

РЕАЛИЗАЦИЯ СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПО ПАРАМЕТРАМ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ

Васильев С.А., Максимов И.И., Мишин П.В., Юнусов Г.С., Волхонов М.С., Терентьев А.Г., Казаков Ю. Ф.

Реферат. В статье рассматриваются методы исследования подстилающей поверхности агроландшафтов склоновых земель - локальные и интегральные: контактные и бесконтактные. Каждая группа в свою очередь включает визуальный, оптический и механический подход. Для проведения экспериментальных исследований на склоновых землях разработаны способ определения среднего уклона, шероховатости и волнистости элементарной площадки в полевых условиях и профилографы для его осуществления. Использование метода скользящего среднего позволяет разбить данные на составляющие и выделить на общем фоне средний уклон поверхности, случайно расположенные неровности, шероховатость поверхности и технологические борозды – волнистость поверхности. С целью автоматизации процесса определения этих параметров разработана программа, позволяющая непосредственно проводить расчет и выводить информацию на экран монитора. Полевые исследования с применением профилографа с бесконтактным профилографом были проведены на разных агрофонах, в том числе исследовался участок поля, расположенный на сложном склоне, после зяблевой обработки почвы дискатором БДМ-3х4П в Моргаушском районе Чувашской Республики. После обработки данных средний уклон элементарной площадки для определенной точки поля составил 0,06 или 3,44°. Направление основной обработки почвы определялось по углу отклонения технологических борозд от направления склона, который составил 93,6°. Полученные данные представлены в электронной таблице Excel в виде зависимости двух параметров: угла поворота и высоты профиля поверхности почвы, в виде развертки. Далее, используя метод скользящего среднего для участка поля с дискованием почвы, определили средний уклон поверхности – 3,44°, шероховатость поверхности почвы составила 3,54 мм, а волнистость (изборожденность) поверхности почвы – 7,94 см.

Ключевые слова: подстилающая поверхность, агроландшафт, склоновые земли, методы исследования, метода скользящего среднего, бесконтактный профилограф.

Введение. Вопросам поверхностного задержания стока уделялось значительное внимание, поскольку, решая их, возможно активно управлять процессами стокообразования и эрозии почв при внедрении и контроле противоэрозионных технологий на склоновых агроландшафтах [2]. В нашей стране и за рубежом разработано множество подходов к оценке противоэрозионных технологий, однако не все из них соответствуют действительности происходящих процессов [6,12,14]. Наблюдаемое несоответствие вероятнее всего объясняется недостаточным учетом параметров почвы и методов их определения. Эти параметры на склоновых агроландшафтах меняются существенно, и гидравлика склонового стока имеет свои принципиальные особенности [9,11,13] по сравнению, например, с речными процессами, таким образом, возникают определенные затруднения научного, методического и технического плана.

Методы исследования шероховатости поверхности можно разделять на локальные и интегральные [10]. Рассматривая локальные и интегральные способы изучения

шероховатости, можем разделить их на контактные и бесконтактные [4], учитывая применяемое приборное обеспечение (рисунок 1).

Каждая группа в свою очередь включает следующие способы [6,12,14]:

1. Визуальный. Величину шероховатости устанавливают, сравнивая контролируемую поверхность с поверхностью образцов (эталонов). Относится к качественным методам оценки шероховатости поверхности.

2. Оптический. Величину шероховатости измеряют на оптических приборах методом

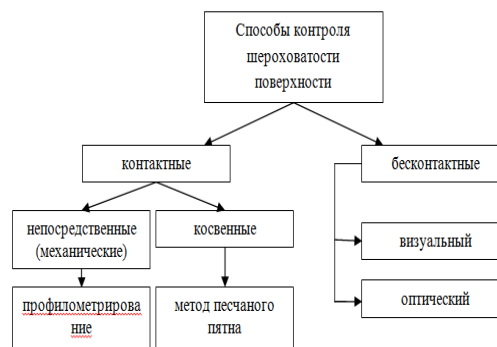


Рисунок 1 – Классификация способов контроля шероховатости поверхности

интерференции или светового сечения. Относится к количественным методам оценки шероховатости поверхности.

3. Механический. На специальных приборах, профилометрах или профилографах, с помощью щупа и каретки воспроизводят профиль поверхности. Шероховатость определяют по шкале прибора, цифровому табло или по профилограмме, записанной на ленте (по любому критерию). Относится к количественным методам оценки шероховатости поверхности. К данному способу относится и гидравлический подход, реализованный в работах авторов [5,7].

Условия, материалы и методы исследований.

Для проведения экспериментальных исследований на склоновых землях разработан способ определения среднего уклона, шероховатости и волнистости элементарной площадки в полевых условиях и профилографы для его осуществления [3,8].

