УДК 630.574.4.42

В.Ф.КОВЯЗИН, *д-р биол. наук*, *профессор, vfkedr@mail.ru*
Е.А.ЛАГУТЕНКО, *аспирантка, heleny200282@yandex.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*)

V.F.KOVYZIN, *Dr. in biol. sc., professor, vfkedr@mail.ru*
E.A.LAGUTENKO, *postg-raduate student, heleny200282@yandex.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (*Technical University*)

МОДЕЛЬ ПРОДУКТИВНОСТИ ЗЕМЕЛЬ ЛЕСНОГО ФОНДА

Модель продуктивности земель лесного фонда позволяет вычислить запас древостоя на лесном участке, характеризующимся определенными природными факторами (агроклиматический и геоморфологический районы, количество осадков, высота над уровнем моря, вид четвертичных отложений). Выполнена проверка наличия связей между природными факторами и продуктивностью земель лесного фонда, построено уравнение регрессии и выполнена его статистическая оценка.

Ключевые слова: продуктивность, земли лесного фонда, корреляционно-регрессионный анализ, коэффициент корреляции, мультиколлинеарность, уравнение регрессии, критерий Фишера.

THE MODEL OF PRODUCTIVITY OF FOREST LAND

The model of efficiency of the earths of forest land allows to calculate a forest stand stock on a forest plot, characterized by certain natural factors (agroclimatic and geomorphological areas, an amount of precipitation, height above sea level, a kind of quaternary adjournment). Stock-taking of communications between natural factors and efficiency of the earths of wood fund is executed, the equation of regress is constructed and its statistical estimation is executed.

Key words: efficiency, the earths of wood fund, korreljatsionno-regressionnyj the analysis, correlation factor, a multicollinearity, the regress equation, Fisher's criterion.

Лесной фонд это природно-хозяйственный объект федеральной собственности, лесных отношений, управления, использования и воспроизводства лесов, представляющий совокупность лесов и земель в границах, установленных в соответствии с лесным и земельным законодательством. В настоящее время понятие «государственный лесной фонд» распространяется на земли Российской Федерации, управляемые с целью ведения лесного хозяйства. Согласно Лесному кодексу РФ [1] лесной фонд образуют все леса, за исключением лесов, расположенных на землях Министерства обороны и землях населенных пунктов (поселений), а также земли лесного фонда, не покрытые лесной растительностью.

Продуктивность земель лесного фонда определяется классом бонитета (от I до V), который характеризуется определенным запасом древостоя. По исследованиям ученых на формирование поверхностного слоя земли (почвы) и его продуктивности влияют природные факторы (Н.А.Солнцев, А.Г.Исаченко, Д.М.Киреев), наиболее важные для лесных земель: высота над уровнем моря, количество выпавших осадков, вид четвертичных отложений, агроклиматический и геоморфологический районы. Нами для построения модели продуктивности земель лесного фонда прове-

дено математическое обоснование роли перечисленных природных факторов.

Модель продуктивности лесных земель строилась на примере биогеоценозов Карельского перешейка методом корреляционно-регрессионного анализа, перед проведением которого была выполнена проверка исходных предпосылок его использования. Установлено, что:

а) Значения средних запасов насаждений по участковым лесничествам стохастически независимы, они образуют случайную выборку. Условие проверялось с помощью критерия квадратов последовательных разностей (табл.1): значение расчетного критерия $\gamma^{(n)} = 1{,}99 > \gamma_\alpha^{(min)} = 1{,}22$;

Таблица 1

Проверка стохастической независимости фактических значений запасов древостоев в условиях Карельского перешейка

Показатель статистики			
Квадрат последовательных разностей, м^3/га		q_n^2	616,29
Среднеарифметическое значение запаса на территории Карельского перешейка, м^3/га		$\overline{X}$	216,00
Стандартное отклонение от среднеарифметического запаса, м^3/га		$\overline{s^2}(n)$	5,15
Критерий последовательных отношений	расчетный	γ_n	1,99
	табличный	$\gamma_\alpha^{(min)}$	1,22
α-квантиль нормального распределения		u_{u_α}	1,64

