

УДК 630*116.23

ЭРОЗИЯ ПОЧВЫ ВО ВРЕМЯ ЛИВНЕЙ В ПРОИЗВОДНЫХ ЛЕСАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА

© В.М. Ивонин¹, д-р с.-х. наук, проф.А.В. Тертерян², соискатель¹Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова Донского государственного аграрного университета, ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Россия, 346428; e-mail: Ivoninfo@yandex.ru²Пшишское лесничество КГУ «Комитет по лесу» Краснодарского края, ул. Первомайская, 4, пос. Октябрьский, Туапсинский р-н, Краснодарский край, Россия, 352818; e-mail: tertyrn-ashout@mail.ru

Цель научного исследования – выяснение роли производных лесов Северо-Западного Кавказа в защите почвы от эрозии. Эти леса сформированы в результате лесозаготовок в первичных лесах. Производные леса водосборов горных рек лишены защитных свойств первичных лесов, что увеличивает риск наводнений во время осадков высокой интенсивности. В этих лесах определена масса сухой лесной подстилки и травянистого покрова: 10,00 т/га – нет поверхностного стока в период интенсивных осадков; 3,25 т/га – нет эрозии почвы. Кроме того, получены значения показателей, которые характеризуют отсутствие эрозии почвы:

| | | | |
|------------------------|------------|--|----------|
| | содержание | органического | вещества |
| в верхнем слое почвы – | 7,6 % | коэффициент пористости – | 1,33 |
| | | предел текучести – | 53 % |
| | | угол внутреннего трения между почвенными частицами – | 22° |

Изменение этих показателей приводит к образованию поверхностного стока, эрозии почвы во время сильных дождей и переполнению русла горных рек во время интенсивных осадков. Обоснованы меры по защите почв от эрозии в производном лесу, которые должны гарантировать предотвращение деградации почв и накопление лесной подстилки под пологом леса.

Ключевые слова: производный лес, поверхностный сток, эрозия почвы, лесная подстилка.

Вырубка коренных лесов Северо-Западного Кавказа привела к образованию производных (или вторичных) лесов с пониженной стокорегулирующей способностью [3]. В Туапсинском районе Краснодарского края лесные угодья занимают 208 тыс. га. На основной части (70 %) этой площади находятся производные леса. Это служит причиной усиления поверхностного стока при ливнях, что может привести к наводнениям на горных реках [2]. Формирование ливневого стока в производных лесах, сопровождающееся эрозией почв, усиливает опасность возникновения заторгов в ущельях и местах мостовых переходов, когда уровень воды в реках поднимается до 5 м и более.

Такие явления наблюдались в производных лесах, на водосборе р. Пшиш (Пшишское лесничество Краснодарского края), в ночь с 21 на 22 августа 2012 г. при очень сильном ливне (данные метеорологического поста Дефановка – 195,4 мм за период 20.00–08.00 ч).

Цель наших исследований – изучить эрозионные процессы при ливневом поверхностном стоке в производных лесах Пшишского лесничества на водосборе р. Пшиш (приток Кубани).

Река образуется слиянием рек Большой и Малый Пшиш, берущих начало на северных склонах Большого Кавказа. Длина реки – 270 км, площадь бассейна – 1850 км², средний расход воды – около 25 м³/с, наибольший – около 1000 м³/с.

На территории Пшишского лесничества были подобраны типичные участки для закладки вариантов площадок искусственного дождевания при проведении экспериментов по методике [1]. Дождевание проводили с помощью исследовательской капельно-струйной установки, изготовленной в мастерских Пшишского лесхоза и обеспечивающей неизменность критерия эродирующей способности искусственного и натурального ливней.

На каждом варианте дождевания устраивали по две одинаковых стоковых площадки размером 1,43 × 0,70 м (площадь 1 м²), размещая их длинной стороной вдоль склона. Стоковые площадки ограждали листовым железом, заглубленным в почву для предупреждения бокового растекания воды. Сток на водоприемном лотке учитывали объемным способом с помощью тарированной емкости. Одна из площадок предназначалась для искусственного дождевания, вторая – для отбора образцов лесной подстилки (ЛП), живого напочвенного покрова (ЖНП) и слоя почв 0...20 см.

Мутность стока определяли фильтрованием проб стока, отобранных на водоприемном лотке стоковой площадки, три раза: в начале стока, в его середине и по окончании. Определив среднюю мутность и зная объем стока, находили смыв почвы, выражая его в тоннах на 1 га.

