |
| П + Ос | | -1063,1002 | 129,1649 | 741,4908 | 0,6894 |

Таблица 3

Оценка адекватности регрессионных моделей

| Элемент леса | Статистические показатели | |
|--------------|---------------------------|-----------------------|
| | R | $\mu_{\text{отн.}}\%$ |
| П | 0,76 | 17,8 |
| П + Е | 0,74 | 18,3 |
| П + К | 0,61 | 21,0 |
| П + Б | 0,47 | 11,9 |
| П + Ос | 0,76 | 17,0 |

Примечание: R – коэффициент корреляции; $\mu_{\text{отн.}}$ – стандартная ошибка, %. Все оценки получены при уровне доверительной вероятности $p = 0,954$.

Таблица 4

Динамика состава послерубочных пихтовых насаждений

| Элемент леса | Возраст рубки | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---------------|------|------|------|----------|------|------|-----------|------|------|---------------|------|------|------|------|------|------|
| | до 5 лет | | | | 5–15 лет | | | 15–25 лет | | | 25 и выше лет | | | | | | |
| | 1999 | 1998 | 1997 | 1996 | 1994 | 1987 | 1986 | 1982 | 1977 | 1976 | 1975 | 1973 | 1971 | 1970 | 1969 | 1968 | 1961 |
| П | 76,7 | 75,2 | 73,6 | 72,1 | 69 | 58,5 | 56,6 | 50,3 | 42,5 | 40,9 | 39,4 | 37,8 | 36,2 | 33,1 | 31,5 | 30 | 28,4 |
| Е | 6,9 | 6,9 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,3 | 7,4 | 7,6 | 7,9 | 7,9 | 7,9 | 8,0 | 8,1 | 8,1 | 8,2 | 8,2 | 8,2 |
| К | 0,6 | 1 | 1,3 | 1,8 | 2,6 | 4,3 | 5,6 | 7,0 | 9,0 | 9,2 | 9,7 | 10,1 | 10,4 | 11,2 | 11,6 | 12,1 | 12,4 |
| Б | 14 | 15,1 | 16,2 | 17,2 | 19,4 | 27,7 | 28,1 | 32,5 | 37,9 | 39,1 | 40,1 | 41,2 | 42,3 | 44,5 | 45,6 | 46,6 | 47,8 |
| Ос | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,2 | 2,3 | 2,6 | 2,7 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,1 | 3,1 | 3,2 |
| Итого | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Графическая модель динамики породного состава по элементам леса в молодых послерубочных пихтачах представлена на рис. 1.

Чем старше год рубки, тем доля лиственных пород в составе становится выше по сравнению с хвойным элементом (рис. 2).

Доля пихтового молодняка в составе естественного лесовосстановления сокращается в течение изучаемого периода после проведения рубок. Установлено, что доля пихты в составе уменьшается в пределах периода послерубки от 5 до 25 лет на 35,8% от общего состава, а у вырубков старше 25 лет доля пихтового поколения в составе

формирующихся насаждений составляет 2–3 единицы.

В рамках исследования также установлено, что второстепенные хвойные породы в составе послерубочных пихтачей увеличиваются незначительно (в пределах 1–11%), и к 40 годам после проведения рубок еловая и кедровая представленность в составе пихтовых молодняков возрастает до 1 единицы. Процент березы и осины в составе исследуемых объектов увеличивается (в большей степени породы березы) по периодам рубок. Таким образом, доля березы возросла к крайнему году до 5 единиц, а доля осины увеличилась незначительно – в пределах 1–1,5% от общего состава.

