УДК 624.131

С.Н. Чернышев, Л.А. Володина
*ФГБОУ ВПО «МГСУ»***ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ
ПЛОСКОСТНОЙ ЭРОЗИИ
ОТ НАКЛОНА
ПОВЕРХНОСТИ СКЛОНА**

Представлены результаты исследований плоскостного смыва на склонах парка Нескучный сад в г. Москве, проведенных по специальной методике. Построены графики зависимости глубины плоскостного смыва от диаметра деревьев на склонах, рассчитана средняя годовая скорость смыва, определена средняя годовая скорость горизонтального перемещения бровки склонов. Установлена зависимость скорости плоскостной эрозии от наклона поверхности склона для супесчаных почвогрунтов. Проведено сравнение полученных результатов скоростей с результатами исследований отечественных исследователей.

Ключевые слова: плоскостной смыв, глубина смыва, скорость смыва, диаметр дерева, корневая шейка, дисперсные грунты, почва, материнские породы, растительный покров, бровка склона, Нескучный сад.

Изучению плоскостного смыва почв и горных пород в последние годы уделяется большое внимание. Актуальность данного вопроса не вызывает сомнений. На территории Нескучного сада в Москве исследования данного процесса необходимы при планировании мероприятий по предупреждению обрушения ограждения на склоне рядом с Охотничьим Домиком, очистке канав над подпорной стенкой набережной Москвы-реки. В районе Воробьевых гор, а также на склонах музея-заповедника

S.N. Chernyshev, L.A. Volodina**THE DEPENDENCE OF SHEET
EROSION VELOCITY
ON SLOPE ANGLE**

The article presents a method for estimating the erosion velocity on forested natural area. As a research object for testing the methodology the authors selected Neskuchny Garden — a city Park on the Moskva river embankment, named after the cognominal Palace of Catherine's age. Here, an almost horizontal surface III of the Moskva river terrace above the flood-plain is especially remarkable, accentuated by the steep sides of the ravine parallel to St. Andrew's, but short and nameless. The crests of the ravine sides are sharp, which is the evidence of its recent formation, but the old trees on the slopes indicate that it has not been growing for at least 100 years.

Earlier Russian researchers defined vertical velocity of sheet erosion for different regions and slopes with different parent (in relation to the soil) rocks. The comparison of the velocities shows that climatic conditions, in the first approximation, do not have a decisive influence on the erosion velocity of silt loam soils. The velocities on the shores of Issyk-Kul lake and in Moscow proved to be the same. But the composition of the parent rocks strongly affects the sheet erosion velocity. Even low-strength rock material reduces the velocity by times.

Phytoindication method gives a real, physically explainable sheet erosion velocities. The speed is rather small but it should be considered when designing long-term structures on the slopes composed of dispersive soils. On the slopes composed of rocky soils sheet erosion velocity is so insignificant that it shouldn't be taken into account when designing. However, there may be other geological processes, significantly disturbing the stability of slopes connected with cracks.

Key words: sheet erosion, erosion depth, erosion velocity, tree diameter, root collar, dispersive subsoil, soil, parent rock, vegetation cover, slope crest, Neskuchny Garden.

«Коломенское» необходимо предупреждение обрушения опор лестниц и защита дорожек по бровке откоса. Аналогичные задачи стоят и при благоустройстве других зеленых склонов парковых территорий в Москве, в частности.

Авторами опубликована методика определения скорости плоскостного смыва на зеленом природном участке [1]. В целях апробирования методики выбран объект исследований — Нескучный сад — городской парк на берегу Москвы-реки, названный по одноименному дворцу Екатерининской эпохи. Здесь обращает на себя внимание почти горизонтальная поверхность 3-й надпойменной террасы Москвы-реки, подчеркнутая крутыми бортами оврага, параллельного Андреевскому, но короткого и безымянного. Бровки овражных бортов резкие, свидетельствуют о недавнем его образовании, но старые деревья на склонах указывают, что он не растет уже минимум 100 лет [2—4].

Для Нескучного сада, как и для всей Москвы, характерен пояс умеренно континентального климата со следующими среднегодовыми показателями: температура 4,5 °C, количество дней с температурой выше 0 °C — 214, осадки — около 650 мм, годовая амплитуда температур — 28 °C. Наибольшее количество осадков приходится на весенне-летний период [5].