В грунтоведческой лаборатории г. Туапсе в образцах почв определяли: гранулометрический состав – по ГОСТ 12536–79; естественную влажность, плотность и пластичность, водно-физические характеристики – по ГОСТ 5180–84; содержание органики – при прокаливании образцов.

Обработанные на ЭВМ данные позволили получить уравнения связи.

Свойства почв и характеристики напочвенного покрова для различных вариантов исследований (участков) представлены в табл. 1, результаты наблюдений за эрозией при искусственном дождевании – в табл. 2.

Проанализируем динамику мутности стока при дождевании опытных участков.

На лесной поляне, используемой под верхний склад (участок 1.1), наибольшая мутность (6,8 г/л) была в начале стока. В этот период перед водоприемным лотком образовались устьевое отложение наносов и прудок мутной воды. В середине стока мутность уменьшилась до 3,6 г/л (сказалось мульчирующее влияние опилок на поверхности опытного участка), к его окончанию она вновь возросла до 5,6 г/л (опилки были частично смыты поверхностным стоком).

На рабочем волоке (участок 1.2) мутность в начале стока составила 18,8 г/л. При этом эрозия сосредотачивалась по тракторной колее. К середине стока на этом участке мутность уменьшилась до 11,6 г/л, к окончанию она возросла в связи с оползанием почвы по гусеничному следу (средняя мутность на участке 1.2 – 14,8 г/л).

Таблица 1

**Показатели почвы (слой 0...20 см), лесной подстилки
и живого напочвенного покрова**

| № участка | Вариант исследований | Плотность, г/см ³ | Коэф-фициент пористости | Содержание глинистых фракций, % | Воздушно-сухая масса ЛП + ЖНП, т/га | Содержание органического вещества, % |
|-----------|--|------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1.1 | Лесная поляна, используемая под верхний склад | 1,49 | 0,819 | 20,5 | 0,86 | 6,1 |
| 1.2 | Рабочий волок | 1,33 | 1,038 | 22,8 | 0,87 | 8,3 |
| 1.3 | Грабово-ясеневый дубняк (проба 1) | 1,32 | 1,045 | 3,9 | 3,26 | 6,3 |
| 2.1 | Строящаяся трасса нефтепровода «Тихорецк–Туапсе» | 1,68 | 0,595 | 17,0 | 0,0001 | 3,6 |
| 3.1 | Двухлетние культуры дуба под пологом грабово-букового дубняка | 1,08 | 1,472 | 23,8 | 1,49 | 7,5 |
| 3.2 | Двухлетние культуры дуба на вырубке 2009 г. | 1,14 | 1,351 | 21,3 | 1,34 | 7,3 |
| 3.3 | Грабово-буковый дубняк вблизи вырубки (проба 2) | 1,13 | 1,381 | 22,4 | 1,63 | 7,4 |
| 3.4 | Двухлетние культуры дуба на выровненном волоке | 1,14 | 1,351 | 24,6 | 1,10 | 7,2 |
| 3.5 | Порослево-семенное насаждение, восстановившееся на вырубке (проба 3) | 1,34 | 0,993 | 15,8 | 17,09 | 7,5 |

Таблица 2

Смыв почвы (дождевание 10-11. 08. 2012 г., слой дождя – 90 мм, интенсивность – 3 мм/мин)

| № участка | Вариант исследований | Крутизна склона, град | Средняя мутность, г/л | Сток, мм | Коэффициент стока | Смыв, т/га |
|-----------|---|-----------------------|-----------------------|----------|-------------------|------------|
| 1.1 | Лесная поляна, используемая под верхний склад | 11,0 | 6,1 | 36,1 | 0,401 | 2,2 |

