

УДК 631.459.001.2:630:379.85

В. М. Ивонин, И. В. Воскобойникова

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

ТУРИЗМ И ПОЧВОЗАЩИТНАЯ РОЛЬ РЕЛИКТОВЫХ ЛЕСОВ КОЛХИДЫ

Цель исследования – изучение допустимых рекреационных нагрузок в реликтовых лесах Колхиды, которые обеспечивают отсутствие процессов эрозии почв на склонах. Методы исследований: моделирование рекреационных нагрузок; исследование эрозии почвы при искусственном дожде; обработка данных с помощью компьютерных программ. В лесах Колхиды на склонах ущелий средняя воздушно-сухая масса лесной подстилки и живого напочвенного покрова составляет около 4 т/га, а содержание органического вещества в верхнем слое почвы – 6,2 %. При рекреационных нагрузках $\geq 4,5$ чел./га поверхность почвы полностью минерализуется, а содержание органического вещества уменьшается. Это происходит потому, что под шагами туристов воздушно-сухая масса лесной подстилки и живого напочвенного покрова, а также поверхностный слой почвы передвигается вниз по склону. Плотность верхнего слоя почвы увеличивается по мере возрастания рекреационных нагрузок, а пористость и коэффициент пористости уменьшаются. При плотности почв свыше 1,4 г/см³ интенсивность впитывания осадков приближается к нулю. Если же плотность почвы менее 1,1 г/см³, интенсивность впитывания достигает интенсивности выпадения осадков (3 мм/мин) и сток отсутствует. На склонах ущелий рекреационная плотность 0,5 чел./га и более приводит к увеличению коэффициентов стока до 0,4 и выше. Усиление поверхностного стока вызывает активизацию эрозии почв. Выведено уравнение множественной связи эрозии почв, рекреационной плотности и крутизны склона. Это уравнение использовано для расчетов допустимых рекреационных плотностей, исключаящих ливневую эрозию почв. На склонах первой группы крутизны (до 10°) допустимые рекреационные нагрузки не должны превышать 1,7 чел./га. На склонах крутизной от 11 до 17° они изменяются от 1,5 до 0,1 чел./га. На склонах круче 17° любые рекреационные нагрузки вызовут эрозию почв при ливнях.

Ключевые слова: реликтовый лес, туризм, рекреационная нагрузка, крутизна склона, эрозия почв.

V. M. Ivonin, I. V. Voskoboinikova

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

TOURISM AND SOIL PROTECTIVE ROLE OF COLCHIS RELICT FORESTS

The purpose of research is the study of permissible recreational loadings in the Colchis relict forests, which provide the absence of soil erosion processes on the slopes. The research methods are the recreational loadings modeling; the study of soil erosion at artificial rain; data processing by computer programs. An average air-dry weight of the forest floor and the live ground cover on the slopes of gorges in the Colchis forests is about 4 t/ha, and the content of organic matter in topsoil is 6.2 %. With recreational loads ≥ 4.5 pers./ha, the soil surface is completely mineralized, and the organic matter content decreases. This happens as air-dry

weight of the forest floor and the live ground cover, as well as the surface soil layer move down the hill under the tourist's steps. The topsoil density increases with the increasing of recreational loadings and porosity and phi/porosity fractions decrease. With the soil density above 1.4 g/cm^3 precipitation uptake rate is close to zero. If the soil density is less 1.1 g/cm^3 , precipitation uptake rate reaches the intensity of precipitation events (intensity of rainfall) (3 mm/min) and the runoff is absent. The recreation density on the gorges slopes ≥ 0.5 persons/ha leads to the strengthening of runoff coefficients up to ≥ 0.4 . The increase of surface runoff causes soil erosion activation. The equation of multiple links of erosion, recreational density and the slope steepness have been derived. This equation was used to calculate the permissible recreational densities, excluding storm erosion. On the slopes of the first group of steepness (up to 10°) recreational loadings must not exceed 1.7 pers./ha . On the slopes of steepness from 11 to 17° , they vary from 1.5 to 0.1 pers./ha . On slopes steeper 17° , any recreational loadings cause soil erosion with showers

Keywords: relict forest, tourism, recreational loading, slope ratio (steepness of slope), soil erosion.

Введение. Местами концентрации сохранившихся с доледникового периода эндемичных и реликтовых видов растений на Западном Кавказе являются рефугиумами (убежищами) – участками ущелий горных речек и ручьев, которые относятся к Эвксинской флористической провинции [1].

Леса этой провинции характерны колхидским подлеском, наличием яруса самшита колхидского, деревья которого обычно покрывает мох неккера. Здесь представлены лианы: плющ колхидский, ломонос виноградно-лиственный и др. Подрост самшита заселяет даже полки отвесных скал ущелий, с которых свисают папоротники и стебли плюща.

Все это при наличии живописных водопадов, водоскатов, порогов и чаш воды на речках и ручьях привлекает туристов, что приводит к деградации реликтовых экосистем. Первым признаком такой деградации служит эрозия почв на склонах ущелий.

Рекреационные аспекты горных территорий и обоснование допустимых рекреационных нагрузок на леса Западного Кавказа представлены в научных публикациях М. Р. Дрясева, А. Е. Айларова, В. М. Ивонина, В. Е. Авдониной, Т. Е. Исаченко, В. П. Чижовой, И. В. Воскобойниковой и других [2–5].

