

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНТРОЛЯ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ**Васильев С.А., Максимов И.И., Петров А.А., Мишин П.В.**

Реферат. В работе обоснованы основные параметры контроля подстилающей поверхности, значительно влияющие на эрозионные процессы, для оценки противоэрозионных технологий и средств механизации, применяемых на склоновых агроландшафтах. При механической обработке почвы на дневной поверхности остаются микронеровности, образующиеся в результате воздействия рабочих органов противоэрозионной машины на обрабатываемый пласт. Микронеровности почвы оказывают большое влияние на гидродинамические свойства водного потока: скорость, режим движения, эрозионные, фильтрационные и другие процессы. Известные параметры оценки шероховатых и волнистости поверхностей в должной мере не позволяют охарактеризовать подстилающую поверхность. Поэтому необходимо подобрать приемлемые методы оценки и способы их определения. Подходы для решения данного вопроса должны учитывать следующие требования и особенности подстилающей поверхности: естественное изменение неровностей под действием влажности, почвообразовательных процессов, выпадении атмосферных осадков, эрозионных процессов и т. д., изменение неровностей после механической обработки почвы и других воздействий. Для оценки требуется подобрать параметр, который возможно определить оперативно, с минимальным временем на обработку информации, значения величины объективно оценивали бы неровности поверхности и были информативны, а также соответствовали требованиям технологичности для определения других параметров и показателей объекта исследования. Установлено, что для подстилающей поверхности исследуемого участка СХПК «Труд» Батыревского района Чувашской Республики величина коэффициента гидравлической шероховатости меняется от 0,14 до 0,23, потенциал эрозионной стойкости – от 0,6 до 2,5 Дж/кг, а величина смыва почвы изменяется от 0 до 0,006 кг/с для 11% площади исследуемого участка. На основании полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований по определению основных параметров подстилающей поверхности с учетом изменения этих параметров в плане составлены карты изолиний для проектирования и оценки противоэрозионных технологий.

Ключевые слова: гидродинамическая характеристика, водный поток, склоновые агроландшафты, уклоны гидравлических потерь, микрорусло, склоновая эрозия.

Введение. Под воздействием водной эрозии находится более 45% пахотных земель Российской Федерации, а в Чувашской Республике – 83,6% земель.

Эрозия вызывает сокращение приемлемых для сельскохозяйственного производства площадей, потерю плодородия почвы, создание негативной экологической ситуации и нарушение структурности почвы, что, в общем, снижает урожайность сельскохозяйственных культур. Ежегодно действие эрозионных процессов на территории России приводит к увеличению на 400...500 тыс. га эродированных земель, а также разрушению оврагами более 10 тыс. га пашни [1].

В настоящее время эффективность почвозащитных технологий оценивается по различным параметрам, характеризующим свойства почвы и растительных элементов, параметры склонов и другие особенности [2]. При прогнозировании эрозионных процессов проводится сравнение величины смыва почвы для изучаемого агрофона со смывом для яблевой вспашки или пара.

Условия, материалы и методы исследований. При механической обработке почвы на дневной поверхности остаются микронеровности, образующиеся в результате воздействия

рабочих органов противоэрозионной машины на обрабатываемый пласт. Микронеровности почвы оказывают большое влияние на гидродинамические свойства водного потока: скорость, режим движения, эрозионные, фильтрационные и другие процессы. Следовательно, основной проблемой является количественная оценка микронеровностей почвы.

В настоящее время для оценки шероховатости поверхности в машиностроении используют следующий стандарт: ГОСТ 2789 «Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики» [3]. Согласно ГОСТ 2789-73, шероховатостью поверхности называется совокупность неровностей с относительно малыми шагами на базовой длине. Базовая длина – это длина участка поверхности, выбранного для оценки шероховатости.

