

УДК 631.459.001.2:630*116.2/9
DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.1.64

РЕКРЕАЦИОННАЯ НАГРУЗКА И МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭРОЗИЯ НА ГОРНЫХ СКЛОНАХ В ЛЕСАХ КОЛХИДЫ

В.М. Ивонин, д-р с.-х. наук, проф.

И.В. Воскобойникова, канд. с.-х. наук, доц.

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, ул. Пушкинская, д. 111, г. Новочеркасск, Россия, 346428; e-mail: ivoninforest@ya.ru

Цель исследования – изучение влияния рекреации на процессы механической эрозии для получения данных о допустимом уровне рекреационной нагрузки в лесах Колхиды. Методы исследований: моделирование рекреационных нагрузок; определение массы почвы, фрагментов лесной подстилки и травы, перемещенной по склону при движении туристов. В отсутствие рекреационных нагрузок на склонах ущелий в лесах Колхиды сухая масса лесной подстилки и травы в среднем не превышает 4,0 т/га. С увеличением рекреационной нагрузки подстилка и трава постепенно разрушаются и вместе с почвой перемещаются к подошве склона. Механическую эрозию почв под воздействием ног туристов подразделяют на следующие этапы: первый (рекреационная нагрузка ≤ 1 чел./га) – частичное разрушение лесной подстилки и травяного покрова с перемещением их фрагментов по склону; второй (1...9 чел./га), повторяя первый, включает полное разрушение и передвижение вниз по склону фрагментов подстилки и травы вместе с почвой; третий (> 9 чел./га), повторяя второй этап, включает передвижение почвы без фрагментов лесной подстилки и трав. Установлены средние рекреационные нагрузки, при которых не бывает механической эрозии: крутизна склонов до 10° – рекреационная нагрузка меньше, чем 5,1 чел./га; крутизна 15° – 3,4 чел./га; крутизна 20° – 1,6 чел./га. Если крутизна склонов больше или равна 25° , механическая эрозия проявляется для всех уровней рекреационной нагрузки.

Ключевые слова: Колхида, лес, туризм, рекреационная нагрузка, механическая эрозия.

Введение

Под механической эрозией понимают систематический сдвиг почвы вниз по склону в результате работы сельскохозяйственных машин. Скорость механической эрозии находится в прямой зависимости от количества обработок почвы, характеристик рельефа местности и не зависит от метеорологических условий [6, 7].

Для цитирования: Ивонин В.М., Воскобойникова И.В. Рекреационная нагрузка и механическая эрозия на горных склонах в лесах Колхиды // Лесн. журн. 2017. № 1. С. 64–72. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.1.64

Подобное воздействие на почву оказывают туристы, передвигающиеся вниз или вверх по склонам в горных лесах. Подобные проблемы в тропических лесах различных регионов Коста-Рики рассматриваются в монографии [8].

При этом под ногами туристов происходит не только передвижение почвы, но и лесной подстилки с фрагментами живого напочвенного покрова [1, 4]. Эти явления так же можно отнести к механической эрозии, если рассматривать ее как результат силового воздействия рекреационных нагрузок на поверхность склона.

В лесах Западного Кавказа механическая эрозия почвы особенно сильно проявляется при рекреации в колхидских лиановых лесах, расположенных в ущельях горных речек и ручьев с крутыми склонами и высокой влажностью почв [2].

Основной ярус этих лесов представляет самшит колхидский (*Buxus colchica* Pojark) – СМ. Второй ярус образуют вековые деревья дуба скального (*Quercus petraea* L. ex. Liebl.) – ДС, или дуба иберийского (*Q. iberica* Stev.), граба кавказского (*Carpinus caucasica* Crossh.) – Г, каштана посевного (*Castanea sativa* Mill.), бука восточного (*Fagus orientalis* Lipsky) и др. Подлесок этих лесов составляют вечнозеленые кустарники: падуб колхидский (*Ilex colchica* Pojark), лавровишня лекарственная (*Laurocerasus officinalis* M. Roem) и др. В нижнем вечнозеленом ярусе подлеска встречается иглица колхидская (*Ruscus colchicus* P.F.Yeo) – ИГК. Внеярусную растительность представляют плющ колхидский (*Hedera colchica* C. Koch), ломонос виноградолистный (*Clematis vitalba* L.) и др. лианы.

Подрост самшита заселяет даже полки отвесных скал, с которых свисают папоротники и стебли плюща. Все это, при наличии живописных водопадов, порогов на речках и ручьях, привлекает туристов, под ногами которых возникает механическая эрозия почв на склонах ущелий.