Предварительно профилограф устанавливается строго вертикально по уровню во всех направлениях, перемещая плечо по окружности. Электрическое питание для датчиков угла и положения подается от ноутбука. Запускается компьютерная программа «РФ 605+энкодер» на ноутбуке.

Далее медленно вращают плечо вокруг основания. Выполняя один оборот лазерный датчик положения сканирует поверхность почвы и передает информацию в электронный блок обработки сигналов. Работает лазерный датчик по принципу оптической триангуляции. В тоже время энкодер замеряет положение оси относительно основания и также пересылает мгновенные значения угла поворота в электронный блок обработки сигналов.

Таким образом, в электронный блок обработки сигналов поступают два сигнала одновременно, которые после обработки передаются на ноутбук. Компьютерная программа позволяет представить информацию в полярных координатах для 2-х параметров: расстояние между датчиком положения и поверхностью почвы, а также соответствующий этому положению угол поворота от нулевой отметки.

При условии сканирования абсолютно гладкой наклонной поверхности величину вертикального перемещения относительно угла поворота устройства, определяют по формуле:

$$h = R \operatorname{tg} \alpha (1 - \cos \gamma), \quad (1)$$

где R – радиус окружности описываемой роликом или датчиком положения (вылет плеча), м; α – угол уклона элементарной

площадки, град; γ – угол поворота от исходного положения плеча, град.

Полученная экспериментальная линия строится в полярных координатах $h-\gamma$ (величина вертикального положения - угол поворота) или в декартовых – в виде развертки и выводится полиномиальная линия тренда 4 степени, а также ее уравнение.

Среднее значение уклона элементарной площадки определяется по выражению:

$$i' = H_{max} - H_{min} / D, \quad (2)$$

где H_{max} , H_{min} – максимальное и минимальное значение расстояния между датчиком положения и поверхностью почвы определяемое по линии тренда, D – диаметр сканируемой окружности.

Использование метода скользящего среднего позволяет разбить данные на составляющие $y(t) = s(t) + e(t) + k(t)$ и выделить на общем фоне $s(t)$ – средний уклон поверхности, случайно расположенные неровности $e(t)$ – шероховатость поверхности и технологические борозды $k(t)$ – волнистость поверхности. С целью автоматизации процесса определения этих параметров разработана программа, позволяющая непосредственно проводить расчет и выводить информацию на экран монитора.

Анализ и обсуждение результатов. Полевые исследования, используя лазерный бесконтактный профилограф, были проведены на разных агрофонах (пашня, пашня с боронованием, мульчирование, посеы озимых [1], стерня зерновых и др.).

Исследования участка поля, расположенного на сложном склоне, после зяблевой обработки почвы дискатором БДМ-3х4П (бороны дисковая тяжелая модернизированная прицепная) были проведены в Моргаушском районе Чувашской Республики.

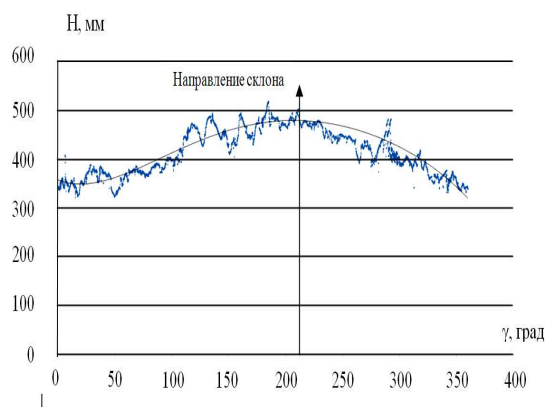


Рисунок 2 – График изменения расстояния от поверхности почвы до лазерного датчика в зависимости от угла поворота плеча профилографа [6]

После обработки данных средний уклон элементарной площадки для определенной точки поля составил 0,06 или 3,44°. Направление основной обработки почвы определялось по углу отклонения технологических борозд от направления склона, который составил 93,6°.

Полученные данные представлены, после обработки в электронной таблице Excel, в виде зависимости двух параметров: угла поворота и высоты профиля поверхности почвы, в виде развертки на рисунке 2 [6].

Далее, используя метод скользящего среднего для участка поля с дискованием почвы, определили средний уклон поверхности – 3,44°, шероховатость поверхности почвы составила 3,54 мм, а волнистость (изборожденность) поверхности почвы – 7,94 см [6].

Установлено, что предложенные методы и технические средства контроля обеспечивают

высокую точность измерения параметров при профилировании поверхности почвы для различных уклонов агроландшафта (с погрешностью до 1 % для бесконтактного и до 3 % для контактного методов).

Выводы.