При определении шероховатости поверхности отсчет ведется от единопринятой базы, являющейся средней линией профиля сечения. Средняя линия представляет собой базовую линию, имеющую форму номинального профиля и делящую действительный профиль так, чтобы в пределах базовой длины среднее квадратичное отклонение профиля от этой линии было минимальным. Допускается приближенное определение положения средней

линии – площади по обе стороны от линии должны быть равны.

Количественно шероховатость поверхности оценивают по следующим параметрам [3]:

1. Отклонение среднее арифметическое определяется в пределах базовой длины по абсолютным значениям отклонения с использованием формулы [3]:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \quad (1)$$

где y_i - отклонение профиля; n - количество принятых точек по профилю на базовой длине.

2. Высота неровности профиля по 10 точкам – сумма среднеарифметических абсолютных отклонений 5 наибольших выступов $H_{i \max}$ и глубин 5 наибольших впадин $H_{i \min}$ в пределах базовой длины от средней линии m определяется по выражению [3]:

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 H_{i \max} + \sum_{i=1}^5 H_{i \min} \right). \quad (2)$$

На практике удобнее пользоваться следующей формулой:

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 h_{i \max} + \sum_{i=1}^5 h_{i \min} \right), \quad (3)$$

где $h_{i \max}$ – расстояние от высших точек 5 наибольших выступов до линии, параллельной средней линии и не пересекающей профиль; $h_{i \min}$ – расстояние от низших точек 5 наибольших впадин до этой линии [3].

3. Наибольшая величина профиля R_{\max} – расстояние, определяемое линиями выступов и впадин по профилю в гранцах базовой длины [3].

4. Средний шаг S_m неровностей определяется в границах базовой длины по формуле [3]:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi}, \quad (4)$$

где S_{mi} – шаг неровностей – длина отрезка средней линии, ограниченного точками пересечения этой линии одноименных сторон соседних поверхностей [3].

5. Средний шаг неровностей по вершинам в границах базовой длины рассчитывается по формуле [3]:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i, \quad (5)$$

где S_{mi} – шаг местных выступов профиля.

6. Относительная опорная длина определяется по отношению опорной длины к базовой и рассчитывается по формуле [3]:

$$t_p = \frac{\eta p}{l} 100 \%, \quad (6)$$

где p - уровень сечения профиля, расстояние между линией выступов и линией, пересекающей профиль, эквидистантно линии выступов, выбирается в процентах от R_{\max} . Опорная длина равна сумме длин отрезков, условно выделяемых на определенном уровне в почве.

Волнистость подстилающей поверхности представляет собой совокупность периодически повторяющихся неровностей, расположенных на расстоянии, превышающем базовую длину профиля. Волнистость определяет среднее положение между шероховатостью и отклонением формы подстилающей поверхности. Имеются рекомендации ISO, согласно которым предусмотрено два параметра [3]: S_w – шаг волнистости поверхности, W_z – высота волнистости поверхности (рисунок 1).

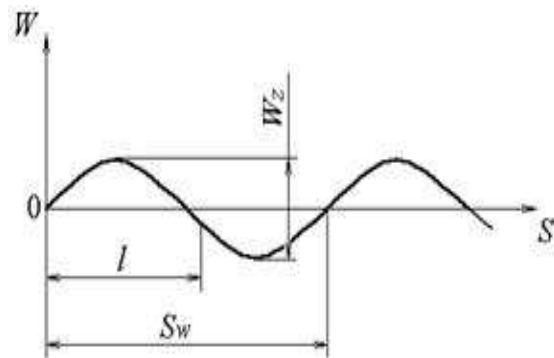


Рисунок 1 – Схема волнистости поверхности

Для оценки шероховатости поверхности условно принимается некоторое отношение шага неровности к высоте неровности: когда это отношение менее 40 рассматривают шероховатость поверхности, от 40 до 1000 – волнистость поверхности и более 1000 – отклонение формы поверхности.

