

УДК 551.583, 338.480

**Обоснование размеров лесных полос,
защищающих склоны от паводков**

Николай Александрович Битюков

Сочинский государственный университет, Россия
354000, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Советская, 26 а
Доктор биологических наук, профессор
E-mail: nikbit@mail.ru

Аннотация. В статье на основе теоретических разработок и экспериментальных исследований предложен способ расчета защитных лесных полос на горных склонах в условиях Северо-Западного Кавказа. Разработана зависимость для определения ширины защитных лесных полос вдоль рек и на горных склонах, подвергшихся антропогенному воздействию. Приведена шкала оценки коэффициентов шероховатости для практических расчетов размеров защитных лесных полос.

Ключевые слова: Северо-Западный Кавказ; склоновый сток; защитные лесные полосы.

Введение. В проблеме использования лесных, земельных и водных ресурсов горных районов роль лесной растительности как средообразующего фактора исключительно велика, поскольку состоянием лесов, их качеством, количеством и территориальным размещением определяется равновесная динамика многих природных процессов. Из всего многообразия влияния горных лесов на среду их водорегулирующая и почвозащитная роль в большинстве случаев является определяющей.

Водорегулирующие и почвозащитные функции горных лесов связаны с активным положительным воздействием лесной растительности (биологическим и механическим) на воднофизические свойства почв (водопроницаемость, водовместимость) и осуществляются через перераспределение стока во времени за счет снижения поверхностного и увеличения грунтового стока и предохранения почвенного покрова от разрушения.

В работе использован экспериментальный метод, который включает теоретические предпосылки и математический расчет образования склонового стока в горных условиях.

Материалы исследований, проведенных в различных районах страны, а также зарубежные данные показывают, что всякое вовлечение горных лесных территорий в хозяйственный оборот приводит к нарушению природных взаимосвязей, ухудшению водорегулирующей роли лесной растительности. При этом наиболее резко ухудшаются водорегулирующие свойства участков, осваиваемых под сельхозугодья, значительно снижается водорегулирующий эффект на площадях рубок и при рекреационных лесопользованиях и т.д.

Обсуждение. Хозяйственное освоение горных склонов приводит не только к нарушению условий стока атмосферных осадков, но и развитию эрозионных процессов. В защите основных рек от паводочных вод и загрязнения смытой со склонов и прибрежных площадей почвой, важное значение приобретают защитные лесные полосы вдоль русел рек, тальвегов водотоков и понижений. Основное их назначение – перехватить поверхностный сток, возникающий на участках склонов, находящихся под интенсивным хозяйственным воздействием, перевести его во внутрипочвенный и исключить эрозионные и другие вредные явления.

На основе экспериментальных работ, выполненных учеными ФГУ «НИИгорлесэкол» совместно с кафедрой гидрологии Одесского гидрометинститута на территории Северо-Западного Кавказа, разработана зависимость для определения ширины защитных лесных полос вдоль рек и на горных склонах. В ее основу положена следующая схема формирования стока на горных склонах. Поверхностный сток возникает на площадях, где под влиянием хозяйственной деятельности или других причин уменьшаются величины

поверхностного впитывания и их значения оказываются меньше интенсивностей ливней. Сток формируется в пределах элементарных водосборов, располагающихся вдоль склона к основной реке (рис. 1).

Для поглощения поверхностного стока, формирующегося в верхней, хозяйственно-используемой части такого элементарного водосбора, в нижней его части, примыкающей к реке, размещается защитная лесная полоса, характеризующаяся высокими водопоглотительными свойствами. Ширина полосы должна удовлетворять условию полного поглощения поверхностного водотока и перевода его во внутрипочвенный. Очевидно, что на ширину защитной лесной полосы будут оказывать влияние такие факторы, как интенсивность осадков, протяженность и крутизна склона, впитывающая способность и коэффициент шероховатости почвенного покрова и т.д.