б) условные дисперсии среднего запаса древостоя, рассчитанного для каждого природного фактора по участковым лесничествам, являлись однородными. Условие проверялось с помощью критерия χ^2 распределения [2]. Табличное значение критерия χ^2 при 95 % уровнем значимости, равно 14,8, а расчетное значение случайной величины равно 0,06, т.е. 14,8 < 0,06;

в) генеральная совокупность значений запаса насаждений по участковым лесничествам подчиняется закону нормального распределения. Условие проверялось тем, насколько точно рассматриваемое эмпирическое распределение соответствует по объему выборки нормальному, представленному теоретическими частотами интервалов (табл.2). Рассчитанное значение критической статистики $\chi_\phi^2 = 5{,}74$ меньше табличного значения критерия с 95 %-ным уровнем значимости $\chi^2 = 9{,}49$.

Таблица 2

Проверка нормальности распределения средних запасов древостоя по участковым лесничествам

Номер интервала	Интервалы	Эмпирические частоты	Нормированная функция	Значения вероятностей	Интервальные вероятности	Теоретические частоты
1	155,00	0	–2,45	0,01	–	–
2	169,30	2	–1,87	0,03	0,02	1
3	183,60	4	–1,30	0,10	0,07	4
4	197,90	6	–0,72	0,23	0,14	8
5	212,19	14	–0,15	0,44	0,21	12
6	226,49	7	0,43	0,66	0,22	13
7	240,79	13	1,00	0,84	0,18	10
8	255,09	6	1,57	0,94	0,10	6
9	269,39	4	2,15	0,98	0,04	2
Σ		56	–	–	0,98	56

Проверка исходных предпосылок позволила использовать для корреляционно-регрессионного анализа совокупность запаса насаждений в лесничествах Карельского перешейка.

Затем проверялась мультиколлинеарность природных факторов. Одним из основных индикаторов определения наличия мультиколлинеарности между природными факторами являлось превышение парным коэффициентом корреляции величины 0,8 [3]. Для оценки тесноты связи значений двух любых природных факторов, исключая влияние остальных, представленных в уравнении множественной регрессии, рассчитывались линейные коэффициенты частной корреляции. Матрица коэффициентов корреляции природных факторов показана в табл.3.

Установлено, что значения парных и частных коэффициентов корреляции максимальны между высотой над уровнем моря, агроклиматическим (0,312) и геоморфологическим (0,287) районами, но теснота связи между ними слабая.

Вычисление параметров уравнения регрессии выполнялось с помощью программы

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между природными факторами: парные/частные

Природный фактор	Природный фактор				
	Агроклиматический район	Количество осадков	Высота над уровнем моря	Вид четвертичных отложений	Геоморфологический район
Агроклиматический район	1				
Количество осадков	–0,008/–0,107	1			
Высота над уровнем моря	0,298/0,312	–0,014/–0,128	1		
Вид четвертичных отложений	0,002/0,059	0,060/0,191	0,054/0,111	1	
Геоморфологический район	0,186/0,232	0,116/0,227	0,213/0,287	0,083/0,095	1

Microsoft Office Excel с использованием инструмента «Анализ данных», «Регрессия». Качество построенной модели в целом оценивалось коэффициентом детерминации (в табл. «Регрессионная статистика» строка «R-квадрат»). Для возможного применения уравнения регрессии оценивались полученные характеристики уравнения регрессии. Наибольшее значение имело установление статистической значимости коэффициента детерминации и параметров полученного уравнения.

Проверка значимости уравнения в целом, т.е. гипотезы о наличии линейной зависимости между запасом насаждений и природными факторами, проводилось с помощью критерия Фишера. Проверка значимости уравнения в целом предполагало проверку нулевой гипотезы об отсутствии между ними линейной связи (коэффициент корреляции R^2=0), альтернативная гипотеза – R^2 существенно отличен от нуля и уравнение значимо. Если табличное значение критерия Фишера $F_{крит}$ меньше уровня значимости α, то R^2 существенно отличен от нуля.