Известные параметры оценки шероховатых и волнистости поверхностей в должной мере не позволяют охарактеризовать подстилающую поверхность. Поэтому необходимо подобрать приемлемые методы оценки и способы их определения. Подходы для решения данного вопроса должны учитывать следующие требования и особенности подстилающей поверхности: естественное изменение неровностей под действием влажности, почвообразовательных процессов, выпадении атмосферных осадков, эрозионных процессов и т. д., изменение неровностей после механической обработки почвы и других воздействий. Изменение параметров подстилающей поверхности происходит относительно быстро, часто, и величина неровностей изменяется существен-

но, особенно при применении противоэрозионных технологий. Поэтому для оценки требуется подобрать параметр, который возможно определить оперативно, с минимальным временем на обработку информации, значения величины объективно оценивали бы неровности поверхности и были информативны, а также соответствовали требованиям технологичности для определения других параметров и показателей объекта исследования.

Анализ и обсуждение результатов исследования.

Для сравнения водных потоков, движущихся по разным подстилающим поверхностям склона и выявления резервов энергии водного потока, которые могут, например, ускорить поток или размывать микроусло, уравнение мощностного баланса водного потока приведем к безразмерной форме разделив все его составляющие на произведение веса рассматриваемого объема и скорости потока:

$$i = i_{\varphi} + i_{\psi} + i_{\delta} + i_{\gamma} + i_j + i_s = i_c + i_{\psi} + i_j + i_s = \sum i_{\lambda}^i, \quad (7)$$

где i – уклон подстилающей поверхности; i_{φ} – уклон гидравлических потерь на трение; i_{ψ} – уклон гидравлических потерь на размыв подстилающей поверхности склона; i_{δ} – уклон гидравлических потерь на преодоление растительных элементов; i_{γ} – уклон гидравлических потерь на преодоление волнистости поверхности; i_j – уклон гидравлических потерь на преодоление инерции потока; i_s – уклон гидравлических потерь на взвешивание твердых частиц; i_c – уклон гидравлических потерь на преодоление стокоформирующей поверхности; $\sum i_{\lambda}^i$ – сумма уклонов гидравлических потерь при движении водного потока по подстилающей поверхности.

Раскрывая составляющие уравнения (7), получим следующее выражение при условии $i_s=0$:

$$i = \frac{(1+\varphi)}{2qg} \lambda_{gl} v^3 + \frac{1}{\psi} v^2 + \frac{v^3}{2\delta^2 qg} + \frac{\gamma}{2qg} v^3 + \frac{j}{g}, \quad (8)$$

где φ – коэффициент гидравлической шероховатости; λ_{gl} – коэффициент сопротивления гладкой поверхности; v – скорость движения элементарного объема водного потока, м/с; $q = Q/B$ – единичный расход водного потока, м²/с; Q – расход водного потока, м³/с; B – элементарная ширина водотока, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; ψ – потенциал эрозионной стойкости почвы, Дж/кг; δ – комплексная гидродинамическая характеристика растительного слоя; Γ – коэффициент гидродинамического сопротивления волнистости поверхность или дискретного препятствия; j – ускорение водного потока, м/с².

Выражения (7) и (8) показывают баланс действительного уклона и суммы уклонов гидравлических потерь при движении водного

потока по стокоформирующей поверхности.

Таким образом, на основе энергетического подхода получено уравнение движения (7), гидродинамическая характеристика водного потока и установлены основные составляющие сопротивления водному потоку, создающие следующие гидравлические потери: на преодоление шероховатости, волнистости дневной поверхности почвы и растительных элементов на ней, а также необходимо учитывать гидравлические потери на взвешивание твердых частиц и на размыв подстилающей поверхности склона. Воздействуя установленными факторами сопротивления на водный поток, можно управлять стоком атмосферных осадков на подстилающей поверхности склонового агроландшафта. Также выявлены при анализе уравнений движения водного потока (8) основные параметры контроля подстилающей поверхности: коэффициенты гидравлической шероховатости и гидродинамического сопротивления волнистости дневной поверхности почвы, потенциал эрозионной стойкости почвы, комплексная гидродинамическая характеристика растительного слоя, и временного водного потока: интенсивность стока или расход, существенно влияющие на процесс взаимодействия водного потока с подстилающей поверхностью.