| 1.2 | Рабочий волок | 7,0 | 14,8 | 39,6 | 0,440 | 5,9 |
|--------------------------|---|-----------------------|-----------------------|----------|-------------------|------------|
| <i>Окончание табл. 2</i> | | | | | | |
| № участка | Вариант исследований | Крутизна склона, град | Средняя мутность, г/л | Сток, мм | Коэффициент стока | Смыв, т/га |
| 1.3 | Грабово-ясеневый дубняк (проба 1) | 18,0 | 0,0 | 0,009 | 0,0001 | 0,0 |
| 2.1 | Строящаяся трасса нефтепровода «Тихорецк–Туапсе» | 7,5 | 84,9 | 40,6 | 0,451 | 34,5 |
| 3.1 | Двухлетние культуры дуба под пологом грабово-букового дубняка | 6,0 | 5,6 | 25,0 | 0,272 | 1,4 |
| 3.2 | Двухлетние культуры дуба на вырубке 2009 г. | 6,5 | 5,3 | 34,0 | 0,378 | 1,8 |
| 3.3 | Грабово-буковый дубняк вблизи вырубки (проба 2) | 7,0 | 0,1 | 8,7 | 0,097 | 0,1 |
| 3.4 | Двухлетние культуры дуба на выровненном волоке | 3,0 | 7,5 | 16,9 | 0,188 | 1,3 |
| 3.5 | Порослево-семенное насаждение на вырубке (проба 3) | 28,0 | 0,0 | 0,009 | 0,0001 | 0,0 |

В грабово-ясеневом дубняке (участок 1.3) стока не было.

На участке строящегося нефтепровода (участок 2.1) мутность сточной воды в начале стока составила 66,4 г/л, в середине стока – 126,8 г/л. Это произошло потому, что дождевание на этом участке сопровождалось оползанием породы. К окончанию дождевания мутность достигла 61,6 г/л (средняя мутность на участке 2.1 – 84,9 г/л).

На участке 3.1 нарушенная подстилка на уплотненной почве не смогла полностью исключить смыв. Мутность сточной воды в начальный период составила 8,0, в середине стока – 4,8, к его окончанию – 4,0 г/л. Небольшая средняя мутность на этом участке (5,6 г/л) объясняется тем, что сток с низким расходом формировался по центру площадки среди «пятен» лесной подстилки и саженцев дуба.

Аналогичная ситуация возникла и на участке 3.2 (культуры дуба на вырубке), где средняя мутность стока равнялась 5,3 г/л.

На участке 3.3 (лес с нарушенной средой вблизи вырубки) небольшая мутность отмечена лишь в начале стока (0,4 г/л) за счет вымывания наносов, аккумулированных лесной подстилкой во время предыдущих естественных ливней. В середине и к окончанию дождевания на участке формировался сток прозрачной воды (средняя мутность на участке 3.3 – 0,1 г/л).

На участке 3.4 (культуры дуба на выровненном волоке) мутность стока колебалась от 12,4 г/л в начале стока до 4,0 г/л (средняя мутность – 7,5 г/л).

На участке 3.5 (лес в возрасте 60 лет, восстановившийся на вырубке) стока при дождевании не было.

Результаты расчетов эрозии почв при дождевании по вариантам исследований (см. табл. 2) показали, что максимальный смыв наблюдался на участке строящейся трассы нефтепровода (34,5 т/га) и на рабочем волоке (5,9 т/га).

Менее значителен смыв на участке 1.1 (2,2 т/га) за счет защитного влияния опилок на поверхности поляны, используемой под верхний склад.

При дождевании смыв полностью отсутствовал на участках 1.3 (грабо-во-ясеневый дубняк) и 3.5 (порослево-семенное насаждение, восстановившееся на вырубке). В грабово-буковом дубняке вблизи вырубки (участок 3.3) смыв в количестве 0,1 т/га образовался за счет вымывания мелкозема из лесной подстилки. В двухлетних культурах дуба под пологом насаждения (участок 3.1), на вырубке (участок 3.2) и на выровненном волоке (участок 3.4) смыв составил от 1,3 до 1,8 т/га.

Известно, что при дождевании смыв почвы на вырубках находится в линейной зависимости от уклона местности.

При регрессионном анализе данных табл. 2 не удалось получить тесной связи между эрозией

почв при дождевании и крутизной склонов (коэффициент корреляции $r^2 = 0,043$). Это объясняется решающим влиянием воздушно-сухой массы ЛП и ЖНП на смыв почвы. Уравнение связи между эрозией (\mathcal{E} , т/га) и воздушно-сухой массой лесной подстилки и живого напочвенного покрова (m , т/га) имеет следующий вид:

$$\mathcal{E} = -3,183 \ln(m) + 3,757 \quad \text{при } r^2 = 0,951. \quad (1)$$

Решение уравнения (1) показывает, что эрозия возникает, если воздушно-сухая масса ЛП + ЖНП менее 3,25 т/га. Это критическое значение массы означает, что эрозия почв во время ливней полностью отсутствует при $m \geq 3,25$ т/га.