Объекты и методика исследований

Механическую эрозию почв в колхидских лесах исследовали в 2005 – 2015 гг. на территории «33 водопада» – популярного рекреационного объекта Сочинского национального парка, расположенного в каньоне урочища Джегош (Головинское участковое лесничество, квартал 39, выдел 4). В каньоне ручья оборудована закольцованная тропа в виде деревянных трапов, мостиков, смотровых площадок возле отвесных откосов. Посетители, проходя по деревянным трапам, не оказывают существенного воздействия на окружающие ландшафты. Выше этого обустроенного участка находится грунтовая тропа, расположенная среди колхидского леса (табл. 1).

Методика исследований заключалась в следующем. На учетных площадках (размер 1,43×0,7 м) моделировали варианты рекреационных плотностей. Рекреационная плотность (по ОСТ 56-100-95) – это единовременное количество посетителей на единице лесной площади за период измерения. Определяется посредством давления на почву при равномерном шагании человека среднего веса со скоростью 3,0...3,5 км/ч (60 шагов/мин) на единице площади (1 м²).

Таблица 1

Таксационная характеристика колхидского леса на опытном участке

| Состав | Возраст, лет | Средние | | Класс бонитета | Полнота | Запас, м ³ /га |
|----------------|--------------|-----------|-------------|----------------|---------|---------------------------|
| | | высота, м | диаметр, см | | | |
| 1 ярус – 10 СМ | 120 | 6 | 7 | III | 0,3 | 40 |
| 2 ярус: | | | | | | |
| 5ДС | 140 | 24 | 62 | | 0,6 | 360 |
| 4Г | | 18 | 30 | | | |
| 1КЛП* | | 15 | 22 | | | |
| Подрост** | | | | | | |
| Подлесок*** | | | | | | |

*КЛП – клен полевой.

**СМ до 6 тыс. шт./га: средний (высота 0,5...1,0 м) и мелкий ($\leq 0,5$ м).

***ИГК (редкий); ЖНП: окопник крупноцветковый, листовник сколопендровый, тайник овальный, трахистемон восточный и др.

Время шагания рассчитывали для сезона рекреации (120 дн.) и продолжительности нагрузки 1200 ч (варианты рекреационных плотностей от 1 до 11 чел./га имитировали при «шаговых» нагрузках от 7 до 80 мин в двукратной повторности) [5]. На площадках после каждого варианта рекреационной плотности учитывали воздушно-сухую массу оставшейся лесной подстилки (ЛП) и живого напочвенного покрова (ЖНП), выражая ее в тоннах на 1 га. На каждом варианте площадки, по ее нижнему краю (на листе пергаментной бумаги), учитывали общую массу передвинутую (под шаговой нагрузкой) почвы (П), фрагментов ЛП и ЖНП. Передвинутую массу в лабораторных условиях доводили до воздушно-сухого состояния и взвешивали по фракциям: ЛП + ЖНП, П.

Полученные данные обрабатывали с помощью компьютерных программ Statistic7.0 и Microsoft Office Excel.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика процессов механической эрозии

| № варианта | Рекреационная плотность, чел./га | Крутизна склона, град | Масса ЛП + ЖНП на склоне, т/га | | Обобщенная масса $M_{об} = \text{ЛП} + \text{ЖНП} + \text{П}$, передвинутая к подошве склона т/га | В том числе | |
|------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------|--|-------------|-------|
| | | | На поверхности | Засыпана почвой | | ЛП + ЖНП | П |
| 1 | 0,01 | 24 | 3,97 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 26 | 1,02 | 2,95 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 3 | 31 | 0,20 | 1,77 | 14,00 | 2,00 | 12,00 |
| 4 | 5 | 26 | 0 | 1,07 | 17,00 | 2,90 | 14,10 |
| 5 | 7 | 34 | 0 | 0,50 | 24,00 | 3,47 | 20,53 |
| 6 | 9 | 30 | 0 | 0 | 26,00 | 3,97 | 22,03 |
| 7 | 11 | 21 | 0 | 0 | 23,00 | 3,97 | 19,03 |

На склонах каньона (в районе исследований) в качестве контрольного был выбран вариант 1 с минимальной рекреационной плотностью $Rd = 0,01$ чел./га, где воздушно-сухая масса ЖНП составила 0,77 т/га, в том числе, т/га: окопник крупноцветковый (*Symphytum grandiflorum* DC.) – 0,12; трахистемон восточный (*Trachystemon orientalis* L.) – 0,33; плющ колхидский – 0,08; листовник сколопендровый (*Asplenium scolopendrium* (L.) Newman) – 0,14; тайник овальный (*Listera ovata* (L.) R.Br.) – 0,05; тамус обыкновенный (*Dioscorea communis* (L.) Caddick) – 0,01; другие виды – 0,04.