Почвенно-геологические условия территории исследований описаны в [1]. Приводим характерный геологический разрез склона, составленный на участке 1 (рис. 1). На прочих участках слой аллювиальных песчаных отложений не пре-

The study of sheet erosion of soils and rocks in recent years is of great attention. There is no doubt about it. The study of this process on the territory of Neskuchny Sad ("Enjoyable Garden") in Moscow is necessary for taking measures to prevent the failure of the fence on the slope next to Okhotnichiy Domik ("Hunting Box"), to clean the ditches over the embankment wall of the Moskva river. It's necessary to prevent the failure of the stair pillars and protect the paths along the slope crest near the Vorobyovy Hills ("the Sparrow Hills") and on the slopes of reserve museum "Kolomenskoye". There are similar tasks for the improvement of other forested slopes of Park areas in Moscow in particular.

The authors published a method for estimating the erosion speed on forested natural area [1]. As an object research for testing the methodology we selected Neskuchny Garden — a city Park on the Moskva river embankment, named after the cognominal Palace of Catherine's age. Especially remarkable here is an almost horizontal surface III of the Moskva river terrace above the flood-plain, accentuated by the steep sides of the ravine parallel to St. Andrew's, but short and anonymous. The crests of the ravine sides are sharp, which is the evidence of its recent formation, but the old trees on the slopes indicate that it has not been growing for at least 100 years [2—4].

Neskuchny Garden, as well as the whole Moscow, is situated in the zone of moderately continental climate with the following average parameters: temperature of 4,5 °C, the number of days with temperatures above 0 °C — 214, precipitation is about 650 mm, annual range of temperatures is 28 °C. Most precipitation occurs in spring and summer [5].

Soil and geological conditions of the territory of the studies are described in [1]. We present a typical geological cross-section of the slope made at section 1 (Fig. 1). The layer of alluvial sandy deposits in oth-

вышает 3 м. Тем не менее, песчаные частицы плоскими потоками транспортируются вниз по склону, входят в состав почв и определяют скорость плоскостной эрозии.

er sections does not exceed 3 m. However, the sand particles are transported by flat streams down the slope, enter the soil and determine the speed of the planar erosion

Рис. 1. Геологический разрез уступа 3-й надпойменной террасы р. Москвы в Нескучном саду на опытном участке 1: tQ_4 — насыпные грунты: 1946—1950 гг., слежавшиеся суглинки со щебнем кирпича и другим строительным мусором; dQ_4 — супесь серая; aQ_3 — супесь буровато-серая; aQ_3 — песок кварцевый, средней крупности; aQ_3 — песок кварцевый, крупный, с гравием и галькой; K_1 — супесь зеленовато-желтая, плотная, с прослоями и мелкими линзами глины

В целях исследования на территории Нескучного сада выбрано 5 склонов. Участок 1 представляет собой фрагмент сомкнутого широколиственного леса, состоящий в основном из клена платанолистного с небольшой примесью липы сердцевидной. Коэффициент сомкнутости крон 90...95 %, в некоторых местах участка — 70 %. Также наблюдается произрастание поросли клена. Травяной покров на данном участке скудный, представленный редкими побегами недотроги мелкоцветной. Изредка встречаются побеги сныти обыкновенной. Проективное покрытие варьируется от 15 до 45 % в разных частях склона.

Fig. 1. Geological cross-section of the 3rd flood-plain terrace cusp of the Moskva river in Neskuchny Garden on the experimental ground 1: tQ_4 — fill-up ground: 1946—1950 compacted loam soil with gravel brick, and other construction debris; dQ_4 — gray sandy loam; aQ_3 — brownish-grey sandy loam; aQ_3 — quartz sand, medium sized; aQ_3 — quartz sand, coarse, with gravel and pebbles; K_1 — greenish-yellow sandy loam, solid, with interlayers and small pockets of clay

We selected 5 slopes in Neskuchny garden for the research purpose. Section 1 is a fragment of a closed broad-leaved forest, consisting mainly of Norway maple with a small admixture of tillet. Crown closure coefficient is 90...95 %, in some sections — 70 %. There are also growing maple sprouts. Grass cover in this section is scarce with rare shoots of yellow balsam. There are occasional shoots of ashweed. The projective cover varies from 15 to 45 % in different sections of the slope.