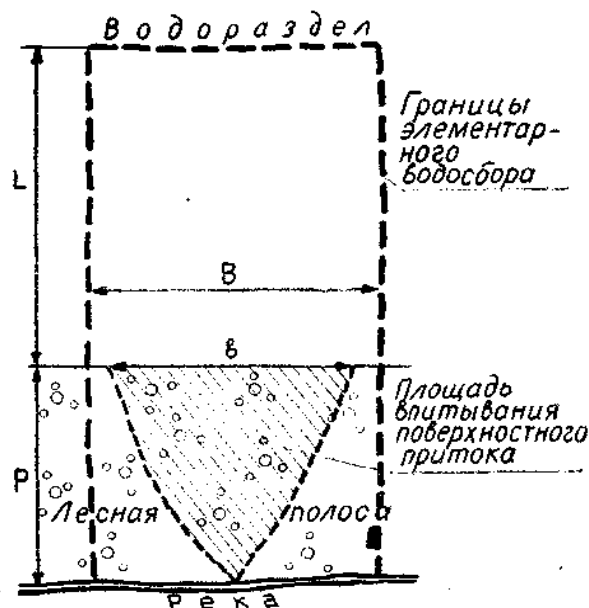


Рис. 1. Схема элементарного водосбора

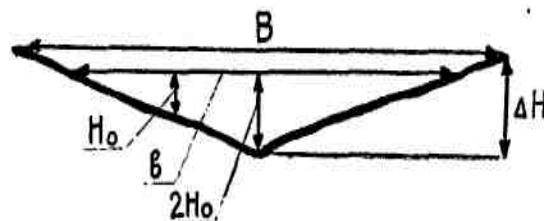


Рис. 2. Сечение элементарного водосбора

Для вывода зависимости рассмотрим следующую схематическую модель (рис. 1). На склоне от водораздела до реки имеется хозяйственно-используемая площадь (протяженностью вдоль склона L), с которой часть атмосферных осадков стекает в виде поверхностного стока. В нижней части склона, примыкающего к реке, располагается защитная лесная полоса шириной P, которая по условию должна поглощать поверхностный сток, поступающий с верхней части склона, и переводить его в дренажный. Склон от линии водораздела до основной реки обычно расчленен понижениями и повышениями рельефа на ряд отдельных небольших водосборов. Обозначим среднюю ширину таких водосборов – B, а глубину вреза тальвегов или бутристость – ΔH. Таким образом, площадь элементарного водосбора на склоне будет равна:

$$BL \text{ м}^2 \text{ или } \frac{BL}{10^6} \text{ км}^2 \quad (1)$$

Расход поверхностного притока (Q) с площади BL можно определить через модуль стока (q):

$$Q = q \frac{BL}{10^6} \text{ м}^3/\text{с} \quad (2)$$

где: q — модуль стока в м³/сек с 1 км², определяемый по зависимости:

$$q = 16,7 (h_0 - K_{\text{п}}) \text{ м}^3/\text{км}^2 \text{ с} \quad (3)$$

Здесь: h_0 — интенсивность осадков в мм /мин; $K_{\text{п}}$ — интенсивность инфильтрации (впитывания) на хозяйственно-используемой части склона, мм/мин; 16,7 — коэффициент, учитывающий размерности величин.

Интенсивность впитывания в защитной лесной полосе обозначена через $Kл$ мм/мин, расход впитывания на площади полного поглощения притока – $Q_{вп}$ м³/сек, ширина полосы впитывания, затапливаемая притоком с верхней части элементарного водосбора – b , м.

Расход впитывания на площади полного поглощения притока составит:

$$Q = \frac{1/2b \cdot P}{10^6} \cdot 16,7 Kл \quad \text{м}^3/\text{с} \quad (4)$$

где: P – ширина защитной лесной полосы, м.

Здесь в расчет взята половина величины « b », поскольку площадь впитывания схематически можно представить в виде треугольника, в котором среднее значение « $b/2$ » приближенно равно $1/2$, а площадь впитывания (S) лесной полосой:

$$S = \frac{1/2b \cdot P}{10^6} \quad (5)$$

По условию, расход поверхностного притока Q равен расходу впитывания, $Q_{вп}$.

Следовательно:

$$q \frac{B}{10^6} = \frac{1/2bP \cdot 16,7 Kл}{10^6}, \text{ или:} \quad (6)$$

$$16,7 (h_0 - Kн) BL = 1/2 bP \cdot 16,7 Kл \quad (7)$$

Отсюда зависимость для определения ширины защитной лесной полосы будет иметь вид:

$$P = \frac{2(h_0 - Kн) \cdot BL}{Kл \cdot b} \quad \text{м} \quad (8)$$

Эту зависимость можно было бы принять в качестве расчетной, если бы $b=B$. Но поскольку $b < B$, необходимо величину « b » определить дополнительно.

Строение элементарного водосбора и живое сечение потока на границе защитной лесной полосы и защищаемой части склона можно представить в виде треугольников (рис. 2) с основаниями B и b , в которых ΔH – бутристость, H_0 – средняя глубина потока, $2H_0$ – максимальная глубина потока.