При $Rd = 1$ чел./га (вариант 2) на поверхности площадки общая масса ЖНП уменьшилась до 0,12 т/га (окопник – 0,01; трахистемон – 0,05; плющ – 0,04; листовник – 0,02 т/га). Большая часть ЛП и ЖНП (2,95 т/га) была втоптана в почву и замазана грязью. При этом на площадке были образованы бугорки, вытянутые поперек падения склона. За пределы площадки почва и фрагменты ЛП и ЖНП не были передвинуты.

При $Rd = 3$ чел./га (вариант 3) на поверхности площадки напочвенный покров практически отсутствовал (подстилка – 0,20 т/га). Фрагменты ЛП и ЖНП (1,77 т/га) были покрыты грязью и сдвинуты в террасовидные «оплывины». За пределы площадки под шаговой нагрузкой была перемещена обобщенная масса $M_{об} = ЛП + ЖНП + П$, равная 14,00 т/га, в том числе П – 12,00 т/га.

При $Rd = 5$ чел./га (вариант 4) поверхность площадки была вытоптана с образованием террасовидных оплывин, в которых были захоронены фрагменты напочвенного покрова. За пределы площадки было перемещено 17,00 т/га почвы и фрагментов ЛП и ЖНП, в том числе П – 14,10 т/га. Следовательно, на площадке осталось (втоптанно в почву и замазано грязью) 1,07 т/га фрагментов ЛП и ЖНП.

При $Rd = 7$ чел./га (вариант 5) поверхность площадки была вытоптана, замазано обувью туристов 0,50 т/га фрагментов ЛП и ЖНП. За пределы площадки было перемещено 24,00 т/га почвы и фрагментов ЛП и ЖНП ($M_{об}$), в том числе П – 20,53 т/га.

При $Rd = 9$ чел./га (вариант 6) на поверхности площадки были оттоптаны два корня самшита, что свидетельствует о значительной массе почвы, перемещенной за пределы площадки под шаговой нагрузкой. Общая перемещенная за предел площадки масса почвы и фрагментов ЛП и ЖНП составила 26,00 т/га. При этом на площадке не осталось фрагментов лесной подстилки и живого напочвенного покрова.

При $Rd = 11$ чел./га (вариант 7) поверхность площадки была равномерно вытоптана. В верхней части площадки обнажился корень самшита. Общая перемещенная за пределы площадки под шаговой нагрузкой масса почвы и фрагментов ЛП и ЖНП составила 23,00 т/га.

Проведенные нами исследования показали, что при возрастании рекреационных нагрузок непрерывный процесс механической эрозии можно разделить на три этапа. На первом этапе (при $Rd \leq 1$ чел./га) происходит частичное разрушение и передвижение вниз по склону фрагментов ЛП и ЖНП; на втором

этапе ($Rd = 1 \dots 9$ чел./га) дополнительно включается процесс полного разрушения и передвижения по склону фрагментов ЛП и ЖНП вместе с П; третий этап (при $Rd > 9$ чел./га) включает также процессы механического передвижения П уже без фрагментов ЛП и ЖНП.

На первом и втором этапах связь воздушно-сухой массы ЛП и ЖНП на поверхности склона (m , т/га) с рекреационной плотностью (Rd , чел./га) имеет следующий вид:

$$m = -0,593 \ln(Rd) + 1,135 \quad \text{при } r^2 = 0,981. \quad (1)$$

Имеем аналогичное уравнение связи массы ЛП и ЖНП, передвинутой под шагами туристов к подошве склона (m^* , т/га) с плотностью Rd :

$$m^* = -0,0398 Rd^2 + 0,828 Rd - 0,305 \quad \text{при } r^2 = 0,980. \quad (2)$$

Графическое решение уравнений (1) и (2) приведено на рис. 1.

Анализ рис. 1 (ряд 1) показывает, что при отсутствии рекреационных нагрузок в колхидских лесах на поверхности склонов ущелий воздушно-сухая масса ЛП + ЖНП не превышает 4,0 т/га. При возрастании рекреационных нагрузок эта масса, постепенно разрушаясь, передвигается к подошве склона и при $Rd \sim 7$ чел./га полностью деградирует под ногами туристов.

