

Брянский государственный
инженерно-технологический университет

*Актуальные проблемы
лесного комплекса*

*Сборник научных трудов
Под общей редакцией Е.А.Памфилова*

Выпуск 54

Брянск 2019

УДК 630*.0.377: 634.377

Актуальные проблемы лесного комплекса/ Под общей редакцией Е.А. Памфилова. Сборник научных трудов. Выпуск 54. – Брянск: БГИТУ, 2019. – 303 с.

ISSN 2310-9335

В сборник включены материалы, посвященные научным, организационным и практическим аспектам развития лесного комплекса, представленные по итогам международной научно-практической конференции «Лесной комплекс: состояние и перспективы развития», ноябрь 2018 г.

Материалы предназначены для научной общественности, инженерно-технических работников предприятий, преподавателей, аспирантов, студентов, магистров и бакалавров высших и средних учебных заведений.

Мнение авторов не всегда совпадает с позицией редакционной коллегии. Ответственность за достоверность материалов, изложенных в статье, несет автор.

В сборник включены материалы, представленные авторами из ряда организаций.

Редакционная коллегия: Е.А.Памфилов, д.т.н., профессор (ответственный редактор); Ф.В.Кишенков, д.с.-х.н., профессор; С.И.Смирнов, д.б.н., профессор; А.Н.Заикин, д.т.н., профессор; В.М.Меркелов, к.т.н, профессор; В.В.Сиваков, к.т.н., доцент

Сборник материалов включен в базу данных РИНЦ
<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=50157>



Рецензент: кафедра ТТМ и С Брянского государственного инженерно-технологического университета

© Брянский государственный инженерно-технологический университет,
Институт экологии МИА,
2019

Таким образом, состав формирующихся молодняков зависит от целого ряда факторов: типа почвы, таксационных характеристик прилегающего леса, лесорастительной подзоны, площади участков и других показателей.

На обследуемых участках в настоящее время идёт успешное возобновление ели. Густота хвойного подроста, его возраст и средняя высота на данных участках превышают показатели рекомендаций по переводу в лесопокрытую площадь насаждений искусственного или естественного происхождения на землях лесного фонда. В данных почвенных условиях на залежах формируется стадия молодого подроста после луговой стадии рудеральной растительности.

Список использованных источников

1. Голубева Л.В. Смена напочвенного покрова на старопашотных залежах Каргопольского района Архангельской области / Л.В. Голубева, Е.Н. Наквасина // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2014. № 6 (143). С.67-72.

2. Данилов Д.А. Выращивание древесных насаждений на постагро-генных землях: учебное пособие / Д.А. Данилов, А.В. Жигунов, А.Н. Красновидов, Б.Н. Рябин, В.Ю. Неверовский, Т.А. Шестакова, В.И. Шестаков, О.О. Эндерс // СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. 104 с.

3. Наваксина Е.Н. Трансформация постагрогенных почв на карбонатных отложениях в Архангельской области / Е.Н. Наваксина, Л.В. Голубева // Arctic Environmental Research. 2014. С.32-39.

4. Романенко Г.А. Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота / под ред. акад. Романенко Г.А. М.: Росинформагротех, 2008. 64 с.

5. Правила лесовосстановления. Утверждены Приказом МПР России от 16.07.2007 № 183.

УДК 630*182.21:630*182.4:581.55

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО ИЗРЕЖИВАНИЯ ДРЕВОСТОЕВ БЕРЕЗЫ

REGULARITIES OF SELF-THINNING OF BIRCH STANDS

Гульбе Я.И., Гульбе А.Я., Гульбе Т.А., Ермолова Л.С.

(Институт лесоведения РАН, с. Успенское, РФ)

Gulbe Y.I., Gulbe A.Ya., Gulbe T.A., Ermolova L.S.

(Institute of Forest Science of Russian Academy of Sciences, Uspenskoe, Russia)

Установлено, что в ходе роста и развития древостоев березы средние надземная масса, масса и объем ствола дерева изменяются по правилу $-3/2$, а средняя годовичная продукция дерева – по закону постоянства урожая.

It is established that during growth and development of birch stands averages aboveground mass of tree and averages mass and volume of tree trunk vary by the rule $-3/2$, and average annual production of a tree vary according to the law of constancy of a harvest.