Считают, что в колхидских лиановых лесах рекреационные нагрузки не должны вызывать эрозию, превышающую 1 т/га [6]. Однако в соответ-

ствии с теоретической концепцией эрозии почв при осуществлении рекреационной деятельности в лесах должно обеспечиваться полное предупреждение эрозии почв [7]. Поэтому целью исследований являлось изучение допустимых рекреационных нагрузок в реликтовых лесах Колхиды, которые обеспечивают отсутствие процессов эрозии почв на склонах.

Материалы и методы. При проведении работ использовали основную величину рекреационных нагрузок – рекреационную плотность (согласно ОСТ 56-100-95¹, рекреационная плотность – это одновременное количество посетителей на единице площади за период измерения – Rd , чел./га).

Исследования проводились в урочище Джегош Головинского участкового лесничества Сочинского национального парка (СНП). Здесь находится наиболее популярный туристский объект – 33 водопада. В каньоне ручья оборудована закольцованная тропа в виде деревянных трапов, мостиков и смотровых площадок возле отвесных откосов каньона, полки и отдельные участки склонов которого заселила колхидская растительность.

Тропа в виде деревянных трапов (580 м) подразделена на 34 участка с крутизной подъема, достигающей 33°, и крутизной спуска, достигающей 35°. В месте закольцовывания этой тропы (высшая точка подъема по трапам) поток рекреантов раздваивается. Одна часть посетителей спускается по деревянным трапам вдоль противоположного откоса каньона. Другие экскурсанты вступают на участок «дикой» тропы, проходящей среди колхидского лианового леса.

Таксационная характеристика этого участка леса, тяготеющего к исследуемому участку «дикой» тропы (квартал 39, выдел 4), следующая: состав первого яруса 5ДС4Г1КЛП, второго яруса – 10СМ (ДС – дуб скальный, Г – граб кавказский, КЛП – клен полевой, СМ – самшит колхидский).

¹ ОСТ 56-100-95. Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы. – Введ. 1995-01-09. – М., 1995. – 14 с.

Возраст дуба скального, граба кавказского и клена полевого – 140 лет, самшита колхидского – 120 лет; средняя высота дуба – 24 м, граба – 18 м, клена – 15 м; средние диаметры стволов – соответственно 62, 30, 22 см. У самшита эти показатели составляют 6 и 7 см. Насаждение характеризуется III классом бонитета. Полнота первого яруса – 0,3, второго – 0,6, запас древесины равен $400 \text{ м}^3/\text{га}$, в том числе самшита – $40 \text{ м}^3/\text{га}$ [3].

Под пологом леса имеется средний ($h = 0,5\text{--}1,0 \text{ м}$) и мелкий ($h \leq 0,5 \text{ м}$) подрост самшита до 6 тыс. шт./га. В состав вечнозеленого подлеска входит иглица колхидская. Живой напочвенный покров (ЖНП) характеризуют тамус обыкновенный, листовник сколопендровый, трахистемон восточный, тайник овальный, окопник крупноцветковый, щитовник мужской и другие виды. Внеярусную растительность представляет плющ колхидский.

При решении поставленной задачи рекреационное давление на почву (по вариантам рекреационной плотности от 1 до 11 чел./га) воспроизводили под шагами человека среднего веса со скоростью 3,0–3,5 км/ч (60 шагов в минуту) на стоковых площадках размером $1,43 \times 0,70 \text{ м}$ (1 м^2) за время, равное продолжительности периода рекреационной нагрузки ($T = 1200 \text{ ч}$) в регионе.

Стоковые площадки размещали длинной стороной вдоль склонов в двукратной повторности. Одна из площадок предназначалась для дождевания, а на второй отбирали образцы ЖНП и бурных лесных почв из слоя 0–20 см по ГОСТ 12071–2014². В лаборатории образцы доводили до воздушно-сухого состояния и взвешивали.

Дождевание проводили с помощью мобильной исследовательской капельно-струйной установки, обеспечивающей неизменность критерия эродирующей способности искусственного и натурального ливней. Для со-

² ГОСТ 12071–2014. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов. – Взамен ГОСТ 12071–2000; введ. 2015-07-01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 12 с.

блюдения этого критерия принимали время дождевания равным 30 мин при средней интенсивности ливня $I = 3$ мм/мин. Сток, мутность стока и эрозию почв определяли по общепринятым методикам [8].

В лаборатории механики грунтов ООО «ЮПГС-ГЕО» (г. Сочи) проводился анализ образцов почв для установления общей влажности, пределов и чисел пластичности, гранулометрического состава, удельной массы и плотности. При этом применяли методики, изложенные в ГОСТ 12536–2014³, ГОСТ 5180–84⁴. Содержание органического вещества определяли при прокаливании почвенных образцов.

Видовой состав дикой флоры уточняли с помощью определителей [9]. Полученные данные обрабатывали с помощью компьютерных программ Statistica 7.0 и Microsoft Office Excel.

Почвы на опытном участке бурые лесные глинистые (числа пластичности верхнего слоя почв изменяются в пределах 0,312–0,372).

Результаты и обсуждение. Содержание органического вещества в верхнем слое почв, а также количество лесной подстилки (ЛП) и ЖНП в вариантах моделирования рекреационной плотности приведено в таблице 1. При этом участок с минимальной нагрузкой ($Rd = 0,01$ чел./га) [6] приняли за контроль.

