

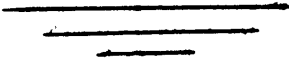
ОПИСАНИЕ ФАЙЛА

Проскуряков М.А. Методика построения эмпирической модели размещения деревьев в горных лесах

Статья. – Известия Академии наук Казахской ССР. Серия биол. – 1978. – №1. – С. 17–24.

В статье предложена методика построения эмпирической модели встречаемости лесообразующей породы в зависимости от экспозиции микросклонов в горном лесу. Построенные по данной методике эмпирические модели сохраняют свое значение без существенной корректировки до тех пор, пока климат местности и видовой состав растительности остаются неизменными. Это позволяет использовать такие модели для решения широкого круга задач лесного хозяйства. В том числе, - при оценке естественного возобновления лесообразующей породы, выборе и подготовке мест для посадки лесных культур или содействия естественному возобновлению, установлении параметров нормального насаждения при таксации и уточнении границ типов леса. А также - для определения оптимальной ориентации поверхности площадок подготавливаемых под посадку лесных культур; в целях определения потенциальной лесистости в районах испытывавших влияние человека на рельеф местности, оценки связанных с этим изменений биологической продуктивности, защитно-охранной и рекреационной роли горных лесов.

Далее следуют материалы опубликованного файла статьи.



УДК 634.09

М. А. ПРОСКУРЯКОВ

**МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ЭМПИРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
РАЗМЕЩЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ В ГОРНЫХ ЛЕСАХ**

В равнинных районах лесорастительные условия изменяются постепенно, поэтому разработанные для них лесоводственные рекомендации могут применяться без особых поправок на обширных территориях. Иное дело — горная местность.

Как известно из обобщений ряда отечественных исследователей [1, 2, 3, 4 и др.], рельеф местности существенно влияет на солевой режим почв, степень их увлажнения, тепловой, световой режим и, в результате, на характер формирования растительного покрова. В связи с этим уже в ранних методических руководствах к исследованию типов леса подчеркивалось, что жизнь лесов, закономерности в их распределении и их история тесно связаны с историей форм рельефа [2].

Значение макро- и мезорельефа как факторов, корректирующих лесорастительные условия, проявляется в масштабе крупных подразделений растительного покрова (лесных массивов и отдельных биогеоценозов). Результаты влияния рельефа на этом уровне наглядны, а потому могут быть легко учтены лесоведами даже без применения специальных методов анализа.

Характер влияния микрорельефа учесть труднее. Так как результаты единичных наблюдений здесь часто варьируют, закономерности

влияния микрорельефа могут быть выявлены лишь путем анализа массовых наблюдений, что требует применения специальных методик. Однако при оценке возобновления, выборе и подготовке мест для посадки лесных культур или содействия естественному возобновлению, уточнении границ типов леса и проведении многих других мероприятий требуется вносить коррективы с учетом лесоводственного значения каждого микроучастка территории леса.

Приблизиться к решению этой задачи нам позволило обобщение проведенных на Тянь-Шане исследований [5, 6, 7], в процессе которых было доказано, что микрорельеф служит основой территориальной матрицы размещения деревьев в лесу, устойчиво сохраняющей свое значение в течение ряда веков. На этой основе в данной работе предлагается метод построения эмпирической модели зависимости встречаемости лесообразующей породы от экспозиции микросклонов в лесу.

Построение эмпирической модели включает следующие операции: выбор района, сбор фактического материала, его камеральная обработка и оформление.

Район, для которого предполагается строить модель, намечается в природе или с помощью картографического материала и данных лесоустройства. Он не должен отличаться существенным варьированием климатообразующих факторов в широтном или меридиональном направлениях, поэтому в большинстве случаев объектом моделирования могут быть леса одного ущелья.

В пределах выбранного района намечают пробные площади, на которых в дальнейшем будет исследоваться размещение растений. Количество выделенных проб может быть различным. Но как минимум их должно быть три-четыре на каждый основной вариант состояния лесистости склонов по высотному профилю. Например, по три-четыре пробных площади у нижней высотной границы распространения лесов; в пределах высот, где намечается переход от нижних высотных границ леса к области оптимальной лесистости; в тех границах высот, где лесистость наивысшая; в пределах высот, соответствующих переходу от оптимальной лесистости к верхней границе леса; наконец, у верхних пределов распространения леса. Всего — 15—20 площадей.