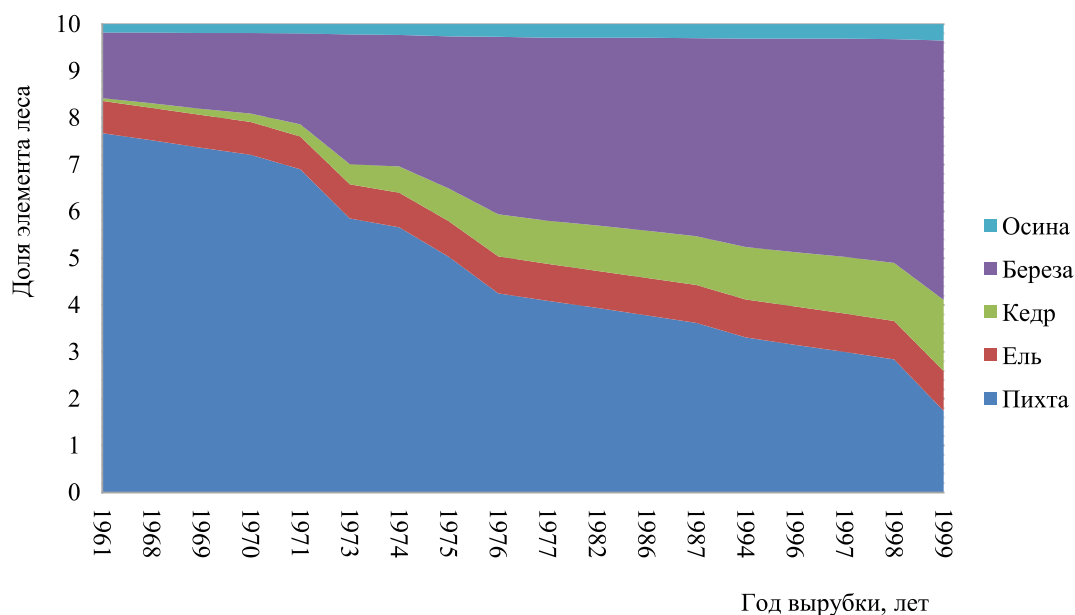


Рис. 2. Доля изменения элементов леса по годам рубки

Полученные результаты послерубочного сукцессионного сценария объясняются резким изменением условий местопроизрастаний и морфологическими особенностями древесных пород, входящих в состав будущего древостоя.

Заключение

В результате проведенных исследований получены следующие выводы.

Пихтовые насаждения в условиях Среднесибирского подтаежно-лесостепного района подвергаются интенсивному антропогенному воздействию, что приводит к вырубке значительных лесных массивов.

Процессы восстановления вырубленных лесных участков происходят по определенным закономерностям. Средние статистические показатели позволили выявить динамику состава послерубочных лесных участков. Установлено снижение в составе молодого поколения леса основного пихтового элемента леса на 50% (свежие вырубki 80%, а на старых вырубках 30%). Наблюдается замещение пихты в составе лиственных элементами (березой и осиной).

Получен ряд достоверных и адекватных регрессионных моделей, которые позволяют прогнозировать состав послерубочных участков для главной и сопутствующих пород. Ошибка уравнений находится в пределах 10–20% от представленности в составе.

Составлена регрессионно-графическая модель динамики состава пихтовых насаждений в условиях интенсивного лесопользования.

Предложенная модель может служить сценарным прогнозом в изменении породного компонента состава леса на пихтовых участках, пройденных сплошными рубками, в условиях Среднесибирского подтаежно-лесостепного района. Полученные результаты нужно учитывать при ведении лесного хозяйства, а именно создавать для предшествующей генерации пихтового поколения условия по сохранению преобладающего вида с помощью объективного подхода к сплошным рубкам (обоснованным рубкам с высоким сохранением количественных и качественных характеристик подроста), а также активно внедрять выборочные рубки. При этом необходимо применять мероприятия по лесовосстановлению в целях содействия естественному возобновлению для восполнения предшествующей и последующей генерации пихтового подроста. Следует проводить рубки ухода молодого поколения для удаления нецелевых мягколиственных пород.

Список литературы / References

1. Батвенкина Т.В. Динамика составов древостоев Коди́нского лесничества // Хвойные бореальные зоны. 2016. Т. 34. № 9 (2). С. 16–20.

Batvenkina T.V. the Dynamics of the composition of forest stands Kodinsk forestry // Khvoynyye boreal'nyye zony. 2016. Vol. 34. No. 9 (2). P. 16–20 (in Russian).

