

ды регрессионного анализа. Представляется, в частности, эффективным линейный метод наименьших квадратов для логарифма оптимальной густоты. Действительно, из уравнения (16) следует линейная зависимость между логарифмами оптимальной густоты и среднего диаметра:

$$\ln N_0 = \ln \alpha - \beta \ln g. \quad (18)$$

*Проверка модели на опытных данных*

Опытные данные представляют собой результаты обработки наблюдений за ростом культур сосны ЦЧР на постоянных пробных площадях. Объем экспериментального материала, собранного в натуре В. К. Поповым и В. В. Успенским, составил 38 проб с периодом наблюдений от 10 до 40 лет. Обобщенные данные приведены в первых четырех графах таблицы. В пятой графе даны результаты вычислений по формуле (16). При этом принято  $\alpha = 98$ ,  $\beta = 0,7$ . В шестой графе дано процентное отклонение расчетных результатов от опытных.

| Возраст, лет | Оптимальная густота, тыс. шт./га | Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га | Средняя площадь сечения, м <sup>2</sup> | Расчитанная оптимальная густота, тыс. шт./га | Относительная ошибка расчета, % |
|--------------|----------------------------------|--|---|--|---------------------------------|
| 20           | 4,7                              | 18   | $3,83 \cdot 10^{-3}$                    | 4,82   | -2,5                            |
| 30           | 2,8                              | 25   | $8,93 \cdot 10^{-3}$                    | 2,66   | 5,0                             |
| 40           | 2,0                              | 27   | $13,5 \cdot 10^{-3}$                    | 1,99   | 0,5                             |
| 50           | 1,6                              | 31   | $19,4 \cdot 10^{-3}$                    | 1,55   | 3,1                             |
| 60           | 1,4                              | 32   | $22,9 \cdot 10^{-3}$                    | 1,38   | 1,4                             |
| 70           | 1,2                              | 33   | $27,5 \cdot 10^{-3}$                    | 1,21   | -0,8                            |

Из таблицы видно, что предложенная модель дает удовлетворительную точность и может быть использована в практических расчетах. Коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$  имеют общее значение для культур сосны, для других древостоев они должны быть определены на основе опытных данных.

Поступила 7 апреля 1989 г.

УДК 630\*114.351(597.3)

**ХАРАКТЕРИСТИКА  
НАКОПЛЕНИЯ ОПАДА И ПОДСТИЛКИ  
В СОСНОВЫХ ЛЕСАХ ЮЖНОГО ВЬЕТНАМА**

*ДО ДИНЬ ШАМ, НГО КИЭ*

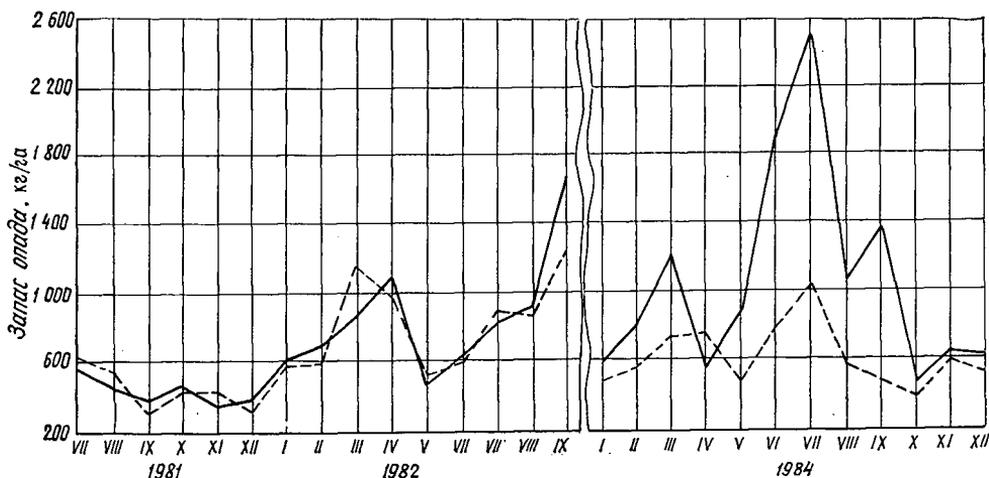
Ленинградская лесотехническая академия

Задача данной работы — изучить накопление и динамику опада, подстилок в сосновых лесах *Pinus Kesiya* Royle ex Gordon, расположенных преимущественно в провинции Лам Донг Южного Вьетнама на высоте от 1 000 до 1 900 м над уровнем моря. Средняя годовая температура — 18,3 °С, количество осадков — 1 800... 2 000 мм в год, относительная влажность воздуха — 84 %. Особенность этих лесов — накопление слоя подстилки, рассматриваемой как особый биогеогеографический горизонт [3].