Пробные площади одного высотного подпояса ориентируются так, чтобы вошедшие в них участки отстояли друг от друга по абсолютной высоте местности не далее чем на 50 м. Это делается для того, чтобы избежать существенного влияния высотно-климатической поясности на результаты анализа пробных площадей каждой серии.

Выделенные пробные площади должны иметь участки территории, занятые природными лесами (или вырубками, в отношении хорошего возобновления которых сомнений не имеется), опушками и пограничными с ними безлесными участками. Последние могут составлять около 10% величины пробной площади. Тогда при построении модели удастся отразить и те варианты местообитаний, где лес отсутствует в силу ограничивающих природных факторов. Если рельеф сильно изрезан, в каждом высотном подпоясе нужно закладывать пробные площади с расчетом, чтобы они более или менее пропорционально представляли основные вариации мезорельефа. Это даст возможность учесть более полный набор вариантов экспозиции микросклонов.

В намеченных по высотным подпоясам пробных площадях с помощью буссоли отбиваются визеры, по направлению которых регулярно закладывают учетные площадки. По направлению визиров и между ними площадки размещают на равном расстоянии, обычно $10 \div 20$ м

друг от друга. Общее количество учетных площадок на пробе должно быть таково, чтобы в результате окончательной сводки и сортировки их на каждый вариант экспозиции микросклонов приходилось более 10, а при низкой встречаемости лесообразующей породы — более 20 учетных площадок. Это необходимо для получения статистически надежных оценок средней встречаемости особой лесообразующей породы. Как показал опыт такой работы на Тянь-Шане, при правильном подборе пробных площадей в пределах одного высотного подпояса обычно достаточно заложить около 1200 круговых учетных площадок.

На каждой учетной площадке замеряются азимут и крутизна микросклона; отмечается наличие (или отсутствие) особой лесообразующей породы: жизнеспособного самосева, пней или взрослых деревьев. Отграничение учетных площадок в природе и определение их экспозиции может быть значительно облегчено, если пользоваться ранее описанным нами несложным приспособлением [6]. При этом на полное описание одной учетной площадки уйдет не более 10—15 сек.

Размер учетной площадки целесообразно принять равным средней площади, занимаемой в густом насаждении одним взрослым деревом лесообразующей породы. Это избавит от необходимости учитывать численность самосева.

Запись результатов учета по каждой пробной площади ведется в ведомости, составленной по следующей форме:

№ учетной площадки	Экспозиция склона		Наличие жизнеспособного подроста, взрослых особей или пней деревьев лесообразующей породы
	азимут, град.	крутизна, град.	

В камеральных условиях по перечетным ведомостям отдельно для каждого высотного подпояса определяют границы наибольшей и наименьшей крутизны и диапазон варьирования азимутов склонов на учетных площадках. Затем намечают границы классов по крутизне и азимуту микросклонов; заготавливают ведомости для сортировки полевых данных по пробным площадям. Границы классов азимута и крутизны подбираются эмпирически с таким расчетом, чтобы они позволяли улавливать характер основных изменений встречаемости лесообразующей породы в зависимости от экспозиции склонов микроучастков. В качестве примера отметим, что для условий еловых лесов Тянь-Шаня оказалось целесообразным установить следующий размер классов: по азимуту — 20° , по крутизне склонов — 5° . Соответственно этому использовалась следующая форма ведомости для сортировки полевых данных, собранных на пробной площади:

Экспозиция склона		Общее кол-во учетных площадок	Кол-во учетных площадок, пригодных для поселения лесообразующей породы	Процент учетных площадок, пригодных для поселения лесообразующей породы
азимут, град.	крутизна, град.			
0—20	16—20			
	21—25			
	26—30			
	31—35			
21—40	16—20			
	21—25			
	26—30			
	31—35			

и так далее . . .