На контрольной площадке воздушно-сухая масса ЖНП и ЛП составила 3,97 т/га. Состав ЖНП (0,77 т/га) на контрольной площадке: окопник крупноцветковый – 0,12 т/га; трахистемон восточный – 0,33 т/га; плющ колхидский – 0,08 т/га; листовник сколопендровый – 0,14 т/га; тайник овальный – 0,05 т/га; тамус обыкновенный – 0,01 т/га; другие виды – 0,04 т/га воздушно-сухой массы.

³ ГОСТ 12536–2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – Взамен ГОСТ 12536–79; введ. 2015-07-01. – М.: Стандартиформ, 2015. – 22 с.

⁴ ГОСТ 5180–84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – Взамен ГОСТ 5180–75, ГОСТ 5181–78, ГОСТ 5182–78, ГОСТ 5183–77; введ. 1985-07-01. – М.: Стандартиформ, 2005. – 19 с.

Таблица 1 – Содержание органического вещества в верхнем слое почвы, количество воздушно-сухой массы ЛП и ЖНП по вариантам рекреационной нагрузки

№ площадки	Рекреационная нагрузка Rd , чел./га	Органика G , %	ЛП, т/га	ЖНП, т/га	ЛП + ЖНП, т/га
1	0,01 (контроль)	6,2	3,2	0,77	3,97
2	1	4,1	0,9	0,12	1,02
3	3	3,8	0,2	0	0,20
4	5	3,1	0	0	0
5	7	3,3	0	0	0
6	9	3,2	0	0	0
7	11	3,2	0	0	0

При $Rd = 1$ чел./га (площадка 2) общая воздушно-сухая масса ЖНП и ЛП уменьшилась до 1,02 т/га, в том числе ЖНП – до 0,12 т/га (окопник – 0,01 т/га; трахистемон – 0,05 т/га; плющ – 0,04 т/га; листовник – 0,02 т/га).

При рекреационной плотности 3 чел./га и более ЖНП был уничтожен полностью.

Снижение воздушно-сухой массы ЛП и ЖНП (m , т/га) под влиянием рекреационных плотностей (Rd , чел./га) на склонах каньона характеризует уравнение:

$$m = 0,064 \cdot Rd^2 - 0,935 \cdot Rd + 2,946 \text{ при } r^2 = 0,775. \quad (1)$$

Графическое решение уравнения (1) приведено на рисунке 1. Из данных рисунка 1 видно, что среднее содержание воздушно-сухой массы ЛП и ЖНП на склонах каньона составляет около 3 т/га. Уравнение (1) имеет предел применения по значению рекреационной плотности, равному 4,5 чел./га, когда поверхность почвы полностью минерализуется, т. е. $m = 0$.

Регрессионный анализ данных таблицы 1 позволил получить зависимость:

$$G = -0,444 \cdot \ln(Rd) + 4,137 \text{ при } r^2 = 0,979, \quad (2)$$

где G – содержание органического вещества, %.

Графическое решение уравнения (2) показывает (рисунок 2), что содержание органического вещества (гумус, мелкие корешки, фрагменты

ЛП) в слое 0–20 см почвы на экспериментальных площадках уменьшается от 6,20 до 3,29 % по мере увеличения рекреационной плотности.