При обработке экспериментальных данных выявлена связь между эрозией и содержанием органики (G , %) в верхнем слое почв 0...20 см:

$$\mathcal{E} = -6,718G + 50,924 \quad \text{при } r^2 = 0,683. \quad (2)$$

Анализ уравнения (2) позволил сделать заключение, что при $G \geq 7,6$ % ливневая эрозия практически отсутствует.

Вопрос о влиянии плотности верхнего слоя почв на эрозию остается открытым. Одни исследователи считают, что уплотнение верхнего слоя почв приводит к сокращению эрозии за счет возрастания сцепления между почвенными частицами [4], другие авторы полагают, что уплотнение приводит к сокращению водопроницаемости и увеличению поверхностного стока, тем самым активизируя эрозию почв [1].

Регрессионный анализ полученных данных не обнаружил тесной связи между эрозией и плотностью слоя почв 0...20 см ($r^2 = 0,063$), но при этом была выявлена связь между эрозией и коэффициентом пористости (e) верхнего слоя почв:

$$\mathcal{E} = -27,14 \ln(e) + 7,996 \quad \text{при } r^2 = 0,547. \quad (3)$$

Анализ обратной логарифмической зависимости (3) показал, что при $e > 1,33$ эрозия почв во время ливней практически отсутствует.

Содержание глинистых фракций в гранулометрическом составе слоя почв 0...20 см и пластичность не влияют на эрозию почв при ливнях (соответственно $r^2 = 0,003$ и $0,0008$). Однако верхний предел пластичности (W , %) тесно связан с эрозией почв. Уравнение, характеризующее эту связь, имеет следующий вид:

$$\mathcal{E} = -60,89 \ln(W) + 242,11 \quad \text{при } r^2 = 0,705. \quad (4)$$

Из уравнения (4) следует, что чем выше верхний предел пластичности, тем больше почва сопротивляется водной эрозии при дождевании. При $W \geq 53$ % эрозия почв под пологом производных лесов отсутствует. Это граница влажности, при увеличении которой почва (порода) теряет свои пластические свойства и переходит в текучее состояние.

Сцепление агрегатов друг с другом считают важнейшим показателем, определяющим эрозию грунтов [5]. Лучший способ определения межагрегатного сцепления – измерение сопротивления разрыву, так как в этом случае граница раздела проходит через контакты между почвенными агрегатами [4]. Применяя этот метод (ГОСТ 12248–96), мы не обнаружили связи между эрозией почв и сцеплением почвенных агрегатов ($r^2 = 0,0008$). Полагаем, что это обусловлено деформациями уплотненной почвы гусеницами трелевщика в виде поперечных (послойных) трещин расхождения. В этом случае сопротивление сдвигу определялось не сцеплением, а зацеплением и трением поверхностей агрегатов.

Подобный вывод подтверждается полученной нами логарифмической связью между эрозией и углами внутреннего трения (φ , град) между агрегатами в слое почв 0...20 см:

$$\mathcal{E} = -42,32 \ln(\varphi) + 130,28 \quad \text{при } r^2 = 0,565. \quad (5)$$

Зависимость (5) иллюстрирует, что с возрастанием углов внутреннего трения между почвенными агрегатами уменьшается эрозия почв при дождевании. При $\varphi > 22^\circ$ эрозия почв при дождевании отсутствует.

На основании проведенных исследований в производных лесах был предложен перечень рекомендаций по повышению их стокорегулирующей и почвоохранной способности:

не проводить проходные рубки, а также рубки переформирования и обновления, при которых вновь эксплуатируются волокна и существенно снижается воздушно-сухая масса живого напочвенного покрова и лесной подстилки;

лесохозяйственные работы должны быть сосредоточены на уходах за порослью (порослевые гнезда дуба изреживают до 2-3 экз.), мероприятиях по увеличению участия в составе насаждений семенного дуба и бука, а также на уходах за подростом и самосевом, на посадке сеянцев или саженцев;

для предупреждения формирования стока и эрозии на трелевочных волоках и технологических дорогах необходимо обеспечить отвод поверхностного стока под лесной полог.

Выводы

Эрозионные процессы при ливневом поверхностном стоке в производных лесах на водосборах горных рек Северо-Западного Кавказа способствуют усилению наводнений за счет снижения массы лесной подстилки и живого напочвенного покрова ниже критических значений, а также за счет свойств поверхностного слоя нарушенных бурых лесных почв.