Мы изучали динамику опада в двух сосновых древостоях, которые имеют возраст: I — 30 лет, II — 40 лет, диаметр ствола соответственно — 20 и 23 см, высоту — 21 и 24 м, густоту — 400 и 450 деревьев на 1 га, полноту — 0,6. Были использованы

опадоуловители размером  $1 \times 1$  м в 5-кратной повторности. Опад собирали один раз в месяц в 1981, 1982, 1984, 1985 гг. Подстилку учитывали на площадках размером  $1 \text{ м}^2$  в 10-кратной повторности. Зольный анализ растений и подстилки проводили общепринятыми методами [1, 2].

1. Динамика накопления опада и запас химических элементов. Учет показывает, что суммарный запас опада в сосновом древостое меньшего возраста (25...30 лет) сильно колеблется (от 9,5 до 12,5 т), а в древостое 40-летнего возраста составляет приблизительно 8 т/га. Минимум опада отмечен в сухой период, особенно в январе, феврале и декабре (количество осадков составляет только 9...30 мм в месяц). Максимум опада наблюдался в конце сухого сезона (март—апрель) и в наиболее дождливые месяцы (июнь—сентябрь). Значения запаса опада в течение двух сезонов колебались незначительно, в дождливом сезоне (май—октябрь) составляли 50...65 % от общей суммы. Все это свидетельствует об относительно равном биологическом ритме в течение года (см. рисунок).



Динамика опада в исследуемых сосновых лесах: сплошная линия — древостой I; штриховая — древостой II

Химический состав листового опада показывает (табл. 1), что преобладающими элементами являются азот, кремний, кальций и алюминий. Зольность в опаде и хвое сосны почти одинакова (2,69 %). Химический состав изменяется: в опаде убывает азот, калий, кальций, магний, сера и относительно накапливаются алюминий и железо. Содержание кремния и фосфора мало изменяется. В составе золы содержание  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  равно 55 %,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  — только 25 %. Сумма зольных элементов, возвращаемых с опадом, в среднем достигает 250 и азота 45 кг/га. По запасу зольных элементов на первом месте стоит кремний (45 кг/га), на втором — кальций (35 кг/га), на третьем — алюминий (20 кг/га), затем магний и фосфор и на последнем — калий (табл. 2).

2. Запасы и химический состав подстилок. Запасы подстилок колеблются от 8,5 до 22 т/га (в среднем 16 т/га), при этом запасы слоя  $A_0''$  занимают 85...90 % от суммы (табл. 3). Отношение запаса подстилки к запасу опада составляет 1...2, что показывает среднюю интенсивность разложения растительных остатков. В составе зольных элементов подгоризонта  $A_0''$  доминирует  $\text{SiO}_2$ , количество которого составляет 42 %, содержание  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$  — 30 % и полуторных окислов ( $\text{R}_2\text{O}_3$ ) — 10 %. Незначительная доля в составе золы прихо-

Таблица 1

## Химический состав хвои, опада и подстилки (средние данные)

| Объект изучения  | Сы-<br>рая<br>зола,<br>% | N     | Si                   | Al                  | Fe                  | Ca                  | Mg                  | S                    | Mn                   | P                   | K                   | $\Sigma_{\text{элементы}} + \text{N}$ |
|--|--------------------------|-------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------------|
| Хвоя сосны   | 2,69                     | 1,16  | $\frac{0,467}{37,1}$ | $\frac{0,08}{5,6}$  | $\frac{0,02}{1,1}$  | $\frac{0,41}{21,1}$ | $\frac{0,15}{10,0}$ | $\frac{0,015}{1,4}$  | $\frac{0,07}{3,4}$   | $\frac{0,08}{6,8}$  | $\frac{0,15}{6,7}$  | 2,60                                  |
| Опад   | 2,62                     | 0,481 | $\frac{0,467}{38,1}$ | $\frac{0,21}{15,1}$ | $\frac{0,037}{2,2}$ | $\frac{0,37}{19,7}$ | $\frac{0,10}{6,3}$  | $\frac{0,005}{0,48}$ | $\frac{0,013}{0,61}$ | $\frac{0,07}{6,1}$  | $\frac{0,02}{1,0}$  | 1,77                                  |
| Подстилка  |                          |       | $\frac{0,23}{30,90}$ | $\frac{0,038}{4,5}$ | $\frac{0,026}{2,3}$ | $\frac{0,38}{33,2}$ | $\frac{0,045}{4,7}$ | $\frac{0,004}{0,62}$ | $\frac{0,022}{1,77}$ | $\frac{0,07}{10,0}$ | $\frac{0,04}{3,0}$  | 1,18                                  |
| A <sub>0</sub>   | 1,60                     | 0,330 | $\frac{0,58}{42,3}$  | $\frac{0,13}{8,4}$  | $\frac{0,047}{2,3}$ | $\frac{0,35}{16,7}$ | $\frac{0,23}{13,2}$ | $\frac{0,005}{0,41}$ | $\frac{0,019}{0,86}$ | $\frac{0,06}{4,7}$  | $\frac{0,02}{0,85}$ | 1,74                                  |
| Отношение элементов<br>в A <sub>0</sub> к A <sub>0</sub> |                          | 1,15  | 1,3                  | 1,8                 | 1,0                 | 0,50                | 2,8                 | 0,66                 | 0,48                 | 0,47                | 0,28                |                                       |

Примечание. В числителе — содержание элементов; % на абс. сухое вещество; в знаменателе — содержание окислов, % на золу.