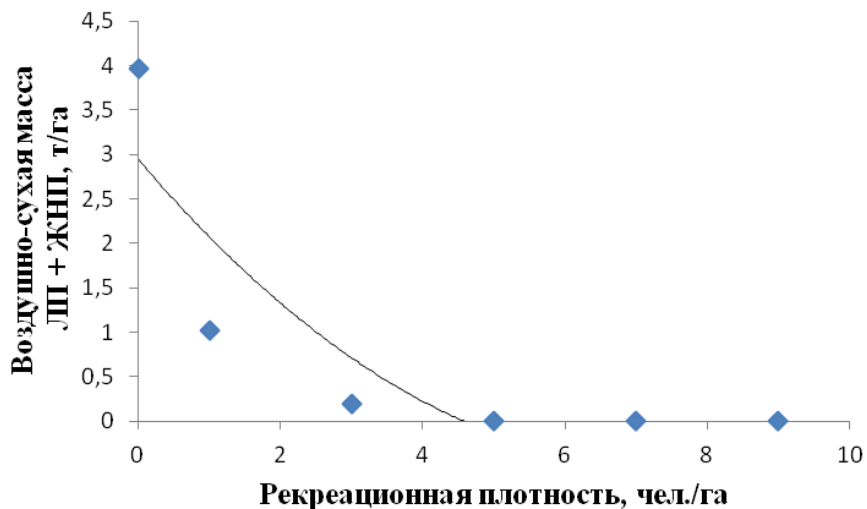


Рисунок 1 – Связь массы ЛП и ЖНП с рекреационной плотностью

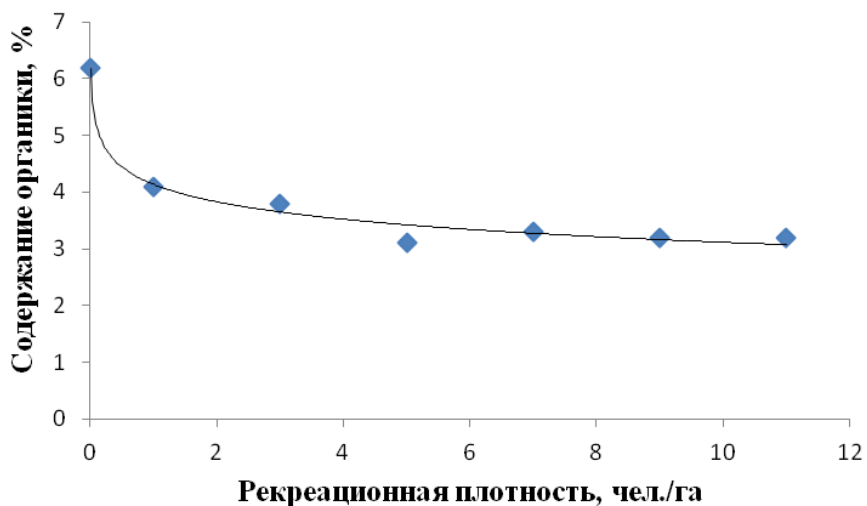


Рисунок 2 – Связь органического вещества почвы с рекреационной плотностью

Воздушно-сухая масса ЛП и ЖНП и содержание органического вещества в поверхностном слое почвы связаны между собой:

$$G=0,74 \cdot m+3,29 \text{ при } r^2 = 0,974. \quad (3)$$

По уравнению (3) при полном уничтожении ЛП и ЖНП содержание органических веществ в верхнем слое почвы составляет в среднем 3,29 %.

Такое значение определяется в основном содержанием гумуса в слое почвы, лишенном поверхностного слоя (вместе с ЛП и ЖНП), который

был передвинут под шагами туристов вниз по склону за пределы стоковой площадки. Максимум содержания органических веществ в слое почвы 0–20 см отмечен на контрольной площадке, где воздушно-сухая масса ЛП и ЖНП составляла около 4 т/га.

Физические свойства почв при различных рекреационных нагрузках представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физические свойства почвы в слое 0–20 см при различных рекреационных нагрузках

№ площадки	Рекреационная нагрузка Rd , чел./га	Удельная масса почвы, $г/см^3$	Плотность сложения почвы, $г/см^3$	Пористость, %	Коэффициент пористости
1	0,01 (контроль)	2,53	1,10	56,3	1,29
2	1	2,57	1,18	54,1	1,18
3	3	2,60	1,25	51,9	1,08
4	5	2,50	1,37	45,2	0,82
5	7	2,60	1,36	47,7	0,91
6	9	2,57	1,43	44,3	0,80
7	11	2,55	1,41	44,7	0,81

Удельная масса почвы на семи изучаемых площадках изменялась от 2,50 до 2,60 $г/см^3$ и не зависела от рекреационной нагрузки. Плотность почвы варьировала от 1,10 до 1,43 $г/см^3$, увеличиваясь по мере возрастания рекреационных нагрузок. Пористость (отношение объема пор ко всему занимаемому почвой объему, выраженное в процентах) уменьшалась по мере увеличения рекреационных нагрузок от 56,3 % в контрольном варианте до 44,3 % при рекреационной нагрузке, равной 9 чел./га, так же как и коэффициент пористости (отношение объема пор к объему, занимаемому твердыми частицами).

Зависимость плотности почв от рекреационной нагрузки представлена линейным уравнением регрессии:

$$\rho = 0,029 \cdot Rd + 1,153 \text{ при } r^2 = 0,871, \quad (4)$$

где ρ – плотность почвы в слое 0–20 см, $г/см^3$.

Анализ уравнения (4) показывает, что среднее значение плотности верхнего слоя почв под пологом колхидских лесов (без рекреационных на-

грузок) на склонах ущелий равно $1,15 \text{ г/см}^3$. По мере возрастания рекреационных нагрузок до 11 чел./га эта плотность увеличивается до $1,47 \text{ г/см}^3$.

Увеличение плотности почв влечет за собой снижение пористости (n , %) и коэффициентов пористости ε , о чем свидетельствуют соотношения:

$$n = -1,092 \cdot Rd + 54,788 \text{ при } r^2 = 0,833, \quad (5)$$

$$\varepsilon = -0,044 \cdot Rd + 1,21 \text{ при } r^2 = 0,819. \quad (6)$$

Анализируя зависимости (5) и (6), приходим к выводу, что верхний слой почв, не подверженный рекреационной дигрессии, характеризуется средней пористостью 54,8 % и средним коэффициентом пористости 1,21. При рекреационной плотности 11 чел./га эти показатели соответственно уменьшаются до 42,8 % и 0,73.

Все это оказывает влияние на интенсивность впитывания осадков и поверхностный сток, а значит, и на эрозию почв (таблица 3).

Таблица 3 – Сток и эрозия почв в вариантах стоковых площадок (слой дождя – 90 мм, интенсивность – 3 мм/мин)

№ площадки	Рекреационная нагрузка Rd , чел./га	Склон		Сток, мм	Коэффициент стока	Интенсивность впитывания, мм/мин	Эрозия почв, т/га
		экспозиция	крутизна, град.				
1	0,01	В	24	0,1	0,001	2,997	0
2	1	В	26	68,6	0,762	0,65	2,58
3	3	В	31	80,0	0,889	0,31	5,30
4	5	В	26	87,0	0,967	0,10	3,93
5	7	В	34	88,7	0,985	0,04	4,73
6	9	В	30	88,0	0,978	0,06	8,60
7	11	В	21	89,9	0,999	0,003	7,05

Следует пояснить, что в ночь перед проведением эксперимента выпало большое количество осадков, к началу опыта влажность верхнего слоя почвы соответствовала наименьшей влагоемкости. Несмотря на это, сток при дождевании в контрольном варианте (площадка 1) практически отсутствовал.