The slope of the 2nd southern exposure with an average slope of 40°. The tree layer section 2 presents different species: tillet, maple, oak, birch. Crown closure is 60...70 %. The growth of Norway maple is most actively developed. There

Склон 2 южной экспозиции со средним наклоном 40°. Древесный ярус участка 2 представлен различными породами: липой, кленом, дубом, березой. Сомкнутость крон составляет 60...70 %. Активно развита поросль клена платанолистного. На участке наблюдаются фрагментарные вытопанные площади. Проективное покрытие травяного покрова на освещенных и не вытопанных участках достигает 80 %, а на вытопанных не превышает 15 %. На более освещенных местах встречается одуванчик лекарственный и горлюха ястребинковая, а также злаки: ежа сборная, луговик дернистый, овсяница луговая, мятлики нескольких видов. Внизу склона встречается недотрога мелкоцветная.

Участок 3 представляет собой склон юго-западной экспозиции со средним наклоном 30°. На участке растет липа сердцевидная, клен платанолистный с включением вяза гладкого и рябины обыкновенной. На участке повсеместно встречается поросль клена. Сомкнутость крон составляет 75...80 %. Видовой состав трав скудный представлен недотрогой железистой, на освещенных местах встречается одуванчик обыкновенный. Проективное покрытие травяного яруса составляет 10...15 %.

Участки 4 и 5 представляют собой пологие (с углом наклона 7°) вытопанные склоны, направленные на запад (4) и север (5). Древесный ярус представлен кленом обыкновенным, вязом гладким, ясенем обыкновенным. Сомкнутость крон на участках 4 и 5 составляет 80 и 95 %, соответственно. Травяной покров отсутствует. Изредка встречаются побеги недотроги мелкоцветной и одуванчиков вблизи стволов деревьев.

В весеннее время на данных участках наблюдается произрастание эфемероидов: ветреницы лютичной и хохлатки плотной.

Для выбранных участков характеристики почвогрунтов и величин осадков идентичны. Изменяющимися от участка к участку величинами являются: величина угла наклона, экспозиция склона, а также проективное покрытие травяного яруса. На последнюю величину по-

are fragmentary trampled areas in the section. The projective grass cover in lit and not trampled areas reaches 80 %, and in trampled areas does not exceed 15 %. In more lighted areas there is dandelion, hawkweed and cereals: cocksfoot, tussock grass, meadow fescue, few species of bluegrass. At the slope bottom there is yellow balsam.

Section 3 represents the slope of the South-Western exposure with an average slope of 30°. Here grows tillet, Norway maple impure with European white elm, *Sorbus aucuparia*. All over the area Norway maple sprouts can be found. The tree crown cover is 75...80 %. The species structure of vegetation layer is scarce, presented with a bore glandular, in sun lighted areas there occurs platycephalous dandelion. The projective vegetation layer is 10...15 %.

Sections 4 and 5 are flat (with angle of taper of 7°) trampled slopes towards the West (4) and the North (5). The tree layer is represented by common maple, European white elm, common ash. Crown closure in sections 4 and 5 is 80 and 95 %, respectively. Vegetation cover is missing. Occasionally there are yellow balsam and dandelion shoots near the trunks.

In spring time ephemeroids occur here: yellow anemone and hollow-root. Characterization of soil and rainfall in the chosen areas is identical. The variable values in different sections are: angle of slope value, direction of slope,

мимо угла наклона влияют освещенность, экспозиция склона и антропогенный фактор — вытаптывание.

На каждом из участков проведено три вида измерений: определен уклон (в 6...7 точках на каждом склоне), измерены диаметры деревьев (10...12 деревьев на участке) и глубина плоскостного смыва справа и слева от дерева. Определено горизонтальное перемещение бровки откоса для пяти деревьев, произрастающих на бровке, но уже на уровне равнины над склоном. Для всех склонов построены графики зависимости глубины плоскостного смыва от диаметра деревьев (рис. 2, 3).

and projective vegetation cover. The last value is affected, besides angle of slope, by lighting, direction of slope, and anthropogenous factor.