При этом часть фрагментов лесной подстилки и живого напочвенного покрова могут оставаться на склоне, втопанные в почву и засыпанные почвой (ряд 2).

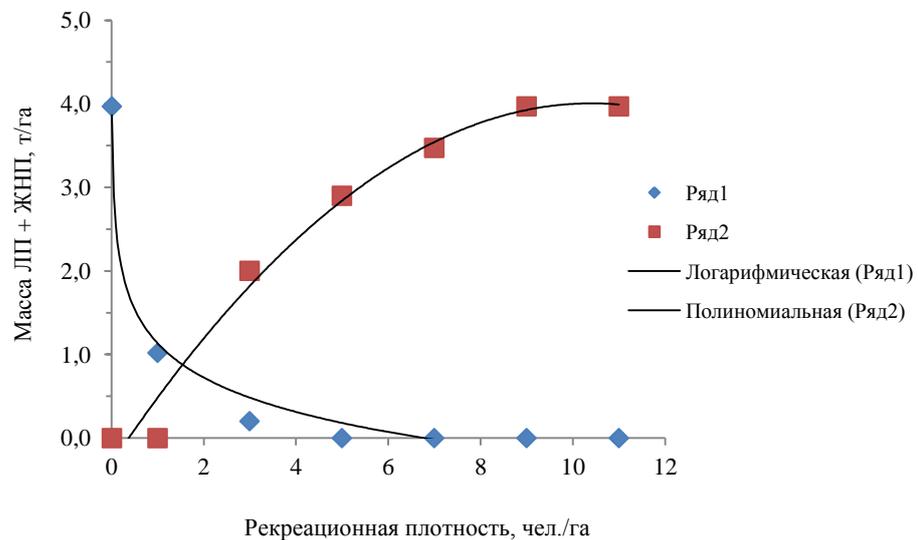


Рис. 1. Связь рекреационной плотности с воздушно-сухой массой ЛП+ЖНП, находящейся на поверхности склона (ряд 1) и передвинутой к его подошве (ряд 2)

Такие фрагменты под шагами туристов полностью передвигаются к подошве склона только при $Rd > 9$ чел./га. Следует отметить, что при $Rd = 7...9$ чел./га на поверхности склона масса ЛП + ЖНП полностью отсутствует, но часть этой массы остается в пределах склона, засыпанная или заманная почвой.

Вместе с фрагментами ЛП и ЖНП под шаговой нагрузкой за пределы площадки передвигается и почва (ЛП + ЖНП + П). Такая суммарная масса составляет обобщенную механическую эрозию, на передвижение которой под шагами туристов существенное влияние оказывает крутизна склона [2]. С увеличением рекреационных нагрузок доля почвы в обобщенной массе механической эрозии изменяется в пределах 0,83...0,85, т. е. остается примерно на одном уровне.

Передвинутая к подошве склона суммарная масса механической эрозии размывается при очередных паводковых разливах ручья.

По результатам исследований получено уравнение множественной связи обобщенной механической эрозии ($M_{об}$, т/га), рекреационной плотности (Rd , чел./га) и крутизны склонов (α , град):

$$M_{об} = 2,447Rd + 0,845\alpha - 20,898 \quad \text{при } R = 0,958. \quad (3)$$

Графическое решение уравнения (3) приведено на рис. 2, который показывает, что на склонах крутизной до 10° (склоны первой группы крутизны) Rd менее 5,1 чел./га не вызывает опасности механической эрозии; на склонах 15° – 3,4 чел./га; на склонах 20° – 1,6 чел./га. При крутизне склонов $\geq 25^\circ$ любые рекреационные нагрузки вызывают механическую эрозию ЛП + ЖНП + П.