Незначительное количество осадков (0,1 мм) попало в водоприемную емкость площадки 1 при разбрызгивании капель дождя на листьях

листовника сколопендрового. Эти брызги попадали в водоприемный лоток стоковой площадки и далее – в водоприемную емкость.

При нагрузке 1 чел./га (площадка 2) основная часть ЛП и ЖНП была втоптана в почву и замазана грязью. При этом на поверхности площадки образовались бугорки захоронения ЖНП, вытянутые поперек склона. Сток начался через 1,5 мин после начала дождевания в виде мелких ручейков. Перед бугорками образовались лужицы воды. Через 10 мин после начала дождевания на поверхности отмылись листья ЖНП, захороненные в почве, и бугорки исчезли. Мутность стока при этом снизилась. На 20-й минуте дождевания серия ручейков сосредоточилась в двух ручьях, но мутность стока не увеличилась. Слой стока составил 68,6 мм, а время, в течение которого сток продолжал поступать в водоприемный лоток после прекращения дождя (время добегания воды), равнялось 2 мин 42 с, средняя мутность стока – 3,76 г/л.

При нагрузке 3 чел./га (площадка 3) ЛП была вытоптана, а травы сохранились лишь в виде фрагментов. Поверхностный слой почвы под воздействием «шаговой» нагрузки был сдвинут в террасовидные «оплывины». Сток начался через 30 с после начала дождевания. На 5-й минуте на поверхности возникли три микрорусла сточной воды. Через 15 мин после начала эксперимента на поверхности стали отмываться фрагменты ЛП и ЖНП в меньших количествах, чем в предыдущем варианте. У водоприемного лотка площадки образовался слой наносов. Слой стока составил 80 мм, время добегания стока – 1 мин 48 с, средняя мутность – 6,63 г/л.

На площадке 4 (нагрузка – 5 чел./га) поверхность была вытоптана с образованием террасовидных «оплывин». Сток начался через 15 с после начала дождевания в виде пелены воды с постоянной мутностью (452 г/л). На 25-й минуте на поверхности отмылась сеть мелких корешков. Слой стока составил 87 мм, время добегания – 1 мин 23 с.

При рекреационной плотности 7 чел./га (площадка 5) сток возник че-

рез 10 с после начала дождевания. Вода в лоток поступала равномерным слоем. На 15-й минуте на поверхности отмылись корешки трав, что снизило мутность сточной воды. На 25-й минуте в середине площадки отмылся овальный камень. Сток равнялся 88,7 мм, время добегаания – 1 мин 24 с, средняя мутность – 5,33 г/л.

На площадке 6 (нагрузка – 9 чел./га) поверхность была вытоптана полностью. На ней были оттоптаны два корня самшита, один из которых под углом 45° к продольной оси площадки. Сток образовался через 6 с после начала дождя и стал поступать в лоток равномерным слоем с высокой мутностью. Сеть мелких корешков отмылась на поверхности через 7 мин дождевания и способствовала снижению мутности. На 20-й минуте перед водоприемным лотком стал откладываться мелкозем. Слой стока составил 88 мм, время добегаания – 1 мин 37 с, средняя мутность – 9,77 г/л.

При рекреационной плотности 11 чел./га (площадка 7) поверхность почвы была равномерно вытоптана. В верхней части площадки был оттоптан корень самшита. Сток возник через 10 с после начала дождевания. Он поступал в лоток равномерной пеленой. Слой стока равнялся 89,9 мм, время добегаания – 2 мин 4 с, средняя мутность – 7,84 г/л.

Интенсивность впитывания осадков (I , мм/мин) определяется прежде всего плотностью верхнего слоя почв:

$$I=19,69 \cdot \rho^{-19,64} \text{ при } r^2 = 0,776. \quad (7)$$

Графическое решение уравнения (7) приведено на рисунке 3. По данным рисунка 3, при плотности почв свыше 1,4 г/см³ интенсивность впитывания осадков приближается к нулю. Если же плотность почвы менее 1,1 г/см³, интенсивность впитывания достигает интенсивности выпадения осадков (3 мм/мин) и сток отсутствует.