In each section we made 3 types of measurement: of the slope (in 6...7 points on each slope), of tree diameter (from 10 to 12 trees per plot) and of erosion depth to the right and to the left of the tree. We determined horizontal movement of the slope collar for 5 trees growing on the edge, but on the level of flat land above the slope. For all the slopes we made dependence diagrams of sheet erosion depth on tree diameter (Fig. 2, 3).

Рис. 2. Зависимость глубины плоскостного смыва от диаметра дерева на участках 1 (а) и 2 (б): ▲ — точка измерения по клену; ■ — точка измерения по липе; ● — точка измерения по дубу

Fig. 2. The dependence of sheet erosion depth on tree diameter in sections 1 (a) and 2 (b): ▲ — measuring point on maple; ■ — measuring point on teal; ● — measuring point on oak

Склон 2 самый крутой, с углом наклона 40° . Данный угол склона больше угла внутреннего трения грунта — слагающих склон меловых супесей, что позволяет развиваться процессам плоскостной эрозии с высокими скоростями и в отсутствии укрепления склона выводит склон из равновесия. В данном случае устойчивость склона обусловлена укреплением его поверхности травяной и древесной растительностью [6]. Необходимо отметить благоприятные условия для трав на 2-м участке, а именно, относительно хорошую освещенность благодаря южной экспозиции и разреженность древесного полога (коэффициент сомкнутости крон 60 %). Но, несмотря на то, что растительность снижает скорость плоскостного смыва, она не доводит скорости до тех величин, которые мы наблюдаем на остальных склонах.

На основе приведенных данных определена средняя годовая скорость плоскостного смыва, для чего осуществлен переход от диаметра дерева к возрасту [1, 7]. Для этого на территории Нескучного сада вблизи опытных участков обследовано 5 срезов лип. Годичный прирост на обследованных пнях по радиусу составил: 0,3 см; 0,25 см; 0,4 см; 0,2 см; 0,4 см. В работе принят средний годичный прирост диаметра $\Delta d = 0,62$ см.

На основе представления о схожести роста широколиственных деревьев полученный прирост диаметра был принят одинаковым для всех исследуемых пород. Данные, определяемые по разным породам деревьев, ложатся на графики вразброс, что подтверждает схожесть скоростей роста рассматриваемых пород.

Возраст дерева B определялся по формуле $B = d/\Delta d$. Далее по формуле $V = \Delta h/B$ определялась средняя скорость смыва грунта по каждому участку.

При проведении исследований на данных склонах количество воды, стека-

Slope 2 is the sharpest, at an angle of 40° . This slope angle is bigger than the angle of internal friction of soil composed of chalky sandy loam that develops sheet erosion at high velocity and, in the absence of strengthening the slope, disturbs the slope from the equilibrium. In this case, the stability of the slope is due to the strengthening of its surface with grass and tree vegetation [6]. We should note favorable conditions for the grass in the 2nd section, namely, a relatively good illumination due to the southern exposure and the rarefaction of leaf canopy (crown closure coefficient is 60 %). But, despite the fact that vegetation reduces the erosion velocity, it does not bring the latter to the values that we observe on the other slopes.

The presented data helped to calculate the average annual erosion velocity, for which purpose there was a transition from the diameter of a tree to its age [1, 7]. In order to do that, we have studied 5 slices of teal on the territory of Neskuchny Garden, near the experimental grounds. The annual radial growth in the studied stumps was equal to 0.3 cm; 0.25 cm; 0.4 cm; 0.2 cm; 0.4 cm. In the work we took average annual diameter growth $\Delta d = 0,62$ cm.

Basing on the similarity of the growth of broad-leaved trees, the resulting diameter growth was taken the same for all the studied species. The data determined by different types of trees fall on random diagrams, which confirms the similarity of the growth rates of the considered species.