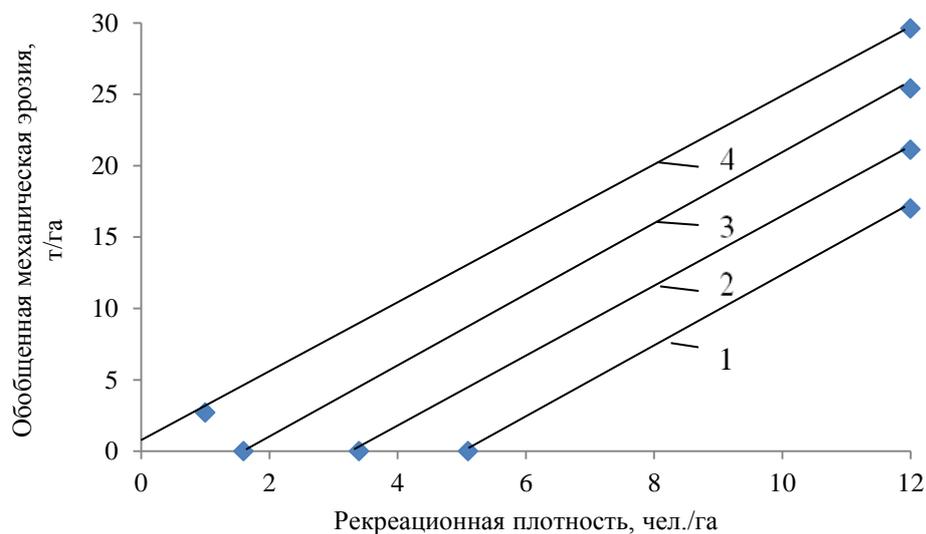


Рис. 2. Связь обобщенной механической эрозии с рекреационной плотностью и крутизной склона (углом α): 1 – $\alpha = 10^\circ$; 2 – 15° ; 3 – 20° ; 4 – 25°

Определенные нами допустимые рекреационные плотности включены в Рекомендации по осуществлению рекреационной деятельности [3].

Заключение

Процесс разрушения и передвижения почвы, лесной подстилки и живого напочвенного покрова (механическая эрозия) по мере возрастания рекреационных нагрузок на склонах можно разделить на три этапа: первый этап (рекреационная нагрузка ≤ 1 чел./га) – частичное разрушение ЛП и ЖНП с перемещением их фрагментов вниз по склону; второй этап (рекреационная нагрузка от 1 до 9 чел./га), повторяя первый, включает полное разрушение ЛП и ЖНП и передвижение их фрагментов вниз по склону вместе с почвой; третий этап (рекреационная нагрузка > 9 чел./га), повторяя второй, включает передвижение только почвы.

Анализ моделей парных связей показал, что с возрастанием рекреационных нагрузок до 7 чел./га масса ЛП и ЖНП, постепенно разрушаясь, передвигается к подошве склона. При рекреационной плотности от 7 до 9 чел./га на поверхности склона масса ЛП + ЖНП уже полностью отсутствует, но часть ее остается на склоне, захороненная почвой.

Анализ полученной множественной связи позволил рекомендовать допустимые рекреационные плотности, которые не вызывают механической эрозии почвы: склоны первой группы крутизны ($\leq 10^\circ$) – средняя рекреационная плотность $< 5,1$ чел./га; склоны крутизной 15° – 3,4 чел./га; склоны крутизной 20° – 1,6 чел./га. При крутизне склонов $\geq 25^\circ$ любые рекреационные нагрузки должны быть исключены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ивонин В.М., Воскобойникова И.В.* Влияние туризма на процессы эрозии почв в лесах низкогорий Северо-Западного Кавказа // Науч. журн. Российского НИИ проблем мелиорации. 2014. № 4(16). С. 87–104. Режим доступа: http://www.rosniipmsm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec299-field6.pdf
2. *Ивонин В.М., Воскобойникова И.В.* Экологическое обоснование рекреационной нагрузки в колхидских лиановых лесах // Лесоведение. 2008. № 4. С. 50–56.
3. *Ивонин В.М., Воскобойникова И.В., Пеньковский Н.Д., Багдасарян А.А.* Рекомендации по осуществлению рекреационной деятельности в лесах Западного Кавказа. Новочеркасск: Лик, 2015. 42 с.
4. *Ивонин В.М., Воскобойникова И.В., Пеньковский Н.Д., Багдасарян А.А.* Эрозия почв при осуществлении рекреационной деятельности в лесах Северо-Западного Кавказа: моногр. Ростов н/Д.: Фонд науки и образования, 2015. 202 с.
5. *Ивонин В.М., Пеньковский Н.Д.* Лесомелиорация ландшафтов. Научные исследования: учеб. пособие. Ростов н/Д.: СКНЦ ВШ, 2003. 151 с.
6. *Макарова М.С., Зацаринный В.А.* Перемещение пласта почвы при вспашке склоновых полей // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2008. № 8. С. 16–18.

7. Рахимов З.С. Механическая эрозия почвы на склонах // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2005. № 5. С. 37–38.