Это подтверждается очень тесной связью коэффициентов стока σ с интенсивностью впитывания осадков:

$$\sigma = -0,333 \cdot I + 0,995 \text{ при } r^2 = 0,999.$$

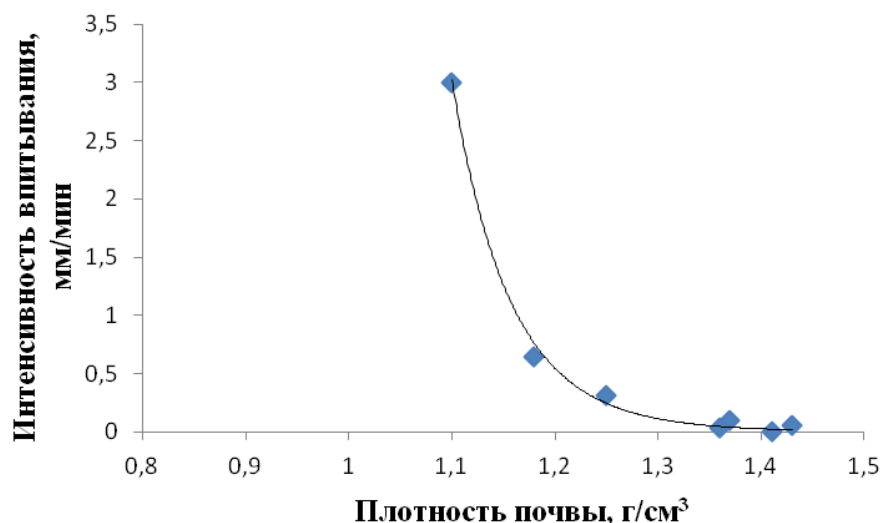


Рисунок 3 – Связь интенсивности впитывания осадков с плотностью верхнего слоя почв

Таким образом, интенсивность впитывания осадков тесно связана как с коэффициентами стока, так и с плотностью почвы, а последняя определяется рекреационной плотностью. Поэтому коэффициенты стока зависят от рекреационных плотностей:

$$\sigma = 0,1457 \cdot \ln(Rd) + 0,7006 \text{ при } r^2 = 0,986.$$

Связь коэффициентов стока с рекреационными плотностями приведена на рисунке 4. Анализ данных рисунка 4 показывает, что на крутых склонах ущелий при увеличении рекреационных плотностей до 7 чел./га и более коэффициенты стока асимптотически приближаются к единице, т. е. все выпадающие осадки стекают по склонам ущелий.

Известно, что коэффициенты ливневого стока в горных лесах тесно связаны с эрозией почв [10]. Поэтому эрозия почв (S , т/га), как и коэффициенты стока, также связана с рекреационными плотностями.

Об этом свидетельствует уравнение:

$$S = 0,601 \cdot Rd + 1,5 \text{ при } r^2 = 0,756. \quad (8)$$

Анализ уравнения (8) указывает на интересную особенность проявления эрозии почв на крутых склонах ущелий с колхидскими лесами. Здесь при ливнях возможно проявление смыва (до 1,5 т/га) даже при отсутствии рекреационных нагрузок.

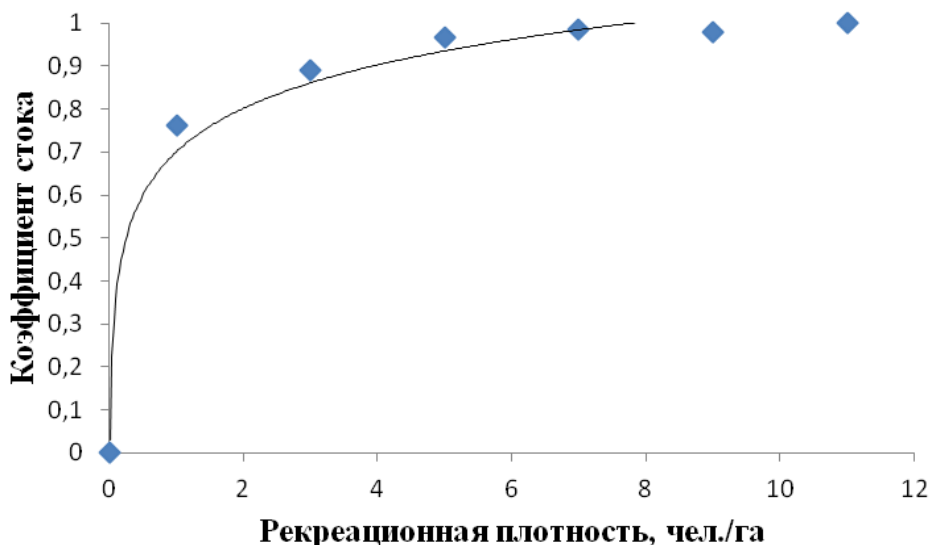


Рисунок 4 – Связь коэффициентов стока с рекреационными плотностями

Очевидно, что процессы эрозии почв в ущельях, где произрастают колхидские лиановые леса, корректируются крутизной склонов (α , °):

$$S = 0,6 \cdot Rd + 0,14 \cdot \alpha - 2,42 \text{ при } R = 0,898. \quad (9)$$

Анализируя множественное уравнение регрессии (9), задаемся условием, что эрозия почв при рекреационных нагрузках на колхидские лиановые леса должна полностью отсутствовать ($S = 0$). При этом условии рассчитаем допустимые рекреационные плотности на склонах разной крутизны (рисунок 5).

