

УДК 502/504:631.6

С.А. ВАСИЛЬЕВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ПО ФОРМЕ СКЛОНОВЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ

В статье предлагается, используя гидродинамическую характеристику водного потока, движущегося по подстилающей поверхности, подобрать противоэрозионные мелиоративные мероприятия на склоновых агроландшафтах, учитывая форму склона. Рассматривая морфологическую структуру склонового агроландшафта, выявляют череду фаций с квазипостоянными характеристиками. Горизонтальная связь рассматриваемых фаций предопределяет распределение атмосферных или искусственных осадков на склоне и потенциально влияет на эрозионные процессы подстилающей поверхности. Для построения гидродинамической характеристики водного потока используются данные измерений основных параметров подстилающей поверхности, определяемые с помощью приборного обеспечения, и уравнение движения временного водного потока. Поскольку фактически уклон склона меняется по фациям в зависимости от их удаленности от водораздела, по профилю водосбора, то предлагается функция склона. Графики функций для выпуклого и вогнутого склона в зависимости от его длины получены для условий Канашинского района Чувашской республики по топографическим картам. В результате анализа графических зависимостей функций склонов установлено, что, например, для выпуклого склона величина уклона увеличивается с 0,011 до 0,082 по длине склона – до 1 км с величиной достоверности аппроксимации 0,977 для квадратичной функции. Решение системы уравнений движения временного водного потока и функции склона графоаналитическим способом представлено в виде номограммы для двух типов склонов: вогнутого и выпуклого. По полученным номограммам с учетом критических скоростей водного потока выявлено, что для выпуклого склона необходимость применения противоэрозионных мелиоративных мероприятий возникает по длине водосборной площади, а для вогнутого склона – на начальном участке склона и, как правило, на трансэлювиальных фациях, где скорости водотока начинают превышать допустимые значения 0,15...0,3 м/с для подстилающей поверхности.

Противоэрозионные мелиоративные мероприятия, склоновый агроландшафт, форма склона, гидродинамическая характеристика водного потока, подстилающая поверхность, фация, временный водный поток.

Введение. Склоновый агроландшафт представляет собой природно-территориальный комплекс, расположенный на склоновых землях, естественная растительность которого на подавляющей его части заменена агроценозами. Поскольку он характеризуется экологической неустойчивостью вследствие, в первую очередь, антропогенного и других воздействий, то применяется ряд равновесных противоэрозионных агрономических и мелиоративных мероприятий. Обоснованность применения тех или иных мероприятий выявляется в ходе анализа состояния агроландшафтов с учетом крутизны, длины, формы и экспозиции склонов, размеров контуров, гидрологического режима и целого ряда других необходимых параметров [1–3].

Поэтому предлагается, используя гидро-

динамическую характеристику движения водного потока на склоне [4], выявлять наиболее эффективные по применению противоэрозионные мелиоративные мероприятия на склоновых агроландшафтах с учетом формы склона и размеров мелиорируемых участков.

Материал и методы. Рассматривая морфологическую структуру склонового агроландшафта, можно выявить череду фаций, представляющих собой первичные функциональные элементы ландшафта с квазипостоянными: рельефом и увлажнением, почвенной разностью и растительной ассоциацией [5]. Впрочем, эта однородность фации в заданных границах на агроландшафте, вероятнее всего, будет определяться теми же границами для некоторого агрофона с квазипостоянным значением уклона на территории агроценоза.

Горизонтальная связь рассматриваемых фаций будет предопределять распределение атмосферных или искусственных осадков на склоне и потенциально влиять на эрозионные процессы подстилающей поверхности. Для построения гидродинамической характеристики водного потока, движущегося по подстилающей поверхности склонового агроландшафта, представим уравнение движения временного водного потока [4]:

$$i = \frac{(1+\phi)}{2qg} \lambda_{zn} v^3 + \frac{1}{\psi} v^2 + \frac{v^3}{2\delta^2 qg} + \frac{\gamma}{2qg} v^3 + \frac{j}{g}, \quad (1)$$

где i – уклон склона; ϕ – коэффициент гидравлической шероховатости [6]; λ_{zn} – коэффициент сопротивления гладкой поверхности; v – скорость движения элементарного объема водного потока, м/с; $q = \frac{Q}{B}$ – единичный расход водного потока, м²/с; Q – расход водного потока, м³/с; B – ширина водного потока, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; ψ – потенциал эрозионной стойкости [1, 7], Дж/кг; γ – коэффициент гидродинамического сопротивления волнистости поверхности или дискретного препятствия; j – ускорение водного потока, м/с².