По каждой комбинации экспозиции микросклонов рассчитывают процент учетных площадок, занятых лесообразующей породой. Результаты по пробным площадям каждого высотного подпояса выписывают в сводные таблицы (например, см. табл.).

Приступая к анализу полученных полевых данных, надо иметь в виду, что из-за возможного вмешательства человека в природные процессы лесообразования (трелевке при рубках леса, пожарах, выпасе и т. д.) или случайного действия абиотических факторов (ветровала, снежных лавин) бывают ситуации, когда полученные на некоторых пробных площадях оценки встречаемости лесообразующей породы являются нехарактерными для данного района. Конечно, в процессе обследования в природе необходимо сразу браковать «сомнительные» учетные площадки. Но может оказаться, что прямые доказательства необходимости их браковки не удалось установить, или по тем или иным причинам возможность браковки в полевых условиях была упущена. Поэтому возникает задача оценки и браковки данных в камеральных условиях.

В камеральных условиях «подозрительные» средние оценки встречаемости по отдельным пробным площадям могут быть забракованы только путем статистической проверки, например, проверкой гипотезы о принадлежности их к той же генеральной совокупности выборок, к числу которых относится большинство остальных оценок встречаемости лесообразующей породы, полученных на других пробных площадях для рассматриваемого варианта экспозиции склона. Осуществить такую браковку можно следующим путем.

Вначале для полученных по каждой пробе значений встречаемости особой лесообразующей породы рассчитывается ошибка m :

$$m = \pm \sqrt{\frac{F(10-F)}{n}}$$
, где m — ошибка в %, F — встречаемость, n — число учетных площадок, на которых определялась встречаемость.

Вычисленная величина ошибок встречаемостей позволяет сделать предварительную оценку степени статистической надежности их, т. е. выяснить, можно ли их использовать для суждения о величине действительного среднего всей генеральной совокупности. Критерием установления степени надежности среднего, как известно, служит его отношение к величине ошибки среднего — t , равное $\frac{F}{m}$. Если при большом числе учетных площадок величина $t > 3$, то среднее считается статистически надежным. В тех случаях, когда оно < 3 , вычисленные вероятности не могут быть использованы для дальнейшего анализа. Они должны быть отбракованы, или в полевых условиях необходимо произвести дополнительную закладку площадок.

По окончании этой работы имеющиеся по пробным площадям статистически надежные оценки встречаемости для одинаковых вариантов экспозиции склонов сравнивают между собой. Сравнение ведется путем расчета фактической величины нормированного отклонения ($t_{\text{факт}}$) разности, позволяющего установить, что разница между сравниваемыми парами оценок встречаемости отличается от нуля: $t_{\text{факт}} = \frac{d}{m_d}$, где d — разность двух средних встречаемостей, т. е. $F_1 - F_2$, а m — ошибка этой разности, определяемая по формуле $m_d = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$. Величины m_1 и m_2 — соответствующие ошибки встречаемостей F_1 и F_2 .

Далее по таблице значений критерия t — Стьюдента определяется, какова вероятность того, что при найденном значении $t_{\text{факт}}$ разница

между средними может объясняться случайными различиями. Иначе говоря, находим вероятность того, что сравниваемые выборки относятся к одной генеральной совокупности. Для большого количества вариантов ($n_1 + n_2 =$ нескольким десяткам) различие между двумя средними считается надежным, если отношение величины разности к ее ошибке будет > 3 .

Для примера проиллюстрируем особенности расчетов по данным четырех пробных площадей, которые были заложены автором в районе урочища Ассы хребта Заилыйский Алатау на высоте 2500 м над ур. м. Пробные площади закладывались на территории, в прошлом занятой 200-летними насаждениями ели Шренка. Около 40 лет назад они были подвергнуты сплошной рубке с оставлением 20—30 семенников на гектар. В настоящее время лесосеки успешно возобновились. Расстояние от первой до четвертой пробной площади 10 км. Вторая и третья пробные площади находятся между ними.

Обозначив для удобства обсуждения величины встречаемости ели F и величины их ошибок индексами, соответствующими номерам пробных площадей, рассмотрим вначале один вариант экспозиции склонов: азимут $301—320^\circ$, крутизну $26—30^\circ$ (см. табл.).

