

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.51

DOI: 10.26897/2687-1149-2021-2-16-23

**ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО ПРОФИЛОГРАФА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ****ВАСИЛЬЕВ СЕРГЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ**✉, д-р техн. наук, доцент<sup>1,2</sup>

vsa\_21@mail.ru✉

**АЛЕКСЕЕВ ВИКТОР ВАСИЛЬЕВИЧ**, д-р техн. наук, доцент<sup>1</sup>

av77@list.ru

**ВАСИЛЬЕВ МИХАИЛ АНДРИЯНОВИЧ**, соискатель<sup>1</sup>

mishawasilev@mail.ru

**ВАСИЛЬЕВ АЛЕКСЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ**, канд. техн. наук<sup>2</sup>

alexei.21@mail.ru

<sup>1</sup> Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова; 428015, Российская Федерация, Чувашская Республика, г. Чебоксары, Московский проспект, д. 15<sup>2</sup> Нижегородский государственный инженерно-экономический университет; 606340, Нижегородская область, г. Княгинино, ул. Октябрьская, д. 22 А

**Аннотация.** Проведен анализ обширного набора данных измерений профиля дневной поверхности обработанной почвы для оценки агротехнических показателей. Исследования проводились на небольшом сельскохозяйственном водосборе Орининского сельского поселения, который находится в Моргаушском районе Чувашской Республики. Были выбраны три сельскохозяйственных поля, размеры которых варьировались от 25 до 53 га. Исследуемые участки были обработаны различными способами: вспашка с боронованием, дискование почвы и зяблевая вспашка. Профили изучаемых элементарных участков измерялись с помощью разработанного наземного кругового лазерного профилометра. Данные о состоянии профиля использовались для определения основных агротехнических показателей: комковатости, глыбистости, уклона поверхности, а также отклонения направления движения машинно-тракторного агрегата от линии равной высоты. Разработано программное средство для обработки и анализа данных поступающих с датчиков. По результатам его работы установлено, что отклонение проекции линии наибольшего изменения высоты (по которой измеряется уклон) от направления движения обрабатывающей техники составляет угол 62, уклон составляет 6,5, в количественном распределении по размерам преобладают агрегаты 1...4 см в диаметре. Средневзвешенный диаметр комков составил 3,99 см. Результаты исследований позволяют рекомендовать метод определения агротехнических показателей дневной поверхности для оценки обработанной почвы согласно агротехническим требованиям.

**Ключевые слова:** оценка качества, обработка почвы, поверхность почвы, лазерный профилограф, круговое сканирование, агроландшафт, склоновые земли.

*Исследование выполнено в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МД-1198.2020.8, соглашение № 075-15-2020-228.*

**Формат цитирования:** Васильев С.А., Алексеев В.В., Васильев М.А., Васильев А.А. Применение лазерного профилографа для определения агротехнических показателей при обработке почвы склоновых земель // Агроинженерия. 2021. № 2 (102). С. 16-23. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-2-16-23.

© Васильев С.А., Алексеев В.В., Васильев М.А., Васильев А.А., 2021



## ORIGINAL PAPER

**FEATURES OF USING A GROUND LASER PROFILER TO ASSESS THE QUALITY OF SOIL CULTIVATION ON AGRICULTURAL SLOPE LANDSCAPES****SERGEY A. VASILIEV**, DSc (Eng), Associate Professor<sup>1,2</sup>

vsa\_21@mail.ru

**VIKTOR A. ALEKSEEV**, DSc (Eng), Associate Professor<sup>1</sup>

av77@list.ru

**MIKHAIL A. VASILIEV, PhD seeker<sup>1</sup>**

mishawasilev@mail.ru

**ALEKSEI A. VASILIEV, PhD (Eng)<sup>2</sup>**

alexei.21@mail.ru

<sup>1</sup> Chuvash State University named after I.N. Ulyanov; 428015, Russian Federation, Chuvash Republic, Cheboksary, Moskovsky Prospekt, 15

<sup>2</sup> Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics; 606340, Nizhny Novgorod region, Knyaginino, Oktyabrskaya Str., 22 A

**Abstract.** The authors analyze an extensive set of data for measuring the daily surface profile of the cultivated soil to assess its agrotechnical parameters. The research was carried out on a small agricultural catchment area of the Orininsky rural settlement, which is located in the Morgaushy district of the Chuvash Republic. Three agricultural fields were selected, ranging from 25 ha to 53 ha. The studied areas were cultivated in various ways: plowing with harrowing, disking the soil and winter plowing. The profiles of the studied elementary sections were measured using a developed ground-based circular laser profilometer. Data on the state of the profile were used to determine the main agrotechnical parameters – clumping, cloddiness, surface slope, and deviation of the travel trajectory of a machine and tractor unit from the line of equal height. A software tool for processing and analyzing data received from sensors has been developed. The results established that the deviation of the projection of the greatest elevation line changes (measured by the slope) from the travel trajectory of a unit with an angle of 62, a slope of 6.5, and in a quantitative size distribution soil aggregates of 1...4 inches in diameter prevail. The weighted average diameter of the clods was 3.99 cm. The research results have determined the use of recommend methods for stating the agrotechnical parameters of the daylight surface to evaluate the cultivated soil in accordance with agrotechnical requirements.