Энергетическое представление процесса движения временного водного потока имеет ряд преимуществ по сравнению с другими моделями, например, вследствие возможности оценки гидродинамических характеристик самой фации процесса взаимодействия подстилающей поверхности с водотоком.

Поскольку фактически уклон склона меняется по фациям в зависимости от их удаленности от водораздела по профилю водосбора, то представим функцию склона в виде

$$i_i = f(l_i), \quad (2)$$

где i_i – фактический уклон на расстоянии l_i ; l_i – i -е расстояние от водораздельной линии посклону.

Графики функций для выпуклого и вогнутого склона в зависимости от его длины изображены соответственно на рисунках 1 и 2 для условий Канашского района Чувашской республики. Данные для построения графика функции склона получены по топографическим картам, имеющим достаточный масштаб.

В результате анализа графических зависимостей функций склонов установлено, что для выпуклого склона величина уклона увеличивается с 0,011 до 0,082 по длине до 1 км с величиной достоверности аппроксимации 0,977 для квадратичной функции. Для выпуклого склона величина уклона

уменьшается по его длине для квадратичной зависимости с 0,009 до 0,084 с величиной достоверности аппроксимации 0,996.

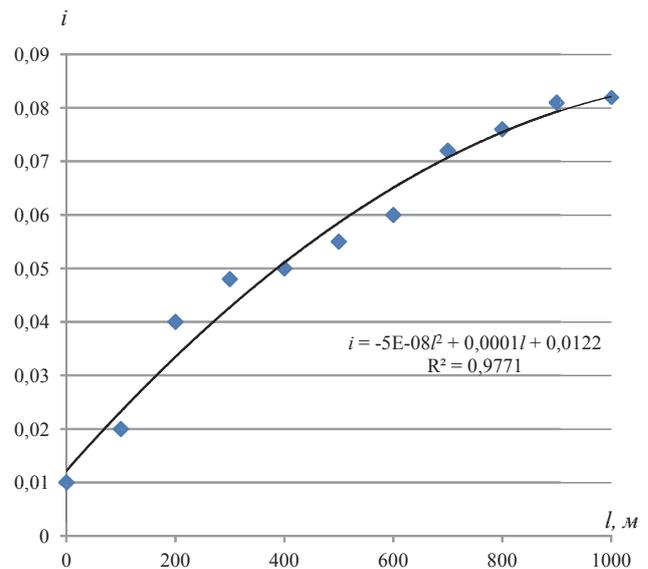


Рис. 1. Графическая зависимость функции склона выпуклого профиля

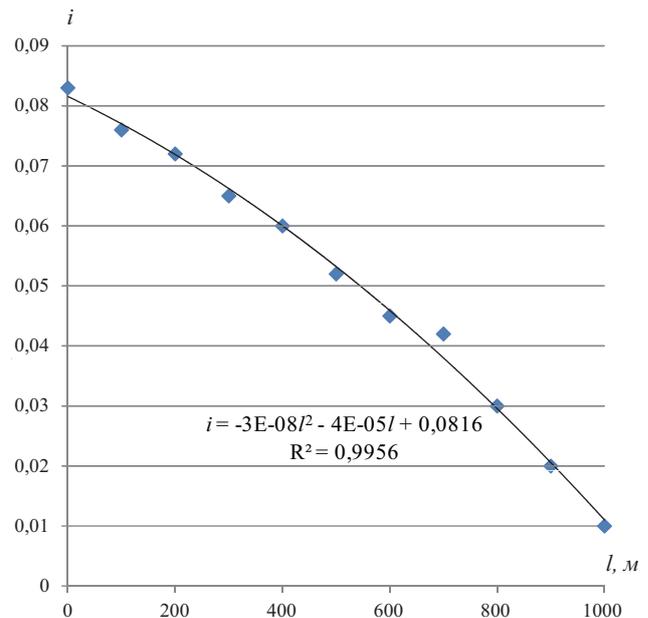


Рис. 2. Графическая зависимость функции склона вогнутого профиля

Далее строится совмещенный график с применением графических зависимостей функции склона и гидродинамической характеристики водного потока, движущегося по этому склону [4] в виде номограммы, для определения эпюры скоростей на исследуемом водосборе.