Как видно из таблицы, на первой пробной площади встречаемость ели Шренка F_1 оказалась равна $94,3\%$. Ее ошибка $m_1 = \pm \sqrt{\frac{94,3(100-94,3)}{35}} = 3,9\%$. Так как $t_{\text{факт}} = \frac{94,3}{3,9} = 24,2$, следовательно, оценка встречаемости надежна. Точно так же после соответствующих расчетов подтвердилась надежность оценок встречаемости, полученных на второй и четвертой пробных площадях.

Ненадежной оказалась оценка встречаемости по третьей пробной площади, т. к. $t_{\text{факт}} = 2,2$, т. е. < 3 . Поэтому из дальнейшего обсуждения материала оценка встречаемости по третьей пробной площади должна быть исключена.

Проводим оценку разности между встречаемостями по материалам первой, второй и четвертой пробных площадей.

$$1. d_{1,2} = F_1 - F_2 = 94,3\% - 76,5\% = 17,8\%; \quad m_d = \sqrt{3,9^2 + 10,3^2} = 11,0\%; \quad t_{\text{факт}} = \frac{17,8}{11,0} = 1,6.$$

$$2. d_{1,4} = 94,3\% - 91,6\% = 2,7\%; \quad m_d = \sqrt{3,9^2 + 8,0^2} = 8,9\%; \quad t_{\text{факт}} = \frac{2,7}{8,5} = 0,3.$$

Как видим, сравнение F_1 , F_2 , и F_4 подтверждает их принадлежность к одной генеральной совокупности. Следовательно, итоговая для данной комбинации экспозиции оценка встречаемости должна быть рассчитана по материалам первой, второй и четвертой пробных площадей.

Так как всего по этим пробным площадям имеется $35 + 17 + 12 = 64$ учетные площадки, из которых елью занято $33 + 13 + 11 = 57$, средняя встречаемость ели будет равна $57 \cdot 100 : 64 = 89,06\%$, а ее ошибка — $m = \pm \sqrt{\frac{89,1(100-89,1)}{64}} = \pm 3,9\%$. Точность определения средней встречаемости в этом варианте экспозиции склона равна $4,4\%$.

Вычисленные по каждой комбинации экспозиции склонов итоговые оценки встречаемости и представляют собой эмпирическую цифровую модель зависимости встречаемости лесообразующей породы от действия фактора экспозиции склонов.

Необходимое для характеристики лесных угодий количество цифровых моделей в ряде случаев может быть значительно сокращено. Основанием для использования общей модели по нескольким ущельям

Расчет модели встречаемости ели Шренка по

Азимут, град.	Крутизна, град.	Проба 1			Проба 2			Кол-во уч. площадок
		Кол-во уч. площадок	P% \pm m%	$t_{\text{факт}}$	Кол-во уч. площадок	P% \pm m%	$t_{\text{факт}}$	
301—320	16—20	30	63,3 \pm 8,8	7,2	50	40,0 \pm 6,9	5,8	14
	21—25	46	82,6 \pm 5,6	14,8	57	70,2 \pm 6,1	11,5	14
	26—30	35	94,3 \pm 3,9	24,2	17	76,5 \pm 10,3	7,4	8
321—340	10—15	11	38,4 \pm 14,5	2,5	19	36,8 \pm 11,1	3,3	28
	16—20	35	60,0 \pm 8,3	7,2	42	64,8 \pm 7,4	8,7	77
	21—25	29	89,6 \pm 5,7	15,7	48	85,4 \pm 5,1	16,7	72
	26—30	28	96,4 \pm 3,5	27,5	34	91,2 \pm 4,9	18,6	39
	31—35	11	100,0 \pm 0,0	—	8	100,0 \pm 0,0	—	22
341—360	16—20	9	11,1 \pm 10,4	1,1	24	41,7 \pm 10,1	4,1	32
	26—30	8	75,0 \pm 15,3	4,9	5	80,0 \pm 17,9	4,5	28

может служить предварительное сравнение их региональных моделей между собой. Также сравнение делается по уже описанной выше методике попарного сравнения пробных площадей. Если же есть твердая уверенность, что климатические условия рядом расположенных районов одинаковы, то для них можно сразу строить общую цифровую модель.