Экспериментальные исследования по определению гидрофизических и эрозионных характеристик почвы: потенциала эрозионной стойкости, коэффициента гидравлической шероховатости, пористости и коэффициента фильтрации в полевых условиях проводились на территории площадью более 400 га с разными агрофонами в СХПК «Труд» Батыревского района Чувашской Республики при поддержке РФФИ по проекту 13-05-97048-р_поволжье_a. Схема расположения экспериментальных точек на поле с посевами озимой культуры приведена на рисунке 2. С помощью программы «Google Планета Земля» на схеме отражен исследуемый участок 40х40 м с координатами его месторасположения.

Карты изолиний параметров контроля и величины смыва почвы, полученного по математической модели (8) для исследуемого участка, представлены на рисунке 2. Установлено, что для исследуемой подстилающей поверхности величина смыва почвы изменяется от 0 до 0,006 кг/с для 11 % площади.

Статистическая обработка данных измерений по экспериментальным исследованиям показала, что величина ПЭС и коэффициент гидравлической шероховатости характеризуются пространственной изменчивостью для подстилающей поверхности в пределах однородного участка.

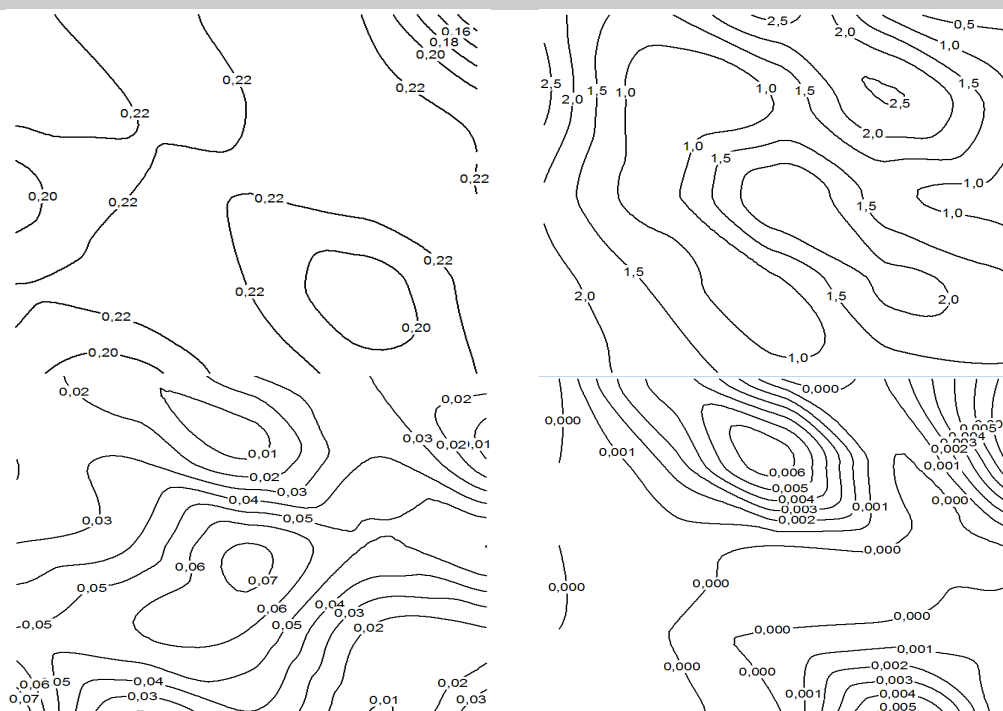


Рисунок 2 – Карты изолиний параметров контроля и величины смыва почвы для исследуемого участка: а – коэффициент гидравлической шероховатости; б – потенциал эрозионной стойкости, Дж/кг; в – уклон подстилающей поверхности; г – смыв почвы, кг/с.