Таблица 2

Запасы азота и зольных элементов в опаде и подстилках, кг/га  
(абс. сухое вещество)

| Объект изучения | Зола  | N    | Si   | Al   | Fe   | Ca   | Mg   | S    | Mn   | P    | K    |
|-----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Опад            | 253,0 | 46,0 | 45,0 | 20,0 | 3,60 | 35,7 | 9,6  | 0,48 | 1,25 | 6,70 | 1,90 |
| Подстилка:      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| A <sub>0</sub>  | 22,0  | 4,8  | 2,8  | 0,5  | 0,47 | 4,4  | 0,8  | 0,06 | 0,20 | 0,86 | 0,28 |
| Ветви           | 12,4  | 3,5  | 2,8  | 0,8  | 0,23 | 2,6  | 0,3  | 0,03 | 0,45 | 0,65 | 0,26 |
| A <sub>0</sub>  | 397,2 | 52,2 | 64,0 | 25,4 | 6,10 | 47,2 | 28,2 | 0,50 | 2,11 | 1,48 | 2,90 |
| Итого           | 431,6 | 60,5 | 69,6 | 26,7 | 6,8  | 54,2 | 29,3 | 0,59 | 2,76 | 2,99 | 3,44 |

Дится на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 5 % и K<sub>2</sub>O — 1 %. В подгоризонте A<sub>0</sub> отмечается снижение содержания SiO<sub>2</sub>, R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и возрастание содержания кальция, фосфора и калия. Это подтверждается отношением элементов, рассчитанных на золу, в подгоризонте A<sub>0</sub> к их содержанию в A<sub>0</sub> (табл. 1).

Таблица 3

Запас подстилки, т/га  
(на абс. сухое вещество)

| Высота<br>над уров-<br>нем<br>моря, м | A <sub>0</sub> ' |       | A <sub>0</sub> " —<br>листья | Всего |
|---------------------------------------|------------------|-------|------------------------------|-------|
|                                       | Листья           | Ветви |                              |       |
| 1 000                                 | 0,78             | 0,84  | 6,88                         | 8,50  |
| 1 200                                 | 1,17             | 1,41  | 20,28                        | 22,86 |
| 1 400                                 | 0,71             | 0     | 8,77                         | 9,48  |
| 1 500                                 | 1,77             | 0,60  | 11,96                        | 14,33 |
| 1 500                                 | 1,81             | 0,91  | 19,96                        | 22,68 |
| 1 700                                 | 2,16             | 0     | 14,08                        | 16,24 |
| 1 900                                 | 1,53             | 1,55  | 12,92                        | 16,00 |
| Среднее                               | 1,42             | 0,75  | 13,55                        | 15,73 |

Примечание. Характеристика древостоя на высоте 1 000 м над уровнем моря: возраст — 40 лет, густота — 250 деревьев на 1 га; 1 200 м — 50 лет и 400 деревьев на 1 га; 1 400 м — 40 лет и 300 деревьев на 1 га; 1 500 м — а) 30 лет и 400 деревьев на 1 га; б) 40 лет и 450 деревьев на 1 га; 1 700 м — 45 лет и 400 деревьев на 1 га; 1 900 м — 40 лет и 400 деревьев на 1 га.

Полученные нами данные показывают, что процессы разложения и превращения растительных остатков тропических сосновых лесов Южного Вьетнама приводят к потерям Ca, K, P, Mg и относительному накоплению Si, Al, Fe. Это согласуется с имеющимися в литературе данными [3—5]. Запасы зольных элементов главным образом содержатся в горизонте A<sub>0</sub>", их сумма составляет 410 кг/га и колеблется от 260 до 500 кг/га; при этом кремний занимает первое место (до 70 кг/га), кальций — второе (50 кг/га); магний и алюминий — третьи (27... 29 кг/га); количество азота в опаде достигает 60 кг/га (табл. 2).