2. Батвенкина Т.В. Динамика составов состава хвойных пород Мотыгинского лесничества Красноярского края // Вестник современных исследований. 2017. № 9–1 (12). С. 89–93.
- Batvenkina T.V. the Dynamics of composition of composition of softwood motyginская forestry in Krasnoyarsk region // Vestnik sovremennykh issledovaniy. 2017. No. 9–1 (12). P. 89–93 (in Russian).
3. Батвенкина Т.В. Динамика составов состава лиственных пород Невонского лесничества Красноярского края // Вестник современных исследований. 2018. № 5.1 (20). С. 312–314.
- Batvenkina T.V. Dynamics of the composition of the composition of hardwoods of the Nevonsky forestry of the Krasnoyarsk territory // Vestnik sovremennykh issledovaniy. 2018. No. 5.1 (20). P. 312–314 (in Russian).
4. Киселев В.В., Коротков С.А., Скородумов П.В. Тенденции смены породного состава в лесах Лосянского острова // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2016. Т. 20. № 5. С. 65–77.
- Kiselev V.V., Korotkov S.A., Skorodumov P.V. Trends of change of breed composition in the forests of elk island // Vestnik MGUL – Lesnoy vestnik. 2016. Vol. 20. No. 5. P. 65–77 (in Russian).
5. Стороженко В.Г., Чеботарева В.В., Чеботарев П.А. Структура древостоев дуба естественного и искусственного происхождения при различных методах ухода в процессе их формирования в зоне лесостепи (на примере древостоев Теллерамановского опытного лесничества ИЛАН РАН) // Лесной вестник. 2017. Т. 21. № 5. С. 33–38.
- Storozhenko V.G., Chebotareva V.V., Chebotarev P.A. Structure of oak stands of natural and artificial origin with various methods of care in the process of their formation in the forest-steppe zone (on the example of stands of the Telleramansky experimental forestry ILAN RAS) // Lesnoy vestnik. 2017. Vol. 21. No. 5. P. 33–38 (in Russian).
6. Конашова С.И., Губайдуллин А.Ф., Ишбирдина Л.М. Анализ динамики видового состава Дубовых насаждений за 50-летний период // Вестник БГАУ. 2016. № 4 (40). С. 114–118.
- Konashova S.I., Gubaidullin A.F., Ishbirdina L.M. Analysis of the dynamics of the species composition of Oak plantations over a 50-year period // Vestnik BGAU. 2016. No. 4 (40). P. 114–118 (in Russian).
7. Гончарова Н.Л. Особенности многолетней динамики породного состава древостоя осокоро-снытьевского дубняка воронежского заповедника на протяжении последних 60 лет // Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке: сб. ст. по матер. XI междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: СибАК, 2018. № 2 (11). С. 48–55.
- Goncharova N.L. Features of long-term dynamics of the species composition of the stand of sedge-snytevogo oak forest of the Voronezh reserve over the past 60 years // Eksperimental'nyye i teoreticheskiye issledovaniya v sovremennoy nauke: sb. st. po mater. XI mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Novosibirsk: SibAK, 2018. No. 2 (11). P. 48–55 (in Russian).
8. Овчинникова Н.Ф., Овчинников А.Е. Динамика структуры осинового древостоя в черном поясе Западного Саяна // Лесоведение. 2016. № 6. С. 418–425.
- Ovchinnikova N.F., Ovchinnikov A.E. Dynamics of aspen stand structure in the black belt of the Western Sayan // Lesovedeniye. 2016. No. 6. P. 418–425. (in Russian).
9. Моисеев В.С., Мошкалева А.Г., Нахабцев Н.А. Методика составления таблиц хода роста и динамика товарной структуры модальных насаждений. Л.: ЛенЛТА, 1968. 87 с.
- Moiseev V.S., Moshkaleva A.G., Nakhabtsev N.A. Methods of compiling tables of growth and dynamics of commodity structure of modal plantings. L.: LenLTA, 1968. 87 p. (in Russian).