Таким образом, реализация способа определения и обработки данных по параметрам подстилающей поверхности агроландшафтов позволяет определить направление и величину уклона, волнистость и шероховатость поверхности почвы элементарного участка, угол отклонения направления обработки почвы от направления склона в полевых условиях, что обеспечит повышение точности агротехнической оценки поверхности поля после обработки почвы орудиями, осуществляющими различные мелиоративные мероприятия.

Литература

1. 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.
2. 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.
3. Васильев, С. А. Математическая модель для прогноза эрозионных процессов на склоновых агроландшафтах / С. А. Васильев // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 9. – С.96–100.
4. 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.
5. 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.
6. Васильев, С. А. Разработка метода и профилографа для оценки мелиоративных технологий на склоновых агроландшафтах / С. А. Васильев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 3(43). – С.220–226.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Егоров, И. Е. Полевые методы изучения почвенной эрозии / И. Е. Егоров // Вестник удмуртского университета. – 2009. – Вып. 1. – С.157–170.
11. 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.
12. Сафин Р.И. Ресурсное обеспечение системы земледелия Республики Татарстан / Д.И. Файзрахманов, А.Р. Валиев, Р.И. Сафин//Система земледелия Республики Татарстан. Инновации на базе традиций. Ч. 1. Общие аспекты земледелия. -Казань: Центр инновационных технологий, 2013. -С. 18-30.

13. Garcia, M. R. Shadow analysis of soil surface roughness compared to the chain set method and direct measurement of micro-relief / M. R. Garcia // *Biogeosciences*. – 2010. – № 7. – P. 2477–2487.

14. Maksimov I. I., Maksimov V. I., Vasilev S. A., Alekseev V. V. Simulation of Channel Development on the Surface of Agrolandscapes on Slopes. *Eurasian Soil Science*, 2016. Vol. 49, №. 4, pp. 475–480. ISSN 1064-2293

15. Saleh, A. Soil roughness measurement : chain method / A. Saleh // *J. Soil Water Conserv.* – 1993. – № 48. – P. 527–529.

Сведения об авторах:

Сергей Анатольевич Васильев – доктор технических наук, доцент,
Иван Иванович Максимов – доктор технических наук, профессор,
Петр Владимирович Мишин – доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары, Россия
Губейдулла Сибятуллович Юнусов – доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», Йошкар-Ола, Россия
Михаил Станиславович Волхов – доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», г. Кострома, Россия
Алексей Григорьевич Терентьев – доктор физико-математических наук, профессор,
Юрий Федорович Казаков – доктор технических наук, доцент, e-mail: ura.kazakov@mail.ru
ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары, Россия

IMPLEMENTATION OF THE METHOD FOR DETERMINING AND PROCESSING OF DATA ON THE PARAMETERS OF THE SUBSTRATE SURFACE OF AGROLANDSCAPES OF SLOPE LAND

Vasilev S.A., Maksimov I.I., Mishin P.V., Yunusov G.S., Volkhonov M.S., Terentev A.G., Kazakov Yu. F.

Abstract. The scientific article considers methods for studying the underlying surface of agro landscapes of slope lands - local and integral: contact and non-contact. Each group in turn includes a visual, optical and mechanical approach. For carrying out experimental studies on sloping lands, a method has been developed for determining the average slope, roughness and waviness of an elementary site in the field, and profilographs for its implementation. Using the moving average method, it is possible to break the data into components and isolate, on a general background, the average surface slope, randomly distributed irregularities, surface roughness and technological furrows with a corrugation of the surface. In order to automate the process of determining these parameters, a program has been developed that allows you to directly calculate and display information on the monitor screen. Field studies using a profiler with contactless profilograph were conducted on different soil fertility, including the examination of the field station, located on the slope of the complex after the pre-winter tillage BDM-3x4P in Morgaushskiy District of the Chuvash Republic. After data processing, the average slope of the elementary area for a certain point of the field was 0.06 or 3.440. The direction of the main soil cultivation was determined from the angle of deviation of the technological grooves from the direction of the slope, which amounted to 93.60. The data obtained are presented in the Excel spreadsheet as a relationship between two parameters: the angle of rotation and the height of the surface profile of the soil, in the form of a sweep. Further, using the moving average method for the field section with soil disking, the average slope of the surface was determined to be 3.440, the surface roughness was 3.54 mm, and the waviness (soreness) of the soil surface was 7.94 cm.

Key words: underlying surface, agrolandscape, slope lands, research methods, moving average method, contactless profilograph.

References

1. 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.

2. Vasilev S. A. *Gidravlicheskaya sherokhovatost sklonovykh agrolandshaftov*. [Hydraulic roughness of slope agrolandscapes]. / S.A. Vasilev, I.I. Maksimov, V.I. Maksimov // Чебоксары: "Novoye Vremya", 2014. –P. 210. – ISBN 978-5-4246-0257-3.

3. 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.