Ключевые слова: фитомасса, годовичная продукция, правило $-3/2$, закон постоянства урожая, береза

Key words: phytomass, annual production, the rule $-3/2$, the law of constancy of a harvest, birch

Широкое внедрение дистанционных методов инвентаризации фитомассы и мониторинга ее динамики требует построения регрессионных моделей зависимости продукционных показателей деревьев и древостоев от таксационных (дендрометрических) показателей, которые могут определяться по данным дистанционного зондирования Земли. Одним из таксационных показателей, который может служить регрессором в аллометрических моделях, используемых при дистанционных методах, может служить густота древостоя или плотность популяции (число деревьев на единице площади 1 га).

В середине прошлого века по результатам наблюдений в чистых одновозрастных сомкнутых растительных сообществах (в посевах сельскохозяйственных растений) было установлено, что зависимость между средней массой растений и плотностью популяции описывается уравнением:

$$w=k \cdot d^x \text{ или } \ln(w)=\ln(k)+x \ln(d), \quad (1)$$

где w – средняя масса растения, k – константа, d – плотность популяции (густота древостоя N).

При $x=-1$ зависимость получила название «закон постоянства конечного урожая» (Kira et. al., 1953), при $x=-3/2$ – «правило $-3/2$ », а линия, отображающая эту зависимость в логарифмических координатах – линии изреживания (Yoda et. al., 1963).

Правило $-3/2$ получило эмпирическое подтверждение в других растительных сообществах и стало рассматриваться как универсальный закон экологии применимый ко всем растительным сообществам (White, 1980). Однако в результате выявленных в дальнейшем многочисленных отклонений от этого правила универсальность его подверглась сомнению, и оно стало предметом оживленной дискуссии, которая продолжается до настоящего времени. Для ее завершения «необходимо накопление региональных зависимостей, определяемых локальными комбинациями факторов внешней среды генетическим и структурным разнообразием древесных сообществ, историей их развития» (Кузьмичев, 2013). На территории РФ взаимосвязи между средними продукционными показателями дерева в древостое и его густотой на основе результатов полевых исследований не анализировалась. До недавнего времени опубликованные по этому вопросу работы отечественных авторов (Кофман, 1982; Галицкий, 1998, 2000) имели теоретический характер. В них отмечалось, что «правило $-3/2$ » представляет собой частный случай более сложной зависимости, при изучении которой необходимо учитывать еще целый ряд характеристик дерева и древостоя, условия местопрорастания, и предлагались варианты моделей, которые, по их мнению, более адекватно описывающих эту зависимость.

В Ленинградской области в результате анализа таблиц хода роста была установлена действенность «правила $-3/2$ » и на основе его применения и определения густоты древостоев разработан метод определения запаса древостоев по аэрофотоснимкам сверхвысокого разрешения (Алексеев и др., 2017). Нами было установлено, что в ходе роста и развития неморально-кисличных сероольшаников взаимосвязь надземной массы, массы стволов и древесных фракций, запас стволовой древесины с густотой соответствует правилу $-3/2$, а взаимосвязь годичной продукции надземной части древостоя

и ее отдельных фракций (групп фракций) с густотой соответствует закону постоянства урожая (Гульбе Я.И. и др., 2018).

Исследования взаимосвязи между биопродукционными показателями древостоев и их густотой были продолжены в березняках на территории Большесельского и Угличского районов Ярославской области на базе Северной ЛОС ИЛАН РАН. Для анализа использовались данные о фитомассе и запасе 21 сомкнутого древостоя березы возрастом от 7 до 70 лет, и годичной продукции 19 сомкнутых древостоев березы возрастом от 7 до 65 лет, которые сформировались в условиях неморально-кисличной группы типов леса и принадлежат к одному естественному ряду (Гульбе А.Я., 2009; Гульбе Я.И. и др., 2009, Каплина, 1986, 1988; Молчанов, 1977, Ильюшенко, 1982). Средняя надземная масса фракции дерева (ph_i) определялась делением надземной массы этой фракции в древостое (Ph_i) на густоту (N), средняя годичная продукция фракции дерева (p_i) – делением годичной продукции этой фракции в древостое (P_i) на густоту (N). Зависимость между средней массой надземной части ($ph_{\text{надз}}$, кг), средней массой ствола ($ph_{\text{ств}}$, кг), объемом ствола (v , м³) дерева и густотой древостоя (N , экз/га) описывается уравнениями:

$$\ln(ph_{\text{надз}}) = 15,5175 - 1,4814 \ln(N), \quad R^2 = 0,994; \quad (2)$$

$$\ln(ph_{\text{ств}}) = 15,7856 - 1,53155 \ln(N), \quad R^2 = 0,993; \quad (3)$$