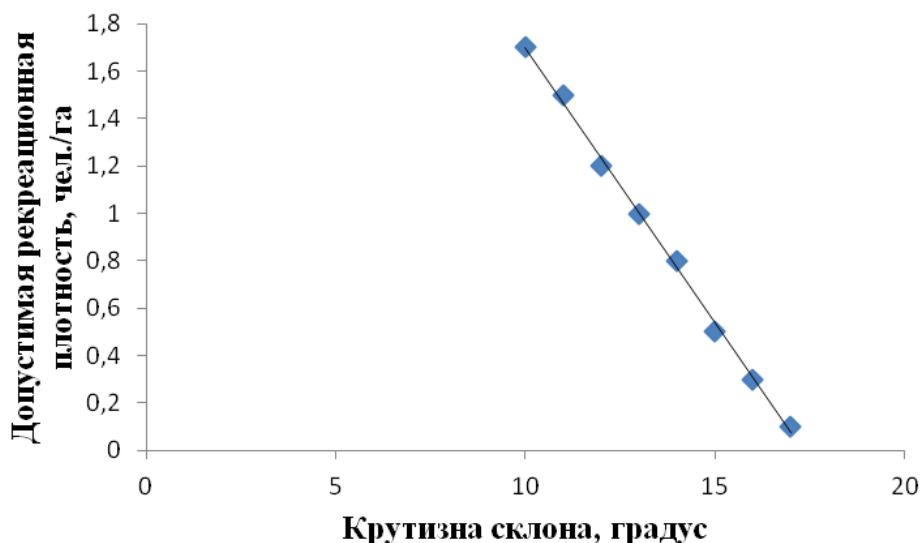


Рисунок 5 – Связь допустимой рекреационной плотности с крутизной склонов

По данным рисунка 5, на склонах первой группы крутизны (до 10°) эти нагрузки не превышают 1,7 чел./га. На склонах второй группы крутизны они изменяются от 1,5 до 0,1 чел./га (крутизна – 17°). На склонах круче 17° любые рекреационные нагрузки вызовут эрозию почв при ливнях.

Выводы. В реликтовых лесах Колхиды на склонах ущелий средняя воздушно-сухая масса ЛП и ЖНП составляет около 4 т/га, а содержание органического вещества в верхнем слое почвы – 6,2 %. При рекреационных нагрузках $\geq 4,5$ чел./га поверхность почвы полностью минерализуется, а содержание органического вещества уменьшается. Это происходит потому, что под шагами туристов воздушно-сухая масса ЛП и ЖНП, а также поверхностный слой почвы передвигается вниз по склону.

Плотность верхнего слоя почвы увеличивается по мере возрастания рекреационной плотности. При плотности верхнего слоя почв свыше 1,4 г/см³ интенсивность впитывания осадков приближается к нулю. Если же плотность почвы менее 1,1 г/см³, интенсивность впитывания достигает интенсивности выпадения осадков (3 мм/мин) и сток отсутствует.

На склонах ущелий при увеличении рекреационных плотностей до 7 чел./га и более коэффициенты стока асимптотически приближаются к единице. Это объясняется сокращением интенсивности впитывания осадков по мере уплотнения почвы, деградации ЛП и ЖНП. Получено уравнение множественной связи эрозии почв, рекреационной плотности и крутизны склона. Это уравнение использовано для расчетов допустимых рекреационных плотностей, исключающих ливневую эрозию почв. На склонах первой группы крутизны (до 10°) допустимые рекреационные нагрузки не должны превышать 1,7 чел./га. На склонах крутизной от 11 до 17° они изменяются от 1,5 до 0,1 чел./га. На склонах круче 17° любые рекреационные нагрузки вызовут эрозию почв при ливнях.

Список использованных источников

1 Тахтаджян, А. Д. Флористические области Земли: монография / А. Д. Тахтаджян. – Л.: Наука, 1978. – 472 с.

2 Дрясев, М. Р. Рекреационные аспекты освоения горных территорий (на примере Северной Осетии) / М. Р. Дрясев, А. Е. Айларов // Вестник Северо-Осетинского отделения Русского географического общества. – 1996. – № 1. – С. 36–43.

3 Ивонин, В. М. Эрозия бурых лесных почв в связи с рекреационной дигрессией / В. М. Ивонин, В. Е. Авдонин // Почвоведение. – 2000. – № 2. – С. 243–251.

4 Исаченко, Т. Е. Трансформация природно-культурных комплексов горных регионов в XX–XXI вв. (на примере территории национального парка «Алания») / Т. Е. Исаченко, В. П. Чижова // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 7. – 2012. – Вып. 3. – С. 91–103.

5 Ивонин, В. М. Влияние туризма на процессы эрозии почв в лесах низкогорий Северо-Западного Кавказа [Электронный ресурс] / В. М. Ивонин, И. В. Воскобойникова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – № 4(16). – 18 с. – Режим доступа: http://rosniipmsm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec299-field6.pdf.

6 Ивонин, В. М. Экологическое обоснование рекреационной нагрузки в колхидских лиановых лесах / В. М. Ивонин, И. В. Воскобойникова // Лесоведение. – 2008. – № 4. – С. 50–56.

7 Ивонин, В. М. Теоретическая концепция эрозии почв для рекреационных лесов [Электронный ресурс] / В. М. Ивонин, И. В. Воскобойникова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – № 1(17). – 11 с. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13rec323-field6.pdf.

8 Ивонин, В. М. Лесомелиорация ландшафтов. Научные исследования: учеб. пособие / В. М. Ивонин, Н. Д. Пеньковский. – Ростов н/Д.: СКНЦ ВШ, 2003. – 151 с.

9 Галушко, А. И. Флора Северного Кавказа. Определитель: в 3 т. / А. И. Галушко. – Ростов н/Д., 1978–1980. – 3 т.