Изучение химического состава хвои сосны *Pinus Kesiya* в провинции Лам Донг показывает, что в наибольшем количестве аккумулируются в хвое азот, кремний и кальций, при этом азота в 2,5—3 раза больше, чем кремния и кальция. Элементы по убыванию содержания можно расположить в следующий ряд: N > Si > Ca > Mg ≥ K > P > Al > Mn > Fe ≥ S. По классификации Л. Е. Родина и М. И. Базилевича [5] мы определяем круговорот зольных элементов и азота в сосновых лесах *Pinus Kesiya* как кальциево-кремниевый-азотный тип.

Таким образом, запас опада и подстилки сосновых лесов *Pinus Kesiya*, химический состав хвои, опада и подстилки, общие для хвойных пород, одновременно отражают условия формирования этих лесов в тропической зоне Вьетнама.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бобрицкая М. А. Методика зольного анализа растений.— М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 1958.— 39 с. [2]. Гришина Л. А., Самойлова Е. М. Учет биомассы и химический анализ растений.— М.: МГУ, 1971.— 98 с. [3]. Карпачевский Л. О. Лес и лесные почвы.— М.: Лесн. пром-сть, 1981.— 262 с. [4]. Родин Л. Е., Базилевич М. И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара.— М.; Л.: Наука, 1965.— 252 с. [5]. Фирсова В. П., Павлова Т. С. Почвенные условия и особенности биологического круговорота веществ в горных сосновых лесах.— М.: Наука, 1983.— 165 с.

УДК 630\*907

## ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИИ НА СОСТОЯНИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ В СЕВЕРНОЙ ПОДЗОНЕ ТАЙГИ

А. В. ЛЕБЕДЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Изучение влияния рекреационных нагрузок на лесные биогеоценозы — весьма актуальная проблема в нашей стране и за рубежом [2, 12, 14, 15]. Один из возможных путей решения этого вопроса — выявление связей между интенсивностью смолывыделения у ели как наиболее очевидного фактора ее биотической резистентности [1, 3, 4, 6, 7, 9, 10] и основными биометрическими и морфологическими параметрами дерева.

Исследования проводили в 1985—1986 гг. на территориях Архангельского и Усть-Двинского лесничеств Архангельского лесхоза в спелых, среднеполнотных ельниках черничных V класса бонитета, на 12 безразмерных пробных площадях, по 100 деревьев на каждой. Пробные площади закладывали в наиболее типичных участках леса, в соответствии с их посещаемостью и степенью рекреационной нагрузки (незначительная, умеренная, повышенная). Зоны посещаемости выделяли по плотности одновременно отдыхающих, определяемой подсчетом в выходные дни в 10-кратной повторности. При этом использовали следующую шкалу: 1...10 чел./га — посещаемость незначительная; 11...20 чел./га — умеренная; 21...30 чел./га — повышенная. Степень рекреационной нагрузки устанавливали по совокупности показателей [8], числовые характеристики которых получали по стандартным методикам, принятым в ботанике, почвоведении и лесоводстве [13] (табл. 1). Зона незначительной посещаемости и рекреационной нагрузки была принята в качестве контрольной.

Таблица 1

Показатели степени рекреационной нагрузки

| Показатели  | Степень рекреационной нагрузки |           |            |
|---|--------------------------------|-----------|------------|
|   | незначительная                 | умеренная | повышенная |
| Площадь тропинойной сети, %                               | 0...5                          | 6...8     | 9...11     |
| Площадь нарушенного напочвенного покрова, %               | 11...20                        | 21...30   | 31...40    |
| Плотность почвенного слоя<br>0...5 см, г/см <sup>3</sup>  | 0,5...0,6                      | 0,7...0,8 | 0,9...1,0  |
| Влажность почвенного слоя<br>0...5 см, %                  | 46...60                        | 31...45   | 16...30    |
| Видовая насыщенность напочвенного покрова, шт.            | 22...25                        | 18...21   | 14...17    |
| Проективное покрытие лесных видов напочвенного покрова, % | 71...80                        | 61...70   | 51...60    |
| Благонадежность подроста, %                               | 51...60                        | 41...50   | 31...40    |

На каждой пробной площади проводили сплошной пересчет деревьев по 4-сантиметровым ступеням толщины. Для каждого дерева отмечали класс Крафта, категорию состояния и степень механического повреждения. Категорию состояния определяли по шкале, принятой в «Санитарных правилах в лесах СССР»: условно здоровые, ослабленные, сильно ослабленные, усыхающие. Степень механических повреждений регистрировали в соответствии с травмированием сектора флоэмы: мелкие — до 25 %, средние — 25...50 %, крупные — более 50 %. У каждого дерева через 24 ч после ранения определяли интенсивность смолывыделения по 5-балльной шкале [9]: 0 — живица не выделилась, место ранения сухое; 1 — живица выделилась в виде разрозненных точек или пленки; 2 — живица выделилась в виде крупных капель; 3 — живица выделилась обильно, но не вытекает; 4 — живица из ранки вытекает или капает.