The age of the tree B was determined by the formula $V = d/\Delta d$. Further, according to for-

ющей с площади бассейна водосбора, находящегося над склоном, можно не учитывать в силу инфильтрации воды супесчаной грунтовой поверхностью с наличием на ней растительности и листового опада [8, 9]. Поэтому в данном исследовании фактором, влияющим на поверхностный смыв, является количество осадков, непосредственно выпадающих на склон.

mula $V = \Delta h/B$ we determined the average erosion velocity in each section. During the research of the water amount on these slopes flowing from the reception basin above the slope, you can ignore the effect of water infiltration by sandy loam soil surface with vegetation and leaf litter on it [8, 9]. Therefore, in this study, the factor affecting sheet erosion is rainfall, falling directly on the slope.

a

б

Рис. 3. Зависимость глубины плоскостного смыва от диаметра дерева на участках 4 (а) и 5 (б): ▲ — точка измерения по клену; ■ — точка измерения по липе; ◆ — точка измерения по вязу

Fig. 3. The dependence of sheet erosion depth on tree diameter in the sections 4 (a) and 5 (b): ▲ — measuring point on maple; ■ — measuring point on Lipe; ◆ — measuring point on elm

В табл. 1 показано, что скорость плоскостного смыва в условиях Москвы для склонов, сложенных су-

Tab. 1 shows that the erosion velocity in Moscow for slopes composed of sandy loam and sandy soils is: on

песчаными и песчаными грунтами, составляет: на крутых склонах от 0,5 до 1,3 см/год, на пологих — снижается до 0,2...0,3 см/год. Выявлена статистическая зависимость скорости плоскостной эрозии от угла склона. График зависимости скорости вертикального перемещения склона от угла его наклона приведен на рис. 4. Коэффициент корреляции полученной зависимости составляет $K = 0,94$.

steep slopes from 0.5 to 1.3 cm/year in the gentle slopes is reduced to 0.2...0.3 cm/year. We have discovered statistical dependence of the erosion velocity on the slope angle. The dependence diagram of the velocity vertical slope displacement on the slope angle is shown in fig. 4. Correlation rate of the obtained dependence is $K = 0,94$.

Рис. 4. Зависимость вертикальной скорости плоскостного срыва от угла наклона участка

Fig. 4. The dependence of the vertical velocity of erosion on the slope angle of the section

Табл. 1. Средняя вертикальная скорость плоскостной эрозии уступа 3-й террасы Москвы-реки в г. Москве

Table. 1. The average vertical velocity of sheet erosion of the 3rd terrace on the Moskva river

№ участка / Section №	Угол наклона, град. / Slope angle, degree.	Средняя вертикальная скорость по склону, см/год / Average vertical velocity on the slope, cm/year
1	35	0,67
2	40	1,26
3	30	0,52
4	7	0,20
5	7	0,27

Также производилось измерение горизонтального смещения бровки склонов по деревьям, произрастающим на ней. За горизонтальное перемещение принималось расстояние от оси ствола дерева на уровне корневой шейки (т.е. там, где находилась бровка в начальный момент роста дерева) до линии существующей ныне

We also measured horizontal displacement of the slope crest by the trees that grow on it. As a horizontal movement we took the distance from the axis of the tree trunk at the root collar (i.e., where there was the crest at the initial moment of tree growth) to the present line of the

бровки склона. Измерение выполнено по пяти деревьям, три из которых находятся на участке 2. Вычислена скорость горизонтального перемещения бровки $V_{гор} = L/B$, где L — горизонтальное смещение бровки, B — возраст дерева, год.

Очевидно, что скорости вертикального и горизонтального перемещения грунта связаны соотношением $V_{верт}/V_{гор} = \operatorname{tg}\alpha$, где α — угол наклона склона. Для участка 2 измеренная горизонтальная скорость, равна 1,48 см/год. По формуле $V_{верт} = V_{гор} \operatorname{tg}\alpha$ была вычислена $V_{верт}$, которая составила 1,24 см/год, что близко к измеренному значению вертикальной скорости 1,26 см/год, приведенному в табл. 1. Через тангенс вычислены скорости горизонтального смещения для всех участков. Полученные данные сведены в табл. 2.