В древостоях березы угловой коэффициент аппроксимирующих прямых, отражающих взаимосвязь надземной массы и массы стволов с густотой в логарифмической форме, равен -1,48 и -1,53 и соответствует «правилу -3/2», хотя и с отклонением от теоретического наклона линии изреживания, но оно незначительно. Близкие значения показателя степени были получены в древостоях ольхи серой (*Alnus incana* (L.) Moench) (1,48 и 1,55) (Гульбе Я.И. и др., 2018) и черемухи пенсильванской (*Prunus pensylvanica* L.), где его величина для надземной и стволовой массы была близка к -3/2 (1,47 и 1,52 соответственно) (Mohler et al., 1978).

Поскольку средние надземная масса, масса и объем ствола дерева определялись как среднеарифметические величины, то в результате преобразования выше приведенных уравнений можно получить уравнения для определения массы надземной части $Ph_{\text{надз}}$ (т/га), массы стволов $Ph_{\text{ств}}$ (т/га), и древесных фракций $Ph_{\text{дрф}}$ (т/га) запаса (M , м³/га) древостоя по его густоте:

$$Ph_{\text{надз}} = 5484,82 \cdot N^{-0,4814}, \quad R^2 = 0,947; \quad (4)$$

$$Ph_{\text{ств}} = 7171,07 \cdot N^{-0,531544}, \quad R^2 = 0,947; \quad (5)$$

Если принять показатель степени равным его теоретическому значению, в данном случае (-0,5), то уравнения примут вид:

$$Ph_{\text{надз}} = 6224,01 \cdot N^{-0,5}, \quad R^2 = 0,965; \quad (6)$$

$$Ph_{\text{ств}} = 5572,54 \cdot N^{-0,5}, \quad R^2 = 0,963; \quad (7)$$

С заменой зависимой переменной со средней массы растения на массу растений на единице площади уравнения более практичны и могут использоваться при инвентаризации фитомассы, в том числе с использованием дистанционных методов.

Как уже отмечалось, вследствие трудоемкости определения фитомассы растений и их сообществ при анализе правила -3/2 взаимосвязи густоты древостоев вместо массы использовался объем ствола среднего дерева или за-

пас древостоя. Зависимость между объемом ствола (v , м³) дерева и плотностью древостоя (N , экз/га) описывается уравнением:

$$\ln(v)=9,11457-1,48054 \ln(N), \text{ или } \ln(v)=9086,76 N^{-1,48054}, R^2=0,993. \quad (8)$$

Замена надземной фитомассы на объем стволов, как и в сероольшаниках, не выходит за рамки допустимого и не может кардинально повлиять на результаты анализа.

Поскольку средний объем ствола дерева, как и при определении средней массы дерева, рассчитывался как среднеарифметическая величина, то в результате преобразования этих уравнений можно получить уравнение, описывающее изменение запаса древостоев (M , м³/га) от его плотности:

$$M=9086,76 \cdot N^{-0,480538}, \quad R^2=0,937; \quad (9)$$

или после придания показателю степени теоретического значения

$$M=10189,6 \cdot N^{-0,5}, \quad R^2=0,968. \quad (10)$$

Константа уравнения (k) несколько меньше, чем в сероольшаниках, где она равна 12169, но превышает ее значение, полученное для березняков I класса бонитета в Ленинградской области 7828.44 (Алексеев и др., 2017).