10 Эрозия почв при осуществлении рекреационной деятельности в лесах Северо-Западного Кавказа: монография / В. М. Ивонин, И. В. Воскобойникова, Н. Д. Пеньковский, А. А. Багдасарян. – Ростов н/Д.: Фонд науки и образования, 2015. – 202 с.

References

1 Takhtadzhyan A.D. 1978. *Floristicheskie oblasti Zemli: monografia* [Floristic regions of the Earth: monograph]. Leningrad, Nauka Publ., 472 p. (In Russian).

2 Dryasev M.P., Aylarov A.Ye. 1996. *Rekreatsionnye aspekty osvoeniya gornyykh territoriy (na primere Severnoy Osetii)* [Recreational aspects of the mountain areas development (illustrated North Ossetia)]. *Vestnik Severo-Osetinskogo otdeleniya geograficheskogo obshchestva* [Bulletin of the North Ossetia branch of the Russian Geographical Society], no. 1, pp. 36-43. (In Russian).

3 Ivonin V.M., Avdonin V.Ye. 2000. *Erozia burykh lesnykh pochv v svyazi s rekreatsionnoy digressiyey* [Erosion of brown forest soils in relation to recreational digression]. *Pochvovedenie* [Soil Science], no. 2, pp. 243-251. (In Russian).

4 Isachenko T.Ye. Chizhova V.P. 2012. *Transformatsiya prirodno-kulturnykh kompleksov gornyykh regionov v XX–XXI veke (na primere territorii natsionalnogo parka "Alaniya")* [Transformation of natural and cultural complexes in the mountainous regions in XX–XXI centuries (illustrated the National Park "Alania")]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta* [Bulletin of St. Petersburg State University]. ser. 7, vol. 3, pp. 91-103. (In Russian).

5 Ivonin V.M., Voskoboynikova I.V. 2014. *Vliyanie turizma na protsessy erozii pochv v lesakh nizkogoriy Severo-zapadnogo Kavkaza* [Influence of tourism on the processes of soil erosion in the low-hill forests of the north-western Caucasus]. [Electronic resource] *Nauchnyy*

zhurnal Rossiyskogo NII Problem melioratsii [Scientific Journal of Russian Research Institute of Land Reclamation Problems]: the electron. periodic. ed. / Ros. nauch.-research. Inst reclamation problems. Electron. zh. Novochoerkassk: RosNIIPM, no. 4(16), 18 p. available: http://rosniipmsm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec299-field6.pdf. (In Russian).

6 Ivonin V.M., Voskoboynikova I.V. 2008. *Ekologicheskoe obosnovanie rekratsionnoy nagruzki v kolkhidskikh lianovykh lesakh* [Ecological feasibility of recreational loading in Colchis liana forests]. *Lesovedenie* [Silviculture]. no. 4, pp. 50-56. (In Russian).

7 Ivonin V.M., Voskoboynikova I.V. 2015. *Teoreticheskaya kontsepsiya erozii pochv dlya rekratsionnykh lesov* [The theoretical concept of soil erosion for recreational forests [electronic resource]]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII Problem melioratsii* [Scientific Journal of Russian Research Institute of Land Reclamation problems]: the electron. periodic. ed. / Ros. nauch.-research. Inst reclamation problems. Electron. Zh. Novochoerkassk: RosNIIPM, no. 1(17), p. 11. available: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13rec323-field6.pdf. (In Russian).

8 Ivonin V.M., Penkovsky N.D. 2003. *Lesomelioratsiya landshaftov. Nauchnye Issledovaniya* [Forest Reclamation of Landscapes. Research]. Rostov n/D., North Cauc. Sc. Centre Higher Sc., 151 p. (In Russian).

9 Galushko, A.I. 1978-1980. *Flora Severnogo Kavkaza. Opredelitel*. [North Caucasus Flora. Field Guide]. 3 vol. Rostov n/D., 3 vol. (In Russian).

10 Ivonin V.M., Voskoboynikova I.V., Penkovsky N.D., Bagdasaryan A. A. 2015. *Eroziya pochv pri osushchestvlenii rekratsionnoy deyatel'nosti v lesakh Severo-Zapadnogo Kavkaza: monografiya* [Soil erosion in recreational activities implementation in the North-west Caucasian forests: monograph]. Rostov n/D., *Fond nauki i obrazovaniya* [Science and Education Fund], 202 p. (In Russian).

Ивонин Владимир Михайлович

Ученая степень: доктор сельскохозяйственных наук

Ученое звание: профессор

Должность: профессор кафедры лесоводства и лесных мелиораций

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственной аграрный университет»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: ivoninforest@ya.ru

Ivonin Vladimir Mikhailovich

Degree: Doctor of Agricultural Sciences

Title: Professor

Position: Professor

Affiliation: Novochoerkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University

Affiliation address: st. Pushkinskaya, 111, Novochoerkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: ivoninforest@ya.ru

Воскобойникова Инна Владимировна

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Ученое звание: доцент

Должность: доцент кафедры лесных культур и лесопаркового хозяйства

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дон-

ской государственный аграрный университет»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: ivoninfores@ya.ru

Voskoboynikova Inna Vladimirovna

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Title: Associate Professor

Position: Associate Professor

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University

Affiliation address: st. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: ivoninfores@ya.ru