Полученные коэффициенты проверялись на значимость по *t*-критерию Стьюдента. Вместо табличного значения *t* приведено «Значение вероятности *P*», если это значение меньше уровня значимости α, то соответствующий коэффициент существенно отличен от нуля и может быть использован (табл.4). Стандартные ошибки определения коэффициентов уравнения регрессии невысокие. Табличное значение $t_{крит}$ с 95 % уровнем значимости, равное 1,96, больше фактических значений критерия, а также значение вероятности *P* по каждому фактору меньше принятого 95 % уровня значимости.

Таблица 4

Результаты расчета параметров уравнения регрессии

Параметры уравнения	Коэффициенты	Стандартная ошибка	*t* – критерий Стьюдента	Значение вероятности, *P*
Свободный коэффициент, *Y*	–484,00	11,5	–7,02	0,0000
Агроклиматический район	0,54	0,2	3,64	0,0003
Количество осадков	1,12	0,2	4,79	0,0000
Высота над уровнем моря	0,59	0,1	4,33	0,0000
Вид четвертичных отложений	0,37	0,1	2,51	0,0126
Геоморфологический район	0,61	0,1	4,82	0,0000

Следовательно, вычисленные коэффициенты корреляции значимы, а уравнение имеет следующий вид:

$$Y = –484 + 0,54\cdot X_1 + 1,12\cdot X_2 + \\ + 0,59\cdot X_3 + 0,40\cdot X_4 + 0,61\cdot X_5,$$

где Y – запас древостоя на лесном участке, м^3/га, средний запас древостоя, м^3/га, по: X_1 – агроклиматическому району, X_2 – средне годовому количеству осадков, X_3 –высоте над уровнем моря, X_4 – виду четвертичных отложений, X_5 –геоморфологическому району.

Множественный коэффициент корреляции, равный 88,5 %, указывает на высокую связь между природными факторами и продуктивностью лесных земель. Результаты установления статистической значимости коэффициента детерминации и проверки значимости уравнения приведены в табл.5.

Таблица 5

Результаты дисперсионного анализа

Источники вариации	Число степеней свободы	Сумма квадратов отклонение	Дисперсия на одну степень свободы	Критерий Фишера F	Значение вероятности
Регрессия	5	39 773 603	7 954 721	25,7	$7{,}7 \cdot 10^{-21}$
Остаток	82 705	1 549 674	19		
Итого	82 710	41 323 277	–		

По данным дисперсионного анализа фактическое значение критерия Фишера равно 25,7. Вероятность случайно получить такое значение *F*-критерия составляет $7{,}7 \cdot 10^{-21}$, что не превышает допустимый 95 % уровень значимости. Следовательно, полученное значение запаса насаждения не случайно, оно сформировалось под влиянием природных факторов, т.е. подтвердилась статистическая значимость всего уравнения и показателя тесноты связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006. № 200-ФЗ в ред. от 22.07.2010. № 167-ФЗ // Российская газета. 31.12.2010. №5376.

2. Статистика: Учеб. пособие / Л.П.Харченко, В.Г.Долженкова, В.Г.Ионин и др./ Под ред. В.Г.Ионина. М.: ИНФРА-М, 2006. 384 с.

3. Теория статистики: Учебник / Р.А.Шмойлова, В.Г.Минашкин Н.А.Садовникова и др. / Под ред. Р.А.Шмойловой. М.: Финансы и статистика, 2009. 656 с.

REFERENCES

1. The wood code of the Russian Federation from 04.12.2006. № 200-FZ in ed. from 22.07.2010. № 167-FZ // The Russian newspaper. 31.12.2010. N.5376.

2. Statistic: Teaching aid / L.P.Harchenko, V.G.Doljenkova, V.G.Ionin and etc.; to candidate of economic science B.G.Ionin. Moscow: INFRA-M, 2006. 384 p.

3. Statistic theory: textbook / R.A.Shmoilova, V.G.Minashkin, N.A.Sadovnikova et al. / to R.A.Shmoilova / Moscow: Finances and statistic, 2009. 656 p.