8. Franke J. *Costa Rica's National Parks and Preserves*. US, WA, Seattle, 2009. 269 p.

Поступила 10.01.16

UDC 631.459.001.2:630*116.2/.9

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.1.64

Recreational Load and Mechanical Erosion on the Mountainsides in the Forests of Colchis

V.M. Ivonin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

I.V. Voskoboynikova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A.K. Kortunov, Branch of the Don State Agrarian University, Pushkinskaya ul., 111, Novocherkassk, 346428, Russian Federation; e-mail: ivoninfores@ya.ru

The goal of research is to study the impact of recreation on the mechanical erosion processes and to obtain data on the acceptable level of recreational load in the forests of Colchis. The following research methods are used: modeling of recreation loads; determination of the soil weight, fragments of forest litter and grass, moved down the slope by tourists. The dry weight of forest litter and grass on the average does not exceed 4.0 t/ha in the absence of recreational loads on the gorge slopes in the forests of Colchis. With the increase of recreational load the litter and grass are gradually destroyed and, together with the soil, move to the base of slope. Mechanical soil erosion under the influence of the feet of tourists is divided into the following stages: 1) (recreational load ≤ 1 person/ha.) the partial destruction of forest litter and grass cover with transportation of their fragments along the slope; 2) (1 ... 9 persons/ha) repeats the first stage and involves the complete destruction and transportation of fragments of litter and grass with the soil down the slope; 3) (> 9 persons/ha), repeats the second stage, involves the soil transportation without the fragments of forest litter and grasses. Average recreational loads, at which mechanical erosion is not observed, are established: at the slope inclination up to 10° recreational load is less than 5.1 persons/ha; at the slope inclination of 15° – 3.4 persons/ha; at the slope inclination of 20° – 1.6 persons/ha. If the slope inclination is greater or equal to 25° , mechanical erosion is evident for all levels of recreational load.

Keywords: Colchis, forest, tourism, recreational load, mechanical erosion.

REFERENCES

1. Ivonin V.M., Voskoboynikova I.V. Vliyanie turizma na protsessy erozii pochv v lesakh nizkogoriy Severo-Zapadnogo Kavkaza [The Impact of Tourism on Soil Erosion in the Forests of Low Mountains of the North-West Caucasus]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo*

For citation: Ivonin V.M., Voskoboynikova I.V. Recreational Load and Mechanical Erosion on the Mountainsides in the Forests of Colchis. *Lesnoy zhurnal*, 2017, no. 1, pp. 64–72. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.1.64

NII problem melioratsii [Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems], 2014, no. 4(16), pp. 87–104. Available at: http://www.rosniipmsm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec299-field6.pdf.

2. Ivonin V.M., Voskoboynikova I.V. Ekologicheskoe obosnovanie rekreatsionnoy nagruzki v kolkhidskikh lianovykh lesakh [Ecological Substantiation of Recreational Load in the Liane Forests of Colchis]. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 2008, no. 4, pp. 50–56.

3. Ivonin V.M., Voskoboynikova I.V., Pen'kovskiy N.D., Bagdasaryan A.A. *Rekomendatsii po osushchestvleniyu rekreatsionnoy deyatel'nosti v lesakh Zapadnogo Kavkaza* [Recommendations for the Implementation of Recreational Activities in the Forests of the Western Caucasus]. Novocherkassk, 2015. 42 p.

4. Ivonin V.M., Voskoboynikova I.V., Pen'kovskiy N.D., Bagdasaryan A.A. *Eroziya pochvy pri osushchestvlenii rekreatsionnoy deyatel'nosti v lesakh Severo-Zapadnogo Kavkaza: monogr.* [Soil Erosion Due to Recreational Activity in the Forests of the North-West Caucasus]. Rostov-on-Don, 2015. 202 p.

5. Ivonin V.M., Pen'kovskiy N.D. *Lesomelioratsiya landshaftov. Nauchnye issledovaniya: ucheb. posobie* [Landscape Forest Melioration. Research]. Rostov-on-Don, 2003. 151 p.

6. Makarova M.S., Zatsarinnyy V.A. Peremeshchenie plasta pochvy pri vspashke sklonovykh poley [Moving of the Soil Layer During the Plowing of Sloping Fields]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*, 2008, no. 8, pp. 16–18.

7. Rakhimov Z.S. Mekhanicheskaya eroziya pochvy na sklonakh [The Mechanical Soil Erosion on the Slopes]. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny* [Tractors and Agricultural Machinery], 2005, no. 5, pp. 37–38.

8. Franke J. *Costa Rica's National Parks and Preserves*. US, WA, Seattle, 2009. 269 p.

Received on January 10, 2016