В древостоях ольхи серой зависимость между средней годичной продукцией надземной части дерева ($p_{\text{надз}}$, кг·год⁻¹), стволов ($p_{\text{ств}}$, кг·год⁻¹), ($p_{\text{ск}}$, кг·год⁻¹) листьев ($p_{\text{лист}}$, кг·год⁻¹) и плотностью древостоя (N) описывается уравнениями:

$$\ln(p_{\text{надз}})=9,76277-1,07291 \ln(N), \quad R^2=0,989; \quad (11)$$

$$\ln(p_{\text{ств}})=9,41615-1,10547 \ln(N), \quad R^2=0,979; \quad (12)$$

$$\ln(p_{\text{ск}})=7,55572-1,02705 \ln(N), \quad R^2=0,987; \quad (13)$$

$$\ln(p_{\text{лист}})=8,3991-1,05482 \ln(N), \quad R^2=0,989. \quad (14)$$

Близость углового коэффициента полученных уравнений к -1 свидетельствует о том, что зависимость между годичной продукцией фракций и плотностью древостоя в отличие от фитомассы подчиняется закону постоянства урожая, а не правилу -3/2. Таким образом, в древесных сообществах понятию «урожай» соответствует их годичная продукция, т.е. количество органического вещества, накопленного деревьями в течение вегетационного периода. Наибольшее отклонение от -1 наблюдается у фракции стволов, наименьшее – у фракции листьев. Прямая, в логарифмическом масштабе отображающая зависимость средней годичной продукции дерева от плотности, почти параллельна прямой, отображающей зависимость от плотности средней годичной продукции отдельных фракций дерева. Соблюдается и условие равенства углового коэффициента аппроксимирующих прямых, отражающих взаимосвязь годичной продукции отдельных фракций (структурных единиц) дерева с плотностью древостоя наблюдаемое при постоянстве урожая.

Бликие показатели степени при описании зависимости средняя масса листьев (хвои) – плотность получены в насаждениях ольхи серой (1,03) (Гульбе Я.И. и др., 2018), черемухи пенсильванской (*Prunus pensylvanica* L.) (1,08) и пихты бальзамической (*Abies balsamea* (L.) Mill.) (1,01 вся хвоя и 0,95 однолетняя хвоя) (Mohler et al., 1978).

На основании наших данных можно предположить, что закон постоянства урожая справедлив в период, когда экологическая ниша полностью используется растительным сообществом, но механизм естественного изрежи-

вания еще не работает. В это время некий постоянный объем органического вещества распределяется между большим или меньшим количеством особей. С включением механизма естественного изреживания и элиминацией отставших в росте особей из сообщества в действие вступает правило $-3/2$.

Можно отметить, что зависимости от густоты средней надземной массы дерева, средних массы и объема ствола, содержащие в себе значительный объем омертвевших тканей соответствуют правилу $-3/2$. В тоже время зависимость от густоты древостоя средней годичной продукции фракций дерева сформированных в течение одного вегетационного периода соответствует закону постоянства урожая.

В ходе роста и развития неморально-кисличных березняков, как и сероольшаников, взаимосвязь надземной массы и массы стволов, запас стволовой древесины с густотой соответствует правилу $-3/2$. Это свидетельствует о перспективности использования этих эмпирических зависимостей при инвентаризации фитомассы лесов наземными и дистанционными методами. Для выявления области применения выявленных эмпирических закономерностей и объяснения механизма их действия в древостоях, оценки возможности использования густоты древостоев в качестве дешифровочного показателя при инвентаризации лесов дистанционными методами необходимо продолжить исследования зависимости средней надземной массы, массы и объема ствола дерева от густоты в древостоях других лесообразующих пород в различных условиях произрастания. Взаимосвязь годичной продукции надземной части древостоя и ее отдельных фракций (групп фракций) с густотой в березняках, в отличие от их фитомассы, соответствует закону постоянства урожая. Можно предположить, что закон постоянства урожая действует при полном использовании растительным сообществом продукционного потенциала до начала отпада. Соотношения размер-густота могут использоваться для проверки адекватности моделей роста и развития древостоев, пример такого применения приводится в работе В.В. Кузьмичева (2013).