Номограммы для выпуклого и вогнутого склона водосбора, разбитого на ряд участков, соответственно представлены на рисунках 3, 4.

Вся длина водосбора разбивается на череду фаций согласно классификации и схеме типов их месторасположений [5]:

- элювиальные фации в виде выравненной водораздельной территории со слабым уклоном до 1...2 градусов – для выпуклого склона, участки l_1 и l_2 (рис. 3);

- трансэлювиальные фации в виде верхних, относительно крутых участков, по склону с уклоном не менее 2...3 градусов – для выпуклого склона участки l_4 и l_5 и вогнутого склона участки l_1 и l_2 (см. рисунки 3 и 4);

- трансаккумулятивные фации, в нижних частях склонов с выносом и аккумуляцией наносов – для вогнутого склона участки l_4 и l_5 (рис. 4).

В итоге для рассматриваемых участков склоновых агроландшафтов подобраны фации по типу их местоположения, с учетом

размещения в профиле рельефа, разнообразия экспозиции, крутизны и формы склона.

Проводя исследования склоновых агроландшафтов наземными техническими средствами контроля, получают данные измерений по гидрофизическим параметрам для решения уравнения водного баланса и уравнения движения временного водного потока. Решение уравнения движения временного водного потока возможно графоаналитическим способом в виде гидродинамической характеристики водного потока, движущегося по этому склону. Данную характеристику подставляют в номограмму, таким образом решая систему уравнений (1) и (2). Результатом решения уравнений является эпюра скоростей водного потока по длине водосбора, формируемая в нижнем правом квадранте номограммы с учетом критических скоростей начала размыва почвы.