Имея цифровые модели по каждому высотному подпоюсу одного района, целесообразно построить графики, отражающие зависимость встречаемости лесообразующей породы от высоты местоположений над уровнем моря. На таких графиках показывается изменение встречаемости особой лесообразующей породы с высотой над уровнем моря по классам крутизны склонов при постоянном азимуте. И, наоборот, — по классам азимутов при постоянной крутизне. Как примеры приводим оба варианта графиков (рис. 1,2), выполненных по материалам обследования лесов ели Шренка в районе ущелья Правый Талгар (хребет Заилийский Алатау).

Выполненные графики могут служить моделью зависимости встречаемости лесообразующей породы от экспозиции микросклонов и абсолютной высоты местности. Они удобны тем, что позволяют интерполировать значения встречаемости особой лесообразующей породы для промежуточных высотных подпоюсов.

Построенные описанным выше способом цифровые и графические модели можно использовать для решения ряда задач лесного хозяйства. Например, пока еще действующие инструкции по оценке естественного возобновления в горных лесах предлагают сравнивать фактическую численность самосева с имеющимися усредненными придержками по численности самосева для высотного пояса или типа леса. Так как даже тип леса (не говоря уже о высотном поясе) объединяет насаждения широкого диапазона среды обитания, при таком подходе неизбежны грубые ошибки, часто превышающие 100—200%. При наличии же цифровых моделей задача оценки характера естественного возобновления может решаться с учетом конкретных особенностей каждого

обследуемого участка. Для этого намеченный участок описывают по рассмотренной выше методике; затем полученные по имеющимся в нем комбинациям экспозиций склонов оценки встречаемости лесобра-

данным пробных площадей (пояснения в тексте)

Проба 3		Проба 4				Параметры модели			
Р% ± m%	t _{факт}	Кол-во уч. площа-док	Р% ± m%	t _{факт}	№ взятых проб	Кол-во уч. площа-док	Р% ± m%	Точность исследования, %	
42,9 ± 13,3	3,2	—	—	—	2,3	64	40,6 ± 6,1	15,0	
53,8 ± 13,3	4,0	—	—	—	1,2	103	75,7 ± 4,2	5,5	
37,5 ± 17,1	2,2	12	91,6 ± 8,0	11,5	1,4	47	89,1 ± 3,9	4,4	
29,6 ± 3,6	3,4	—	—	—	2,3	47	31,9 ± 6,8	21,3	
57,0 ± 5,6	10,2	9	88,9 ± 10,4	8,6	1,2,3	154	60,4 ± 3,9	6,5	
67,6 ± 5,5	12,3	19	100,0 ± 0,0	—	1,2	77	85,7 ± 4,0	4,7	
76,9 ± 6,7	11,5	16	93,8 ± 6,0	15,6	1,2,4	78	93,6 ± 2,8	3,0	
90,9 ± 6,1	14,9	—	—	—	1,2	19	100,0 ± 0,0	0,0	
69,4 ± 8,1	8,6	13	76,9 ± 11,7	6,7	3,4	45	77,8 ± 6,2	8,0	
85,7 ± 6,6	13,0	9	100,0 ± 0,0	—	1,2,3	41	82,9 ± 5,9	7,1	

зующей породы сравнивают с модельными значениями. Сравнение ведется с помощью критерия *t* — Стьюдента так, как это делалось нами при построении модели. Оно позволит оценить картину возобновления в целом и выявить те комбинации микроучастков, где естественное возобновление идет неудовлетворительно.

Графические модели зависимости встречаемости лесобразующей породы от экспозиции склонов и абсолютной высоты местности могут быть полезны для установления оптимальной ориентации поверхностей площадок, подготавливаемых под посадку лесных культур. Это позволит добиться более высокой приживаемости культур и сократит затраты на их дополнение.

При восстановлении нарушенных по тем или иным причинам лесных угодий заповедников очень важно воссоздать природный рисунок размещения деревьев. Здесь использование модели целесообразно для корректировки мест посадки лесных культур.