4. 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 atmosferykh 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.

5. 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 stokoformiruyushey 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.

6. Vasilev S. A. Development of a method and a profilograph for evaluation of reclamation technologies on slope agrolandscapes [Razrabotka metoda i profilografa dlya otsenki meliorativnykh tekhnologiy na sklonovykh agrolandshaftakh]. / S. A. Vasilev // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie*. – *Proceedings of Nizhnevolzhsk agricultural university: science and higher vocational education*. - 2016. - № 3(43). – P. 220–226.

7. Vasilev S. A. Theoretical prerequisites for the analytical determination of the wetted perimeter of flow-forming surface. [Teoreticheskie predposylki analiticheskogo opredeleniya smochennogo perimetra stokoformiruyushey poverkh-

nosti]. / 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.

8. Vasilev S. A. The energy approach for constructing the hydrodynamic characteristics of the water flow on the slope agrolandscape. [Energeticheskiy podkhod dlya postroeniya gidrodinamicheskoy kharakteristiki vodnogo potoka na sklonovom agrolandshafte]. / S. A. Vasilev // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie. – Proceedings of Nizhnevolzhsk agricultural university: science and higher vocational education.* – 2015. – № 4 – P. 194–200.

9. Dmitriev A. N. Results of soil-meliorative studies in the reconstruction of the inter-farm irrigation system "Druzhiba" of the Chuvash Republic. [Rezultaty pochvenno-meliorativnykh issledovaniy pri rekonstruktsii mezhkhozaystvennoy orositelnoy sistemy "Druzhiba" Chuvashskoy Respubliki]. / A. N. Dmitriev, S. A. Vasilev, V. V. Alekseev, I. I. Maksimov // *Teoreticheskiy i nauchno-prakticheskiy zhurnal "Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo"*. - *Theoretical and scientific-practical journal "Melioration and Water Management"*. – 2016.– № 2. – P. 17–21.

10. Egorov I. E. Field methods for studying soil erosion. [Polevye metody izucheniya pochvennoy erozii]. / I. E. Egorov // *Vestnik udmurtskogo universiteta. – The Herald of Udmurt University.* – 2009. – Issue 1. – P. 157–170.

11. Maksimov I. I. Modeling the development of the channel in the underlying surface of slope agrolandscapes. [Modelirovanie razvitiya rusla v podstilayushey poverkhnosti sklonovykh agrolandshaftov]. / I. I. Maksimov, V. I. Maksimov, S. A. Vasil'yev, V. V. Alekseyev // *Pochvovedenie. – Soil science.* – 2016. – №4. – P. 514–519.

12. Safin R.I. Resource providing system of agriculture of the Republic of Tatarstan [Resursnoe obespechenie sistemy zemledeliya Respubliki Tatarstan]. / D.I. Fayzrakhmanov, A.R. Valiyev, R.I. Safin//System of agriculture of the Republic of Tatarstan. Innovations on the basis of traditions. P.1. General aspects of agriculture. [Sistema zemledeliya Respubliki Tatarstan. Innovatsii na baze traditsiy. Ch. 1. Obschie aspekty zemledeliya]. - Kazan: Center of innovative technologies, 2013. - Page 18-30.

13. Garcia, M. R. Shadow analysis of soil surface roughness compared to the chain set method and direct measurement of micro-relief / M. R. Garcia // *Biogeosciences.* – 2010. – № 7. – P. 2477–2487.

14. Maksimov I. I., Maksimov V. I., Vasilev S. A., Alekseev V. V. Simulation of Channel Development on the Surface of Agrolandscapes on Slopes. *Eurasian Soil Science*, 2016. Vol. 49, №. 4, pp. 475–480. ISSN 1064-2293

15. Saleh, A. Soil roughness measurement : chain method / A. Saleh // *J. Soil Water Conserv.* – 1993. – № 48. – P. 527–529.

Authors:

Vasilev Sergey Anatolievich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of “Mechanization, electrification and automation of agricultural production” Department of Chuvash State Agricultural Academy

Maksimov Ivan Ivanovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of “Transport and technological machines and complexes” Department of Chuvash State Agricultural Academy

Mishin Petr Vladimirovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of “Transport and technological machines and complexes” Department of Chuvash State Agricultural Academy

Yunusov Gubeydulla Sibiatullovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of Mari State University

Volkhonov Mikhail Stanislavovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for academic affairs of Kostroma State Agricultural Academy

Terentev Aleksey Grigorievich – Doctor of Physics and Mathematics, Professor of “Transport and technological machines and complexes” Department of Chuvash State Agricultural Academy

Kazakov Yuriy Fedorovich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, “Transport and technological machines and complexes” Department of Chuvash State Agricultural Academy, e-mail: ura.kazakov@mail.ru