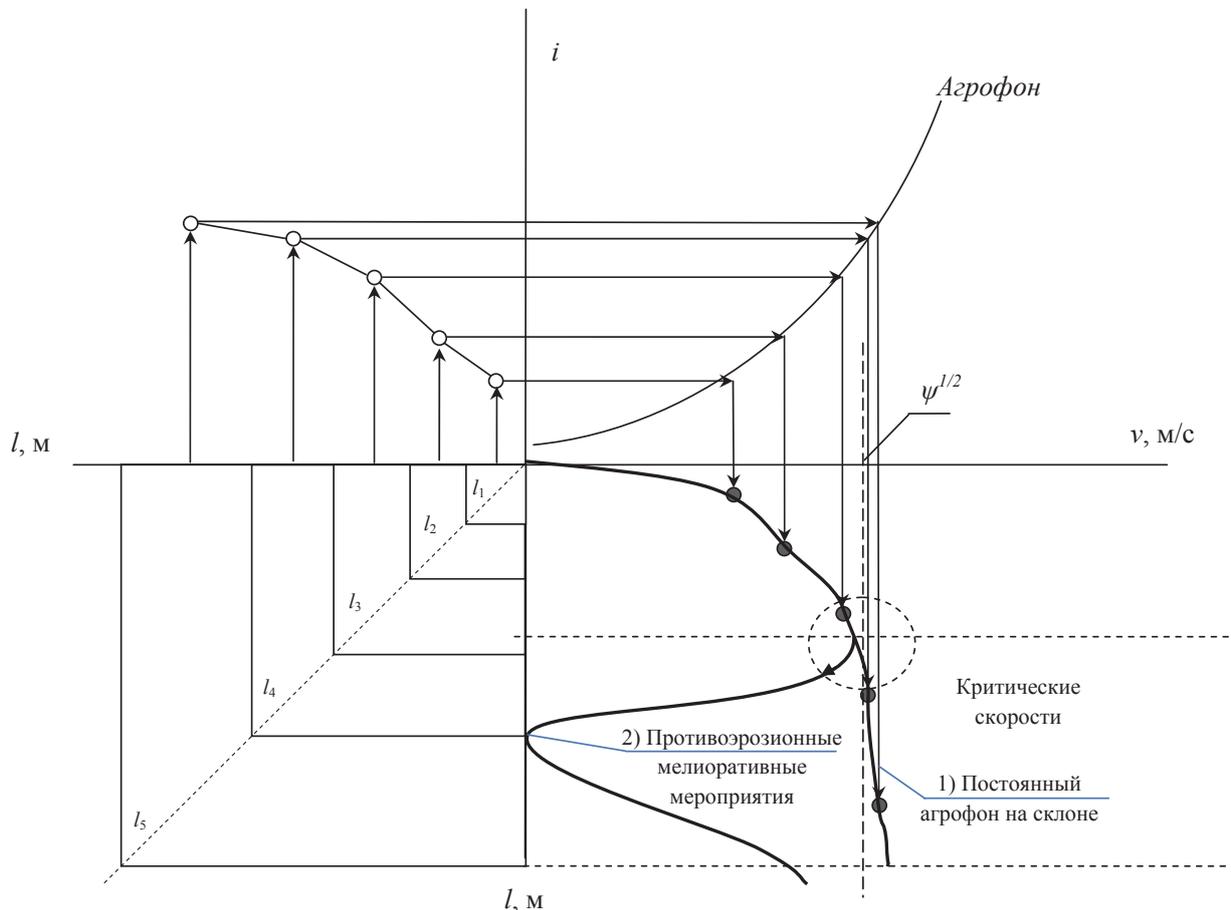


Рис. 3. Номограмма для определения эпюры скоростей на выпуклом склоне водосбора

Для выпуклого или вогнутого по форме водосбора, используя полученные номограммы, можно подобрать при проектировании или оценить во время применения мелиоративные противозерозивные технологии, выполняемые на склоне в зависи-

мости от агрофона и с учетом критических скоростей водотока, движущегося по подстилающей поверхности.

Результаты и обсуждение. Анализ графических зависимостей функций склона позволил установить, что для выпукло-

го склона величина уклона увеличивается с 0,011 до 0,082 по длине склона до 1 км с величиной достоверности аппроксимации 0,977 для квадратичной функции. Для выпуклого склона величина уклона уменьшается по квадратичной зависимости с 0,009 до 0,084 по длине склона до 1 км с величиной достоверности аппроксимации 0,996. Динамичность изменения уклона вдоль склона предопределяет возникновение эрозионного процесса на подстилающей поверхности, наглядно устанавливаемого на эпюре скоростей по водосбору.

В результате анализа полученных номограмм выявлено, что для выпуклого склона необходимость применения противоэрозионных мелиоративных мероприятий

возникает по длине водосборной площади, а для вогнутого склона – на начальном участке склонового агроландшафта. Среди предлагаемых мелиоративных мероприятий по предотвращению эрозии почвы можно применять на склоновом агроландшафте [2, 3]:

- агротехнические мероприятия – глубокая вспашка для накопления влаги, безотвальная обработка почв, бороздование, регулирование поверхностного стока с учетом микрорельефа (обваловывание, щелевание) и др;

- гидротехнические – террасирование склонов, создание специальных технических устройств по отводу водных потоков (лотки, канавы, земляные запруды) и др.