В горных районах варьирование среды происходит резко и часто.

Соответственно варьируют и параметры нормального насаждения, по которым, как известно, вынуждены ориентироваться таксаторы. С помощью модели всегда можно установить, нормальна или нет обле-сенность того или иного участка склона.

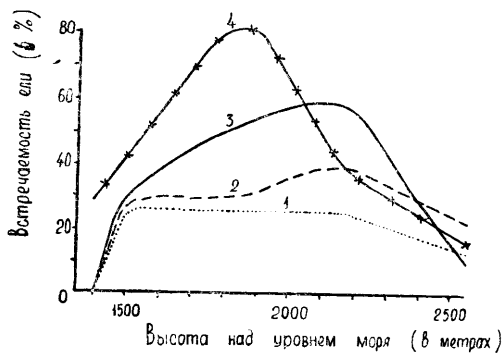


Рис. 1. Зависимость встречаемости ели Шренка от абсолютной высоты местоположений при крутизне склона 31—35°. Варианты азимутов склонов: 1 — 1—20°; 2 — 341—360°; 3 — 21—40°; 4 — 321—340°

В последнее время лесоводами признана весьма перспективной и усиленно разрабатывается генетическая классификация типов леса. Однако подбор в натуре участков, иллюстрирующих звенья каждого генетического ряда типов леса, часто зависит от интуиции и опыта исполнителя. Применение в таких случаях моделей позволит исходить из объективной оценки лесорастительных условий, а следовательно, избежать ошибок в назначении лесохозяйственных мероприятий.

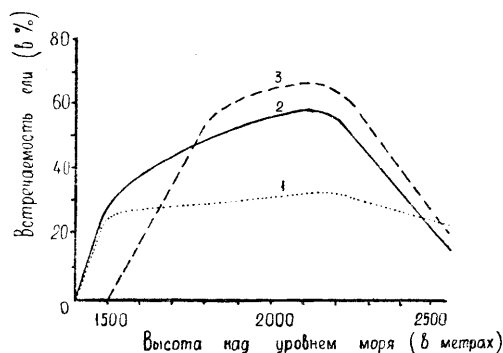


Рис. 2. Зависимость встречаемости ели Шренка от абсолютной высоты местоположений при азимуте склона 21–40°. Варианты крутизны склонов: 1 — 26–30°; 2 — 31–35°; 3 — 36–40°

Рекомендуемая модель может быть полезной также для выяснения потенциальной оптимальной лесистости в районах, испытавших влияние человека. Ее целесообразно использовать в работах по анализу и прогнозу последствий антропогенного воздействия на рельеф местности: изменений лесистости и связанных с ними защитно-охранной роли лесов, их биологической продуктивности.

В заключение отметим, что построенные эмпирические модели сохраняют свое значение без существенных поправок очень длительное время: пока климат местности и видовой состав растительности остаются неизменными. Эта особенность в сочетании с возможностью использования моделей для решения широкого круга задач лесного хозяйства оправдывает необходимые для их построения затраты и позволяет ставить вопрос о практическом внедрении метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Высоцкий Г. Н. Очерки о почвах и режиме грунтовых вод. — «Бюл. почвовед», 1927, № 1–8.
2. Сукачев В. Н. Руководство к исследованию типов леса. М.—Л., 1931.
3. Раменский Л. Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. М., 1938.
4. Погребняк П. С. Общее лесоводство.
5. Проскураков М. А. Закономерности формирования пространственной структуры древостоев горных еловых лесов Тянь-Шаня. — «Лесоведение», 1971, № 6.
6. Проскураков М. А. Анализ структуры древостоев ели Шренка. Автореф. докт. дис. Алма-Ата, 1973.
7. Проскураков М. А. Принципы эмпирического моделирования возможностей территориального распределения ели в лесах Тянь-Шаня. — «Экология», 1974, № 3.

Резюме

Бұл методиканың негізі етіліп, ормандағы ағаштың өсу түрлерінің бір-біріне және беткейлерге байланысты екені туралы анализі алынған.