Список использованных источников

1. Алексеев А.С., Михайлова А.А., Черниховский Д.М., Березин В.И. Метод определения таксационных характеристик насаждений по аэрофотоснимкам сверхвысокого разрешения // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2017. № 2. С. 67-77.
2. Галицкий В.В. Моделирование сообщества растений: индивидуально-ориентированный подход. II. Модель сообщества // Известия АН. Серия биологическая. 2000. № 2. С. 178-185.
3. Галицкий В.В. Модельный анализ правила $-3/2$ для сообществ растений // Доклады Академии наук. 1998. Т. 362. № 63. С. 840-843.
4. Гульбе А.Я. Процесс формирования молодняков древесных пород на залежи: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. М.: Институт лесоведения РАН, 2009. 167 с.
5. Гульбе Я.И., Гульбе А.Я., Гульбе Т.А., Ермолова Л.С. Закономерности саморегуляции древостоев ольхи серой // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2018. Вып. 53. С. 76-79.
6. Гульбе Я.И., Гульбе Т.А., Гульбе А.Я., Ермолова Л.С. Возрастная динамика продукционного процесса в березовом древостое // Продукционный процесс и структура лесных биогеоценозов: теория и эксперимент (Памяти А.И. Уткина). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. С. 49-67.

7. Ильюшенко А.Ф. Первичная продуктивность березняков Рыбинского района Ярославской области // Биологическая продуктивность лесов Поволжья. М: Наука.1982. С. 73-98.
8. Каплина Н.Ф. Биопродуктивность и вертикальная структура березняков на легких почвах // Вертикально-фракционное распределение фитомассы в лесах. М.: Наука, 1986. С. 96-110.
9. Каплина Н.Ф. Фракционная структура фитомассы и годичной продукции древостоев и деревьев берёзы // Анализ продукционной структуры древостоев. М.: Наука, 1988. С. 103-117.
10. Кофман Г.Б. Оценка продуктивности древостоев косвенными методами и пределы их применимости // Формирование и продуктивность лесных фитоценозов. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР. 1982. С. 128-137.
11. Кузьмичев В.В. Закономерности динамики древостоев: принципы и модели. Новосибирск: Наука, 2013. 208 с.
12. Молчанов А.Г. Сравнение фитомассы березняка и сосняка в одинаковых лесорастительных условиях // Лесоводственные исследования в подзоне южной тайги. М.: Наука. 1977. С. 51-60.
13. Kira T., Ogawa H., Sakazaki N. Intraspecific competition among higher plants. I. Competition-yield-density interrelationship in regularly dispersed populations // Journal of the Institute of Polytechnics, Osaka City University. 1953. V. 4. No. 1. Series D. P. 1-16.
14. Mohler C.L., Marks P.L., Sprugel D.G. // Journal of Ecology. 1978. Vol. 66. No 2. P. 599-614.
15. White J. Demographic factors in populations of plants // Demographi and evolution in plant populations. Berkeley. California. USA: University of California Press, 1980. P. 21-48.
16. Yoda K., Kira T., Ogawa H., Hozumi K. Self-thinning in Overcrowded Pure Stands under Cultivated and Natural Conditions (Intraspecific Competition among Higher Plants XI) // Journal of Biology Osaka City University. 1963. V. 14. P. 107-129.

УДК 630

**ПОСТПИРОГЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ДРЕВЕСНОЙ
РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ПОСТАГРОГЕННЫХ ЗЕМЛЯХ В
ПСКОВСКО-ЛУЖСКОМ ЛАНДШАФТЕ**

**POSTPIROGENIC REGENERATION OF TREE VEGETATION ON
POSTAGROGENIC LAND IN THE PSKOV-LUGA LANDSCAPE**

Данилов Д.А., Януш С.Ю.

*(Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
"БЕЛОГОРКА", Ленинградская обл., РФ)*

Мандрыкин С.С.

*(Санкт-петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М.
Кирова»г. Санкт-Петербург, РФ)*

Danilov D.A., Janusz S.Yu. *(Leningrad scientific research Institute of agriculture
"BELOGORKA", Leningrad region, Russia)*

Mandrykin S. S.

(Saint-Petersburg State Forest Technical University, Saint-Petersburg, Russia)

Рассмотрены вопросы возобновления сосны после воздействия огня на бывших пахотных землях в Псковско-Лужском ландшафте. Отмечается возможность различных восстановительных схем древесной растительности на постагrogenных землях.