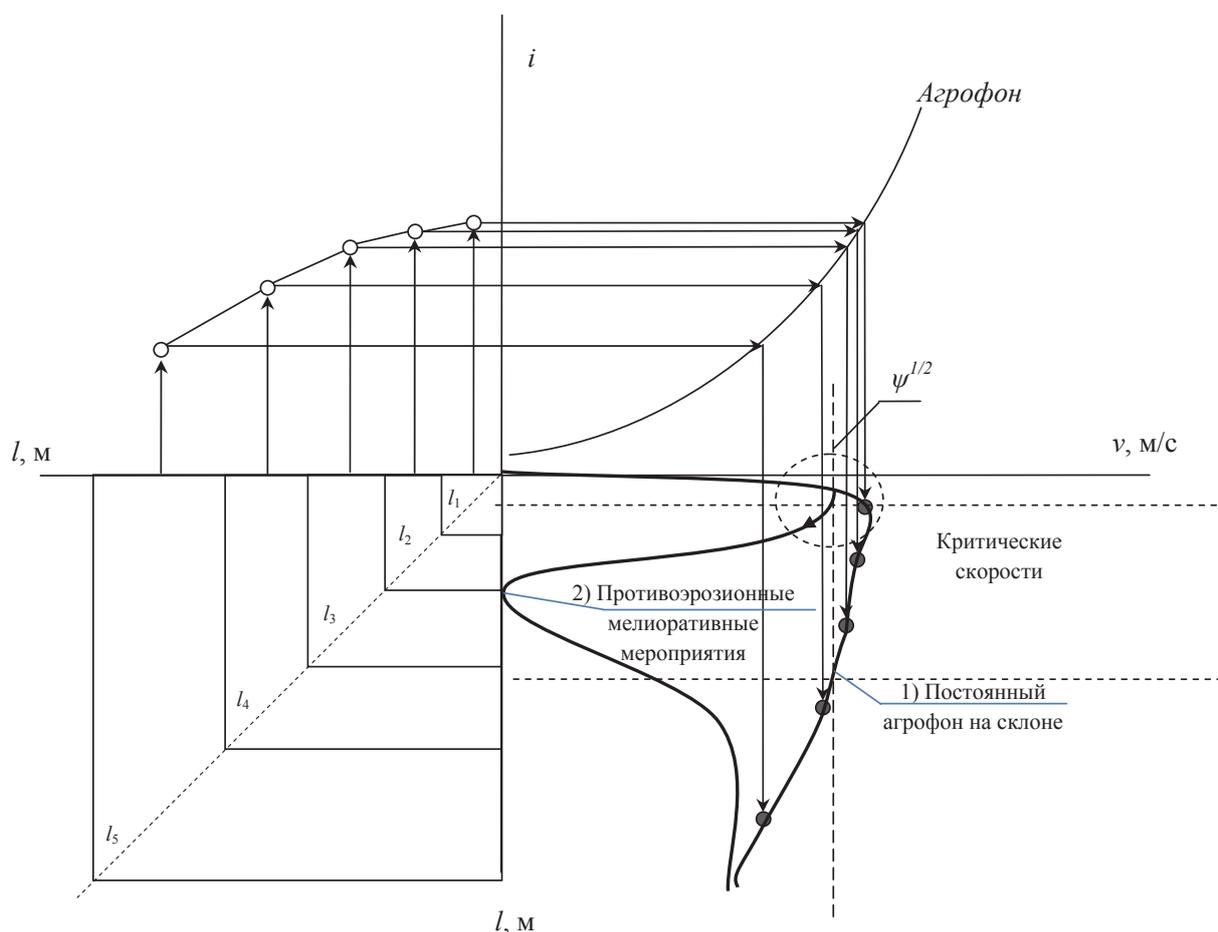


Рис. 4. Номограмма для определения эпюры скоростей на вогнутом склоне водосбора

Место проведения противоэрозионных мелиоративных мероприятий определяется по эпюре скоростей формируемой в нижнем правом квадранте номограммы с учетом критических скоростей водного потока [7] (рис. 3, 4). И, как правило, эрозия почвы возникает на трансэлювиаль-

ных фациях, где скорости водотока начинают превышать допустимые значения для подстилающих поверхностей: 0,15...0,3 м/с в зависимости от типа почвы и агрофона. Размывающую скорость и основные параметры подстилающей поверхности агрофона на конкретном водосборе определяют

с помощью приборного обеспечения, разработанного в лаборатории «Гидрофизики и эрозии почв» при ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА [6, 8, 9].