Эти величины связаны соотношением:

$$\frac{2H_0}{\Delta H} = \frac{b}{B} \quad (9)$$

Скорость течения водотока в верхнем створе (V) может быть установлена из зависимости:

$$V = m \sqrt{J} \sqrt{y} \quad \text{м/мин} \quad (10)$$

Здесь m – коэффициент, учитывающий шероховатость почвенного покрова; J – уклон; y – глубина воды при стекании ровным слоем по склону.

Глубину « y » можно приравнять к $H_{ср}$, где $H_{ср}$ – средняя глубина по пути стекания

потока в защитной лесной полосе, равная $H_{ср} = \frac{H_0}{2}$.

Из зависимости (10) находим:

$$V = m \sqrt{J} \sqrt{y} = m \frac{\sqrt{J}}{60} \sqrt{H_{ср} \cdot 1000} \quad \text{м/с.} \quad (11)$$

$$\text{или: } V = 0,527 m \sqrt{J} \sqrt{H_{ср}} \quad \text{м/с.} \quad (12)$$

Известно, что величина расхода воды определяется соотношением:

$$Q = V \cdot W \quad \text{м}^3/\text{с}, \quad (13)$$

где: W – площадь живого сечения потока.

Исходя из схемы (рис. 2), W равно:

$$W = \frac{H_0}{2} \cdot b \quad (14)$$

Используя зависимости (12) и (14), находим:

$$Q = 0,527m\sqrt{J}\sqrt{H_{cp}}\frac{H_0}{2} \cdot b \quad (15)$$

Величину «b» можно найти из соотношения (9):

$$b = 2B\frac{H_0}{\Delta H} \quad (16)$$

Следовательно:

$$Q = 0,527m\sqrt{J}\sqrt{H_{cp}}\frac{H_0 2BH_0}{\Delta H 2} \quad (17)$$

После преобразований:

$$Q = 0,527m\sqrt{J}\sqrt{0,5H_0}\frac{H_0^2 B}{\Delta H} \quad \text{или:} \quad (18)$$

$$Q = 0,372m\sqrt{J}H_0^{2,5}\frac{B}{\Delta H} \quad (19)$$

Зависимость (19) дает возможность найти величину Но:

$$H_0 = \left(\frac{Q\Delta H}{0,372m\sqrt{JB}} \right)^{0,4} \quad (20)$$

Подставив в выражение (16) величину Но по (20) находим:

$$b = \frac{2B}{\Delta H} \left(\frac{Q\Delta H}{0,372m\sqrt{JB}} \right)^{0,4} \quad (21)$$

Введя полученное значение «b» в (8) имеем:

$$P = \frac{2(h_0 - K_n)}{K_n} \cdot \frac{BL\Delta H}{2B} \left(\frac{0,372m\sqrt{JB}}{Q\Delta H} \right)^{0,4} \quad (22)$$

После преобразований зависимость для определения ширины защитных лесных полос вдоль горных рек имеет вид:

$$P = \frac{L \cdot \Delta H (h_0 - K_n)}{K_n} \left(\frac{0,372m\sqrt{JB}}{Q\Delta H} \right)^{0,4} \quad (23)$$

В эту формулу следует ввести редукционный коэффициент А, учитывающий неоднородность почвенных условий в отношении шероховатости и впитывающей способности на площади, с которой формируется склоновый сток. Тогда:

$$P = A \frac{L \cdot \Delta H (h_0 - K_n)}{K_n} \left(\frac{0,372m\sqrt{JB}}{Q\Delta H} \right)^{0,4} \quad (24)$$

Здесь:

Р – ширина защитной лесной полосы, м; h_0 – интенсивность осадков, мм/мин;

L – длина линии стока, м;

Кл – впитывание в защитной лесной полосе, мм/мин;

Кп – интенсивность впитывания на хозяйственно-используемой части склона, мм/мин;

В – расстояние между микроводоразделами, м;

m – коэффициент шероховатости почвенного покрова защитной полосы;

J – уклон в долях от единицы;

ΔH – бугристость, м;

Q – расход поверхностного притока со склона, м³/с.;

A – редукционный коэффициент, учитывающий неоднородность почв на элементарном водосборе в отношении их водно-физических свойств.

Параметры, входящие в выражение (24), определяются следующим образом:

В и L – промерами в натуре или по планам; h_0 – по экспериментальным данным или по климатическим справочникам (ориентация на ливни редкой повторяемости);

Кл и Кп – по опытным данным;

J и ΔH – по данным геодезической съемки элементарных водосборов или по картографическим материалам.