Определены критические значения массы лесной подстилки и живого напочвенного покрова под пологом производных лесов (3,25 т/га), содержания органики в верхнем слое почв ($\geq 7,6\%$), а также коэффициентов пористости ($\geq 1,33$), верхнего предела пластичности ($\geq 53\%$) и углов внутреннего трения между почвенными частицами ($\geq 22^\circ$).

Рекомендованы лесохозяйственные мероприятия по повышению стокорегулирующей и почвозащитной способности производных лесов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивонин В.М., Пеньковский Н.Д. Лесомелиорация ландшафтов. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2003. 150 с.
2. Ивонин В.М., Тертерян А.В. Поверхностный сток при ливнях в нарушенных лесах на водосборах горных рек Северо-Западного Кавказа / Мелиорация и водное хозяйство. 2013. № 1. С. 17–19.
3. Коваль И.П., Битюков Н.А., Шевцов Б.П. Экологические основы горного лесоводства. Сочи: НИИгорлесэкология, 2012. 565 с.
4. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв: учеб. М.: МГУ, 1995. 334 с.
5. Миряхулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. М.: Колос, 1970. 179 с.

Поступила 05.12.13

UDC 630*116.23

Soil Erosion During Rainstorms in the Second Growth of the Northwest Caucasus

V.M. Ivonin, Doctor of Agriculture, Professor

A.V. Terteryan, Aspirant

¹ Novochoerkassk Engineering Meliorative Institute named after A.K. Kortunov of Don State Agrarian University, Pushkinskaya, 111, Novochoerkassk, 346428, Russia; e-mail: Ivoninfo@yandex.ru

² Pshishsk forestry, State Institution "Forest Committee" of the Krasnodar Territory, Pervomayskaya, 4, vill. Oktyabrskii, Tuapse District, Krasnodar Territory, 352818, Russia; e-mail: tertyrn-ashout@mail.ru

Article is devoted to elucidating the role of second growth of the Northwest Caucasus in protecting soil from erosion. These forests were formed as a result of felling of primary forests. A second growth of mountain river's water catch deprived of his protective properties of primary forests. It increases the risk of waterflood during the precipitation with high intensity. In the second growth, is determined the dry weight of forest litter and grass cover. The first value (10 t/ha) is lack of interflow during the intensive precipitation, the second value (3, 25 t/ha) is no soil erosion. In addition, we have identified the following values that characterize the lack of soil erosion: the content of organic matter in the topsoil ($\geq 7,6\%$), the coefficients of porosity ($\geq 1,33$), yield of strength ($\geq 53\%$) and angle of internal friction between soil particles ($\geq 22^\circ$). Infraction of these critical values leads to the formation of interflow and soil erosion during heavy rains. The results of this studies can explain why the soil erosion in the forest occurs during the periods of intense of precipitation. It leads to bottled mountain rivers. It substantiates measures to protect soil from erosion in the second growth. These measures should ensure prevention of soil degradation and accumulation of forest litter under the forest canopy.

Keywords: second growth, interflow, soil erosion, forest litter.

REFERENCES

1. Ivonin V. M., Pen'kovskiy N. D. *Lesomelioratsiya landshaftov* [Forest Melioration of Landscapes].

Rostov-on-don, 2003. 150 p.

2. Ivonin V. M., Terteryan A.V. Poverkhnostnyy stok pri livnyakh v narushennykh lesakh na vodosborakh gornyykh rek Severo-Zapadnogo Kavkaza [Surface Runoff Storm Water in Disturbed Forests in Catchments of the Mountain Rivers of the Northwest Caucasus]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo*, 2013, no. 1, pp. 17–19.

3. Koval' I.P., Bitjukov N.A., Shevtsov B.P. *Ekologicheskie osnovy gornogo lesovodstva* [Ecological Bases of Mountain Forestry]. Sochi, 2012. 565 p.

4. Kuznetsov M.S., Glazunov G.P. *Eroziya i okhrana pochv* [Soil Erosion and Protection]. Moscow, 1995. 334 p.

5. Mirtskhulava Ts.E. *Inzhenernye metody rascheta i prognoza vodnoy erozii* [Engineering Methods for Calculating and Predicting of Water Erosion]. Moscow, 1970. 179 p.

Received on December 05, 2013