С помощью гидродинамической характеристики водного потока также можно решать другие принципиальные задачи: анализ возможности движения водного потока на тех или иных подстилающих поверхностях склоновых мелиорируемых земель, определение и анализ параметров потока при ускорении, торможении или при равномерном его движении и другие. Этот круг задач можно выполнить, если известны зависимости составляющих баланса уклонов с параметрами потока и подстилающей поверхностью склоновых мелиорируемых земель [4].

Выводы

Используя гидродинамическую характеристику водного потока, движущегося по подстилающей поверхности, можно подобрать противоэрозионные мелиоративные мероприятия на склоновых агроландшафтах, учитывая форму склона. В результате анализа полученных номограмм с учетом критических скоростей водного потока выявлено, что для выпуклого склона необходимость применения противоэрозионных мелиоративных мероприятий возникает по длине водосборной площади, а для вогнутого склона – на начальном участке склонового агроландшафта и, как правило, на трансэлювиальных фациях, где скорости водотока начинают превышать допустимые значения для подстилающей поверхности: 0,15...0,3 м/с в зависимости от типа почвы и агрофона. По номограмме для определения эпюры скоростей на конкретном склоне водосбора подобраны противоэрозионные мелиоративные мероприятия с целью снижения скоростного режима движения водного потока на проблемных участках, а следовательно, обоснована возможность предупредить эрозионные процессы и сохранить плодородие почвы на склоновых мелиорируемых землях.

Библиографический список

1. Васильев С.А., Максимов И.И., Максимов В.И. Гидравлическая шероховатость склоновых агроландшафтов. – Чебоксары: «Новое Время», 2014. – 210 с.

2. Заславский М.Н. Эрозиоведение. Основы противоэрозионного земледелия: – учеб. для геогр. и почв. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1987. – 376 с., ил.

3. Швец Г.И. Теоретические основы эрозиоведения. – Киев; Одесса: Вища школа, 1981. – 219 с.

4. Васильев С.А. Энергетический подход для построения гидродинамической характеристики водного потока на склоновом агроландшафте / С.А. Васильев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 4 – С. 194–200.

5. Голованов А.И. Ландшафтоведение / А.И. Голованов, Е.С. Кожанов, Ю.И. Сухарев. – М.: КолосС, 2005. – 216 с., ил.

6. Васильев С.А. Безразмерный показатель для оценки гидравлических потерь на трение в руслах разной шероховатости / С.А. Васильев, И.И. Максимов, В.И. Максимов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 5. – С. 40–42.

7. Мирцхулава Ц.Е. Основы физики и механики эрозии русел. – Л.: Гидрометеодиздат, 1988. – 303 с.

8. Васильев С.А. Определение эквивалентной шероховатости стокоформирующей поверхности для оценки противоэрозионных мероприятий на склоновых землях / С.А. Васильев, И.И. Максимов, В.В. Алексеев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 4. – С. 32–34.

9. Васильев С.А. Результаты экспериментальных исследований гидрофизических и эрозионных свойств почв на территории СХПК «Труд» Батыревского района Чувашской республики / С.А. Васильев, И.И. Максимов, Е.П. Алексеев [и др.] // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И.Я. Яковлева. – 2013. – Вып. 4 (80). Ч. 2. – С. 39–45.

Материал поступил в редакцию 30.05.2016.

Сведения об авторе

Васильев Сергей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортно-технологических машин и комплексов», ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия»; 428003 г. Чебоксары, ул. К. Маркса, д. 29; e-mail: vsa_21@mail.ru; тел.: 89278432290

S.A. VASILJEV

Federal state budget educational institution of higher education «Chuvash state agricultural academy», Cheboksary