Коэффициент шероховатости «m» может быть найден экспериментальным путем по зависимости:

$$m = V \sqrt{\frac{VB}{JQ_m}} \quad (25)$$

Здесь: J и B – уклон и ширина площадки, подвергаемой искусственному дождеванию, а величина скорости добегаания максимума V и расход при максимуме Q_m определяются по методике А.Н. Бефани (1966). Время добегаания паводочной волны при постоянной интенсивности дождя устанавливается как интервал между началом стока и точкой перегиба гидрографа, в которой ускоренное нарастание стока по вогнутой кривой (фаза неполного стока) переходит к замедленному нарастанию по выпуклой кривой (фаза полного стока).

Таблица 1

Коэффициенты шероховатости (m) по экспериментальным исследованиям на Северо-Западном Кавказе

Растительный покров и его состояние	Коэффициент шероховатости «m»	Растительный покров и его состояние	Коэффициент шероховатости «m»
1. Ненарушенный сомкнутый продуктивный древостой и сплошные кустарниковые заросли	1,0	6. Сильно нарушенные кустарниковые заросли (шибляк)	3,4
2. Сомкнутые молодняки II класса возраста	1,2	7. Сплошная свежая вырубка с раскорчевкой и рыхлением почвы	6,0
3. Расстроенный древостой вторичного происхождения (редины)	4,0	8. Промышленная чайная плантация	1,3
4. Свежая сплошная вырубка без повреждений почвенного покрова	1,4	9. Окно группово-выборочной рубки	1,7
5. Свежая сплошная вырубка с частичным повреждением почвенного покрова	2,5	10. Выпас с затравленным травостоем	3,0

Исследованиями в Карпатах и горах Сихотэ-Алиня (Бефани и др., 1966, 1967) показано, что значения $m=1$ приурочены к сомкнутым продуктивным насаждениям и густым кустарниковым зарослям. Для склонов с изреженным травостоем $m=4$; для склонов, лишенных сплошного травяного покрова (пар, пропашные, жнивье и т.п.) $m=6,5$. Исследованиями, выполненными на Северо-Западном Кавказе, получены значения «m», помещенные в таблице 1.

Примечания:

1. Бефани А.Н. Основные положения теории речного стока. Труды ОГМИ. Вып. 12. 1958. 300 с.

2. Бефани А.Н., Бефани Н.Ф., Вишневский П.Ф., Иваненко А.Г., Позднякова В.Б., Тюття К.К. Экспериментальные исследования дождевого стока в Карпатах (бассейн р. Рики). Тр. УкрНИГМИ В. 69. Л.: Гидрометеиздат, 1967. 278 с.

3. Бефани А.Н., Иваненко А.Г. Водный баланс горных склонов. Труды УкрНИГМИ. Вып. 69. Л.: Гидрометеиздат, 1967. С. 150-180.

4. Бефани А.Н., Урываев П.А., Бефани Н.Ф., Одрова Т.В., Федорей В.Г. Экспериментальные исследования дождевого стока в Приморье. Труды ДВНИГМИ. Вып. 22. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 315 с.
5. Битюков Н.А. Методические принципы изучения гидрологической роли горных лесов // Проблемы лесоведения и лесной экологии: Тез. докл. АН СССР, Госкомлес СССР. М., 1990. С. 8-11.
6. Битюков Н.А. Режим влажности бурых лесных почв Черноморского побережья Кавказа // Почвоведение. 1973. № 11. С. 77-85.
7. Битюков Н.А. Экология горных лесов Причерноморья: Монография / Сочи: ФГУ НИИгорлесэкол. 2007. 397 с.
8. Битюков Н.А., Коваль И.П. Экспериментальные исследования гидрологической роли буковых лесов / Сб. «Повышение продуктивности, водоохраных и защитных функций // М., ВНИИЛМ. 1969. С.11-15.
9. Коваль И.П., Битюков Н.А. Экологические основы использования лесов на горных водосборах (на примере Северного Кавказа). Краснодар, 2001. 408 с.
10. Коваль И.П., Битюков Н.А., Шевцов Б.П. Экологические основы горного лесоводства: Монография / Сочи: ФБГУ НИИгорлесэкол, 2012. 565 с.

UDC 551.583, 338.480

Justification of Size of Forest Strips, Preventing Flood Damage of Slopes

Nikolai A. Bityukov

Sochi State University, Russia
26a, Sovetskaya street, Sochi city, 354000
Dr., Professor
E-mail: nikbit@mail.ru

Abstract. The article, using theoretical developments and experimental research, offers the method to calculate the size of protective forest strips on mountain slopes of North-Western Caucasus. The paper develops the dependence to calculate the width of protective forest strips along the rivers and on mountain slopes, influenced by man. The rating scale of roughness coefficient for experimental calculation of protective forest strips size is presented.

Keywords: North-Western Caucasus; slope runoff; protective forest strips.