Выводы. Обоснованы основные параметры контроля подстилающей поверхности, значительно влияющие на эрозионные процессы, для оценки противоэрозионных технологий и средств механизации, применяемых на склоновых агроландшафтах. Установлено, что для подстилающей поверхности исследуемого участка СХПК «Труд» Батыревского района Чувашской Республики величина коэффициента гидравлической шероховатости меняется

от 0,14 до 0,23, потенциал эрозионной стойкости – от 0,6 до 2,5 Дж/кг, а величина смыва почвы изменяется от 0 до 0,006 кг/с для 11% площади исследуемого участка. На основании полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований по определению основных параметров подстилающей поверхности с учетом изменения этих параметров в плане составлены карты изолиний для проектирования и оценки противоэрозионных технологий.

Литература

1. Кузнецов, М. С., Физические основы эрозии почв / М. С. Кузнецов, Г. П. Глазунов, Е. Ф. Зорина. – М.: Изд-во МГУ. – 1992. – 95 с.
2. ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. – М.: Стандартинформ, 2005. – 12 с.
3. Балакай, Н. И. Критерии оценки и состояния противоэрозионных мероприятий на различных типах агроландшафтов / Н. И. Балакай // Научный журнал КубГАУ. – 2010. – № 64(10). – С. 1–13.
4. Васильев, С. А. Гидравлическая шероховатость склоновых агроландшафтов / С. А. Васильев, И. И. Максимов, В. И. Максимов. – Чебоксары: «Новое Время», 2014. – 210 с. – ISBN 978-5-4246-0257-3.
5. Васильев, С. А. Математическая модель для прогноза эрозионных процессов на склоновых агроландшафтах / С. А. Васильев // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 9. – С.96–100.
6. 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.
7. Дмитриев, А. Н. Результаты почвенно-мелиоративных исследований при реконструкции межхозяйственной оросительной системы «Дружба» Чувашской Республики / А. Н. Дмитриев, С. А. Васильев, В. В. Алексеев, И. И. Максимов // Теоретический и научно-практический журнал «Мелиорация и водное хозяйство». – 2016. – № 2. – С. 17–21.
8. Максимов, И. И. Моделирование развития русла в подстилающей поверхности склоновых агроландшафтов / И. И. Максимов, В. И. Максимов, С. А. Васильев, В. В. Алексеев // Почвоведение. – 2016. – № 4. – С. 514–519.
9. Васильев, С. А. Методика и устройство для профилирования поверхности почвы и определения направления стока атмосферных осадков в полевых условиях / С. А. Васильев, И. И. Максимов, В. В. Алексеев // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – № 3. – С. 22–26.
10. Алексеев, Е. П. Повышение качества подпочвенного разбросного посева / Е. П. Алексеев, С. А. Васильев, В. И. Максимов // Теоретический и научно-практический журнал «Механизация и электрификация сельского хозяйства». – 2011. – №12. – С. 8–9.
11. Васильев, С. А. Теоретические предпосылки аналитического определения смоченного периметра стокоформирующей поверхности / С. А. Васильев, А. Ю. Пагунов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. Серия «Естественные и технические науки». – 2012. – № 4. – С. 47–50.
12. Васильев, С. А. Определение эквивалентной шероховатости стокоформирующей поверхности для оценки противоэрозионных мероприятий на склоновых землях / С. А. Васильев, И. И. Максимов, В. В. Алексеев // Теоретический и научно-практический журнал «Мелиорация и водное хозяйство». – 2014. – №4. – С. 32–34.

Сведения об авторах:

Васильев Сергей Анатольевич – доктор технических наук, доцент, e-mail: vsa_21@mail.ru
 Максимов Иван Иванович – доктор технических наук, профессор, e-mail: maksimov48@inbox.ru
 Петров Александр Алексеевич – старший преподаватель, e-mail: sanekjan@mail.ru
 Мишин Петр Владимирович – доктор технических наук, профессор,
 ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары, Россия.