Табл. 2. Скорости горизонтального смещения уступа 3-й террасы Москвы-реки в г. Москве при плоскостной эрозии

№ участка / Section, №	Угол наклона, град. / Slope angle, degree	Средняя горизонтальная скорость по склону, см/год / Average vertical velocity on the slope, cm/year
1	35	0,95
2	40	1,48
3	30	0,91
4	7	1,6
5	7	2,2

Ранее отечественными исследователями [10—15] была определена вертикальная скорость плоскостной эрозии для разных регионов и склонов с различными материнскими (по отношению к почве) горными породами. Сравнение скоростей (табл. 3) показывает, что климатические условия не оказывают решающего влияния на скорость плоскостной эрозии на пылеватоглинистых грунтах. В условиях побережья озера Иссык-Куль и Москвы

slope crest. 5 trees were used for measurement, three of which are located in section 2. Horizontal displacement of the crest is calculated by $V_{гор} = L/B$, where L is the horizontal displacement of the slope crest, B — the age of the tree, year.

It's obvious, that the velocity of vertical and horizontal displacement of soil is bound by ratio $V_{верт}/V_{гор} = \operatorname{tg}\alpha$, where α is the angle of the slope. For section 2 horizontal displacement velocity is equal to 1.48 cm/year. Vertical velocity was calculated by the formula $V_{верт} = V_{гор} \operatorname{tg}\alpha$, which was 1.24 cm/year, which is close to the measured value of vertical velocity of 1.26 cm/year, given in table. 1. The velocities of the horizontal displacement for all the sections are calculated by the tangent. The data are summarized in tab. 2.

Tab. 2. The velocity of the horizontal displacement of the 3rd flood-plain terrace cusp of the Moskva river, at sheet erosion

Earlier Russian researchers [10—15] defined vertical velocity of sheet erosion for different regions and slopes with different parent (in relation to the soil) rocks. The comparison of the velocities (tab. 3) shows that climatic conditions, in the first approximation, do not have a decisive influence on the erosion velocity of silt loam soils. The velocities on the shores of Issyk-Kul lake and in Moscow proved to be the same. But the composition of the par-

скорости оказались одного порядка. Но состав материнских пород сильно влияет на скорость плоскостной эрозии. Даже низкопрочные скальные породы снижают скорость на порядок.

Табл. 3. Сравнение вертикальных скоростей плоскостной эрозии для разных регионов и разных почвенно-геологических условий

ent rocks strongly affects the sheet erosion velocity. Even low-strength rock material reduces the velocity by times.

Tab. 3. The comparison of vertical velocities of sheet erosion for different regions and different soil and geological conditions

Регион / Region	Горные породы / Rocky soils	Угол наклона, град. / Slope angle, degr.	Скорость эрозии, см/год / Erosion velocity, cm/year	Источник / Source
1. Киргизия и Узбекистан, Алай / Kirghizia and Uzbekistan, Alai	Легкий суглинок с щебенкой, галькой / Light loam with breakstone and pebble	18	0,02	[14]
	Лессовидный суглинок / Loessial loam	16...24	0,07...0,2	[14]
2. Киргизия, предгорная равнина юго-западного побережья о. Иссык-Куль / Kirghizia, Piedmont plain of South-western shore of Issyk-Kul lake	Супесь пылеватая / Silt sandy loam	27...31	0,5...1,13	[13]
3. Туркмения, Центральный Копетдаг / Turkmenia, Central Kopet Dagh	Плотные известняки / Compact limestone	7...8	0,07...0,09	[11]
	Мергели с прослоями глин / Malmrock with clay interlayers	12...28	0,08...0,15	
4. Москва, склоны в Нескучном саду / Moscow, slopes in Neskuchny Garden	Супесь / Sandy loam	30...40	0,5...1,3	Данная статья / The given article

Итак, фитоиндикационный метод дает реальные, физически объяснимые величины скорости плоскостной эрозии. Скорость эта невелика, но должна учитываться при проектировании долгосрочных сооружений на склонах, сложенных дисперсными грунтами. На склонах,

So, phytoindication method gives real, physically explainable sheet erosion velocities. The speed is rather small but it should be considered when designing long-term structures on the slopes composed of dispersive soils. On the slopes composed

сложенных скальными грунтами, скорость плоскостной эрозии так незначительна, что ее можно не учитывать при проектировании. Однако там могут действовать другие геологические процессы, существенно нарушающие устойчивость склонов, связанные с трещинами в массивах горных пород.