PECULIARITIES OF USAGE OF ANTI-EROSION RECLAMATION MEASURES ON SLOPING AGRICULTURAL LANDSCAPES DIFFERENT IN FORM

The article proposes using a hydrodynamic characteristic of the water flow moving on the underlying surface to choose anti-erosion reclamation measures on sloping cultivated lands taking into consideration a form of the slope. Considering the morphological structure of the sloping agricultural landscape there is found a series of facies with quasi-permanent characteristics. The horizontal link of the considered facies predetermines distribution of atmospheric or artificial precipitation on the slope and potentially affects erosion processes of the underlying surface. To build a hydrodynamic characteristic of the water flow there is used the data of measurements of basic parameters of the underlying surface defined by the instrumentation as well as the equation of motion for the temporary water flow. Since the actual slope inclination varies according to the facies depending on their remoteness from the watershed, profile of the watershed, there is proposed a function of the slope. Graphs of functions for a convex and concave slope depending on its length were obtained for the conditions of the Kanashsky region of the Chuvash Republic according to the topographic maps. As a result of the analysis of the functions graphic dependences of the slopes it is established that, for example, for the convex slope the value of the slope increases from 0.011... to 0.082 along the length of the slope up to 1 km with a value of reliability of approximation 0.977 for the quadratic function. The solution of the system of equations of motion for a temporary water flow and function of the slope of the graphic-analytical way is presented in the form of nomograms for two types of slopes: concave and convex. According to the obtained nomograms taking into account critical velocities of the water flow it is found that for the convex slope the necessity of application of anti-erosion ameliorative actions arises along the length of the catchment area, and for the concave slope – at the initial part of the slope and as a rule, on trace alluvial facies, where velocities of the water flow start to exceed the permissible values of 0.15 ... 0.3 m / s for the underlying surface.

Erosion control, land reclamation activities, slope agricultural landscape, shape of slope, hydrodynamic characteristic of water flow, underlying surface, facies, temporary water flow.

Reference

- Vasiljev S.A., Maximov I.I., Maximov V.I.** Gydravlicheskaya sherohovatostj sklonovyh agrolandshaftov. – Cheboksary: «Novoye Vremya», 2014. – 210 s.
- Zaskavsky M.N.** Eroziovedenie. Osnovy protivoroziionnogo zemledeliya: – ucheb. Dlya geogr. O pochv spets. vuzov. – M.: Vyssh. Shk., 1987. – 376 s., il.
- Shvebs G.I.** Teoreticheskie osnovy eroziovedeniya. – Kiev; Odessa: Vissh. shkola, 1981. – 219 s.
- Vasiljev S.A.** Energetichesky podhod dlya postroeniya gydrodinamicheskoy charakteristiki vodnogo potoka na sklonovom agrolandshafte / S.A. Vasiljev // Izvestiya Nizhnevolskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka I vysshee professionalnoye obrazovanie. – 2015. – № 4 – S. 194–200.
- Golovanov A.I.** Landshaftovedenie / A.I. Golovanov, E.S. Kozhanov, Yu.I. Sukharev. – M.: KolosS, 2005. – 216 s., il.
- Vasiljev S.A.** Bezrazmerny pokazatelj dlya otsenki gydravlicheskih poterj na trenie v ruslah raznoj sherohovatosti / S.A. Vasiljev, I.I. Maximov, V.I. Maximov // Melioratsiya I vodnoye hozyajstvo. – 2011. – № 5. – S. 40–42.
- Mirtshulava Ts.E.** Osnovy fiziki i mehaniki erozii rusel. – L.: Gydrometeoizdat, 1988. – 303 s.
- Vasiljev S.A.** Opredelenie equivalentnoj sherohovatosti stokformiruyushchej poverhnosti dlya otsenki protivoroziionnyh meropriyatij na sklonovyh zemlyah / S.A. Vasiljev, I.I. Maximov, V.V. Alexeev // Melioratsiya I vodnoye hozyajstvo. – 2014. – № 4. – S. 32–34.
- Vasiljev S.A.** Rezuljtaty eksperimentalnyh issledovaniy gydrofizicheskikh i eroziionnyh svoistv na territorii SHPK «Trud» Batyrevskogo rajona Chuvashskoj respubliki / S.A. Vasiljev, I.I. Maximov, V.V. Alexeev [I dr.] // Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta imeni I. Ya. Yakovleva. – 2013. – Vyp. 4 (80). Ch. 2. – S. 39–45.

The material was received at the editorial office
30.05.2016.