SUBSTANTIATION OF CONTROL PARAMETERS OF THE SUBSTRATE SURFACE OF AGROLANDSCAPE OF SLOPE LANDS

Vasilev S.A., Maksimov I.I., Petrov A.A., Mishin P.V.

Abstract. The paper substantiates the main control parameters of the underlying surface, which significantly affect the erosion processes, for the evaluation of anti-erosion technologies and mechanization tools, used on slope agrolandscapes. When the soil is treated mechanically on the surface, microroughness remains, formed as a result of the action of the operating parts of the anti-erosion machine on the treated layer. Microroughness of the soil has a great influence on the hydrodynamic properties of the water flow: speed, motion, erosion, filtration and other processes. The known parameters for estimating rough and undulating surfaces do not allow us to properly characterize the underlying surface. Therefore, it is necessary to select acceptable methods of assessment and how to determine them. Approaches for solving this issue should take into account the following requirements and features of the underlying surface: natural changes in the unevenness caused by moisture, soil formation processes, precipitation of precipitation, erosion processes, etc., changes in unevenness after mechanical tillage and other influences. For evaluation, it is required to choose a parameter, that can be determined operatively, with minimal time for processing information, the values of quantity would objectively assess the surface irregularities and be informative, and also meet the requirements of manufacturability for determining other parameters and parameters of the study object. It has been established that for the underlying surface of the research area of agricultural consumer cooperatives “Trud” of Batyrevo district of the Chuvash Republic the value of the coefficient of hydraulic roughness varies from 0.14 to 0.23, the potential for erosion resistance varies from 0.6 to 2.5 J/kg, varies from 0 to 0.006 kg/s for 11% of the area under study. Based on the results of theoretical and experimental studies to determine the main parameters of the underlying surface, taking into account the changes in these parameters, maps of contours for the design and evaluation of erosion technologies have been compiled in the plan.

Key words: hydrodynamic characteristic, water flow, sloping agrolandscapes, slopes of hydraulic losses, micro rock, slope erosion.