Библиографический список

1. Володина Л.А., Чернышев С.Н. Методика определения скорости плоскостного смыва для проектирования сооружений на склонах // Вестник МГСУ. 2014. № 8. С. 54—61.
2. Москва : Геология и город / под ред. В.И. Осипова, О.П. Медведева. М. : Московские учебники и Картолиграфия, 1997. 400 с.
3. Александров Л.П. Прошлое Нескучного сада : Историческая справка. М. : Изд-во М. и С. Сабашниковы, 1923. 58 с.
4. Александров Л.П., Некрасова В.Л. Нескучный сад и его растительность. М. : Изд-во М. и С. Сабашниковы, 1923. 242 с.
5. Экологический атлас Москвы. М. : ГУП НИИПИ Генплана г. Москвы, 2000. 94 с.
6. Dissmeyer G.E., Foster G.R. A guide for predicting sheet and rill erosion on forest land. Tech. Pub. R8-TP 6. Atlanta, GA : U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Region, 1984. 40 p.
7. How Old Is My Tree? Athens-Clarke County Community Forester. Режим доступа: http://www.michigan.gov/documents/dnr/TreeAge_401065_7.pdf. Дата обращения: 07.07.2014.
8. Эрозионные процессы / под ред. Н.И. Маккавеева, Р.С. Чалова. М. : Мысль, 1984. 256 с.
9. Urban Soil Erosion and Sediment Control / Conservation Practices for Protecting and Enhancing Soil and Water Resources in Growing and Changing Communities. 2008. Режим доступа: http://www.conferences.uiuc.edu/ilriver/Documents/Urban_ErosionSediment_Control_2008.pdf. Дата обращения: 07.07.2014.

of rocky soils sheet erosion velocity is so insignificant that it shouldn't be taken into account when designing. However, there may be other geological processes, significantly disturbing the stability of slopes connected with cracks.

References

1. Volodina L.A., Chernyshev S.N. Metodika opredeleniya skorosti ploskostnogo smyva dlya proektirovaniya sooruzheniy na sklonakh [Method of Determining the Speed of Washout for Design of Structures on Slopes]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2014, no. 8, pp. 54—61.
2. Osipov V.I., Medvedev O.P., editors. *Moskva: Geologiya i gorod* [Moscow: Geology and the City]. Moscow, 1997, 400 p.
3. Aleksandrov L.P. *Proshloe Neskuchnogo sada. Istoricheskaya spravka* [The History of Neskuchny Garden. Historical Information.] Moscow, M. i S. Sabashnikovy Publ., 1923, 58 p.
4. Aleksandrov L.P., Nekrasova V.L. *Neskuchnyy sad i ego rastitel'nost'* [Neskuchny Garden and its Vegetation] Moscow, M. i S. Sabashnikovy Publ., 1923, 242 p.
5. *Ekologicheskii atlas Moskvy* [Environmental Atlas of Moscow]. Moscow, GUP NIPI Genplana g. Moskvy Publ., 2000, 94 p.
6. Dissmeyer G.E., Foster G.R. A Guide for Predicting Sheet and Rill Erosion on Forest Land. Tech. Pub., R8-TP 6. Atlanta, GA. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Region, 1984, 40 p.
7. How Old Is My Tree? Athens-Clarke County Community Forester. Available at: http://www.michigan.gov/documents/dnr/TreeAge_401065_7.pdf. Date of Access: 07.07.2014.
8. Makkaveev N.I., Chalov R.S. *Eroзионные процессы* [Erosion Processes]. Moscow, Mysl' Publ., 1984, 256 p.
9. Urban Soil Erosion and Sediment Control. Conservation Practices for Protecting and Enhancing Soil and Water Resources in Growing and Changing Communities. 2008. Available at: http://www.conferences.uiuc.edu/ilriver/Documents/Urban_ErosionSediment_Control_2008.pdf. Date of Access: 07.07.2014.
10. Zemlyanitskiy L.T. Ob erozii pochv v gornykh oblastiakh Yuzhnoy Kirgizii i Uzbekistana [On Soil Erosion in Mountain-

10. *Земляницкий Л.Т.* Об эрозии почв в горных областях Южной Киргизии и Узбекистана // Эрозия почв : сб. М. : АН СССР, 1937. С. 59—67.

11. *Горелов С.К.* Развитие процессов поверхностного смыва и линейной эрозии в Центральном Копетдаге // Известия АН СССР. Серия географическая. 1974. № 4. С. 90—97.

12. *Жаркова Ю.Г., Петров В.Н.* Определение интенсивности смыва по обнаженным частям корней растений // Эрозия почв и русловые процессы. 1974. Вып. 4. С. 58—60.

13. *Переслегина Р.Е.* Исследование плоскостного поверхностного сноса в районе юго-западного побережья озера Иссык-Куль // Геоморфология. 1990. № 3. С. 90—99.

14. *Переслегина Р.Е.* Оценка скорости плоскостного сноса по обнаженным корням растений // Геоморфология. 1982. № 2. С. 79—83.

15. *Рамзаев Ф.С.* Растения как показатели интенсивности эрозии // Ботанический журнал. 1956. Т. 41. № 3. С. 371—379.

Поступила в редакцию в июле 2014 г.

Об авторах: **Чернышев Сергей Николаевич** — доктор геолого-минералогических наук, профессор, профессор кафедры инженерной геологии и геоэкологии, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8 (499) 183-83-47, 9581148@list.ru;

Володина Людмила Александровна — аспирант кафедры проектирования зданий и градостроительства, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8 (499) 183-83-47, volodina.ludmila@mail.ru.

Для цитирования: *Чернышев С.Н., Володина Л.А.* Зависимость скорости плоскостной эрозии от наклона поверхности склона // Вестник МГСУ. 2014. № 8. С. 157—164.

ous Areas of South Kyrgyzstan and Uzbekistan]. *Eroziya pochv: sbornik* [Soil Erosion: Collection of Works]. Moscow, AN SSSR Publ., 1937, pp. 59—67.

11. *Gorelov S.K.* Razvitie protsessov poverkhnostnogo smывa i lineynoy erozii v tsentral'nom Kopetdage [Development of the Processes of Surface Runoff and Linear Erosion in Central Kopet Dag]. *Izvestiya ANSSSR. Seriya geograficheskaya* [Proceedings of the Academy of Sciences of USSR. Geographical Series]. 1974, no. 4, pp. 90—97.

12. *Zharkova Yu.G., Petrov V.N.* Opredelenie intensivnosti smывa po obnazhennym chastyam korney rasteniy [Determination of Washout Intensity According to the Exposed Parts of the Roots of Plants]. *Eroziya pochv i ruslovye protsessy* [Soil Erosion and Channel Processes]. Moscow, 1974, no. 4, pp. 58—60.

13. *Pereslegina R.E.* Issledovanie ploskostnogo poverkhnostnogo snosa v rayone yugo-zapadnogo poberezh'ya ozera Issyk-Kul' [Study of Planar Surface Drift near the Southwestern Shore of Lake Issyk-Kul]. *Geomorfologiya* [Geomorphology]. 1990, no. 3, pp. 90—99.

14. *Pereslegina R.E.* Otsenka skorosti ploskostnogo snosa po obnazhennym kornyam rasteniy [Estimation of the rate of planar drift According to bare roots of plants]. *Geomorfologiya* [Geomorphology]. 1982, no. 2, pp. 79—83.

15. *Ramzaev F.S.* Rasteniya kak pokazateli intensivnosti erozii [Plants as Indicators of Erosion Intensity]. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanical Journal]. Moscow, 1956, vol. 41, no. 3, pp. 371—379.

About the authors: **Chernyshev Sergey Nikolaevich** — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Department of Engineering Geology and Geoecology, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavl'skoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; +7 (499) 183-83-47; 9581148@mail.ru;

Volodina Lyudmila Aleksandrovna — postgraduate student, Department of Building Design and Urban Planning, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavl'skoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; +7 (499) 183-83-47; volodina.ludmila@mail.ru.

For citation: *Chernyshev S.N., Volodina L.A.* Zavisimost' skorosti ploskostnoy erozii ot naklona poverkhnosti sklona [The Dependence of Sheet Erosion Velocity on Slope Angle]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2014, no. 8, pp. 157—164.