References

1. Kuznetsov M.S. *Fizicheskie osnovy erozii pochv*. [Physical basis of soil erosion]. / M. S. Kuznetsov, G. P. Glazunov, E. F. Zorina. – M.: Izd-vo MGU. – 1992. – P. 95.
2. *GOST 2789-73 Sherokhovatost poverkhnosti. Parametry i kharakteristiki*. (State standard 2789-73 Surface roughness. Parameters and characteristics). – M.: Standartinform, 2005. – P. 12.
3. Balakay N. I. Criteria for assessing and the state of anti-erosion measures on various types of agrolandscapes. [Kriterii otsenki i sostoyaniya protiverozionnykh meropriyatiy na razlichnykh tipakh agrolandshaftov]. / N.I. Balakay // *Nauchnyy zhurnal KubSAU. - Scientific journal of KubSAU*. – 2010. – № 64(10). – P. 1–13.
4. Vasilev S. A. *Gidravlicheskaya sherokhovatost sklonovykh agrolandshaftov*. [Hydraulic roughness of slope agrolandscapes]. / S.A. Vasilev, I.I. Maksimov, V.I. Maksimov // *Cheboksary: “Novoye Vremya”*, 2014. –P. 210. – ISBN 978-5-4246-0257-3.
5. Vasilev S. A. Mathematical model for prediction of erosion processes on slope agrolandscapes. [Matematicheskaya model dlya prognoza erozionnykh protsessov na sklonovykh agrolandshaftakh]. / S.A. Vasilev // *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. – The herald of Orenburg State University*. – 2015. – №9. – P. 96–100.
6. Vasilev S.A. The energy approach for constructing the hydrodynamic characteristics of the water flow on the slope agrolandscape. [Energeticheskiy podkhod dlya postroyeniya gidrodinamicheskoy kharakteristiki vodnogo potoka na sklonovom agrolandshafte]. / S.A. Vasilev // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie. - Izvestiya of Lower Volga Agrouniversity complex: science and higher vocational education*. – 2015. – № 4 – P. 194–200.
7. Dmitriev A. N. Results of soil-meliorative studies in the reconstruction of the inter-farm irrigation system “Druzhba” of Chuvash Republic. [Rezultaty pochvenno-meliorativnykh issledovaniy pri rekonstruktsii mezkhkhozaystvennoy orositelnoy sistemy “Druzhba” Chuvashskoy Respubliki]. / A. N. Dmitriev, S. A. Vasilev, V. V. Alekseev, I. I. Maksimov // *Teoreticheskiy i nauchno-prakticheskiy zhurnal “Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo”*. – *Theoretical-scientific and practical journal “Melioration and water economy”*. – 2016.– № 2. – P. 17–21.
8. Maksimov I. I. Modeling the development of the channel in the underlying surface of slope agrolandscapes. [Modelirovaniye razvitiya rusla v podstilayuschey poverkhnosti sklonovykh agrolandshaftov]. / I.I. Maksimov, V.I. Maksimov, S.A. Vasilev, V.V. Alekseev // *Pochvovedenie. – Soil science*. – 2016. – № 4. – P. 514–519.
9. Vasilev S. A. Technique and device for profiling the soil surface and determining the direction of flow of atmospheric precipitation in the field conditions. [Metodika i ustroystvo dlya profilirovaniya poverkhnosti pochvy i opredeleniya napravleniya stoka atmosferynykh osadkov v polevykh usloviyakh]. / S.A. Vasilev, I. I. Maksimov, V. V. Alekseev // *Vestnik APK Stavropolya. – The Herald of Agroindustrial complex of Stavropol*. – 2015. – № 3. – P. 22–26.
10. Alekseev E.P. Improvement of the quality of subsoil scattered sowing. [Povyshenie kachestva podpochvennogo razbrosnogo poseva]. / E.P. Alekseev, S.A. Vasilev, V. I. Maksimov // *Teoreticheskiy i nauchno-prakticheskiy zhurnal “Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva”*. – *Theoretical-scientific and practical journal “Mechanization and electrification of agriculture”*. – 2011. – №12. – P. 8–9.
11. Vasilev S. A. Theoretical prerequisites for the analytical determination of the wetted perimeter of flow-forming surface. [Teoreticheskie predposylki analiticheskogo opredeleniya smochennogo perimetra stokoformiruyuschey poverkhnosti]. / S. A. Vasil'yev, A. YU. Pagunov // *Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta imeni I.Ya. Yakovleva. Seriya “Estestvennye i tekhnicheskie nauki”*. – *The Herald of Chuvash State Pedagogical University named after I.Ya. Yakovlev. Series “Natural and technical sciences”*. – 2012. – № 4. – P. 47–50.
12. Vasilev S. A. Determination of the equivalent roughness of flow-forming surface for the evaluation of erosion control measures on sloping lands. [Opredelenie ekvivalentnoy sherokhovatosti stokoformiruyuschey poverkhnosti dlya otsenki protiverozionnykh meropriyatiy na sklonovykh zemlyakh]. / S.A. Vasilev, I.I. Maksimov, V.V. Alekseev // *Teoreticheskiy i nauchno-prakticheskiy zhurnal “Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo”*. – *Theoretical-scientific and practical journal “Melioration and water economy”*. – 2014. – №4. – P. 32–34.

Authors:

Vasilev Sergey Anatolevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, Russia, e-mail: vsa_21@mail.ru
 Maksimov Ivan Ivanovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, Chuvash Republic, Russia, e-mail: maksimov48@inbox.ru
 Petrov Aleksandr Alekseevich – senior teacher, Chuvash State Pedagogical University named after I.Ya. Yakovlev, Cheboksary, Russia, e-mail: sanekjan@mail.ru
 Mishin Petr Vladimirovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, Russia