**Key words:** quality assessment, tillage, soil surface, laser profiler, circular scanning, agricultural landscape, slope lands.

*The study was carried out within the framework of the grant of the President of the Russian Federation for the state support of young Russian scientists MD-1198.2020.8, agreement No. 075-15-2020-228.*

**For citation:** Vasiliev S.A., Alekseev V.A., Vasiliev M.A., Vasiliev A.A. Features of using a ground laser profiler to assess the quality of soil cultivation on agricultural slope landscapes. Agricultural Engineering, 2021; 2 (102): 16-23. (In Rus.). DOI: 10.26897/2687-1149-2021-2-16-23.

**Введение.** С развитием современных роботизированных технологий для автоматизации процессов и операций в растениеводстве появляются вопросы об оценке качества проводимых мероприятий. Качество выполнения полевых работ указывает на степень соответствия тех или иных агротехнических показателей при выполнении определенных приёмов в земледелии согласно агротехническим требованиям. В целом качество выполненных операций будет определять урожайность, особенно на склоновых землях [1, 2].

Несоответствие параметров агротехнических требований к обработке почвы может привести к таким последствиям, как:

- снижение урожайности;
- ухудшение благоприятных условий для развития сельскохозяйственных культур;
- снижение эффекта вносимых удобрений и средств защиты растений;
- уменьшение эффективности мелиоративных мероприятий;
- снижение плодородия почвы;
- прогрессирование эрозионных процессов.

На агроландшафтах склоновых земель характерными являются такие явления, как ограниченная инфильтрация, образование стока и почвенная эрозия [2].

Для оценки поверхности пашни применяются различные агротехнические показатели, отмеченные в нормативно-технической документации. По ГОСТу 16265-89 «Земледелие. Термины и определения» можно выделить определение глыбистости поверхности пашни как показателя качества обработки почвы, выражающего процентное

отношение суммарной площади глыб на участке ко всей его площади. Согласно СТО АИСТ 4.6-2018 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины почвообрабатывающие. Показатели назначения и надежности. Общие требования» в требованиях к показателям назначения и надежности плугов общего назначения уточняется параметр крошения почвы, который определяет процент комков размером до 50 мм на поверхности пашни.

В последнее время для получения цифровых моделей поверхности земли с высоким разрешением применяются различные подходы [3-5], в том числе фотограмметрические методы ближнего действия [6, 7] и наземные лазерные сканирующие приборы [8-10]. Эти методы потенциально могут обеспечивать получение информации о высоте точек на больших площадях. Тем не менее фотограмметрия выполняется на близком расстоянии для площадей до 1 м<sup>2</sup>. И наоборот, лазерные сканеры могли бы обследовать участки площадью до 10...100 м<sup>2</sup>, но эти приборы давали плохие результаты при измерении поверхности почвы на больших площадях [11].

Еще одной важной характеристикой сельскохозяйственных почв, расположенных на склоновых землях, до сих пор подробно не изученной, является связь между направлением склона и направлением технологических борозд. Угол между бороздами обработанной почвы и основным направлением склона существенно влияет на сток осадков [12, 13]. Однако, насколько известно авторам, влияние направления обработки почвы относительно склона на параметры почвы еще не было количественно оценено.

**Цель исследований:** разработка методики определения основных агротехнических показателей поверхности

обработанной почвы согласно агротехническим требованиям.

**Материал и методы.** Исследования проводились на сельскохозяйственном водосборе Орининского сельского поселения, который находится в Моргаушском районе Чувашской Республики (рис. 1). Рассматриваемая водосборная площадь занимает около 300 га с довольно сложными склонами до 8 град.



**Рис. 1. Фрагмент местоположения экспериментального водосбора в Моргаушском районе Чувашской Республики с распределенными контрольными полями (два сельскохозяйственных участка)**

**Fig. 1. Fragment of the location of the experimental catchment area in the Morgaushi district of the Chuvash Republic with distributed control fields (two agricultural plots)**

На водосборной площади было выбрано два сельскохозяйственных поля, размеры которых составили 26 и 43 га (рис. 1). Исследуемые участки обрабатывались различными способами: 1 поле – зяблевая вспашка (ПЛН-4-35), 2 поле – дисковое почвы (дискатор БДМ-3х4П). Некоторые анализы проводились согласно исследованиям, отраженным в работах [2, 15].

Профили элементарных участков поверхности пашни измерялись с помощью первоначально разработанного наземного кругового лазерного профилометра [8, 9].

Прибор включает в себя лазерный датчик, который измеряет расстояние от самого датчика до поверхности почвы (рис. 2).

Лазерный профилограф состоит из стального основания с осью, на которую прикреплена поперечная планка. Лазерный датчик помещен на каретке, размещенной на одной стороне планки, которая перемещается по ней вручную, при установке заданного радиуса окружности. Этот датчик имеет вертикальную точность  $\pm 0,5$  мм и диапазон измерения до 1 м, что делает его подходящим для измерения и контроля поверхности обработанной почвы. Профилограф запрограммирован на сбор и хранение данных о высоте точек, расположенных по окружности сканирования, через каждые 0,02 с. Общая базовая длина профиля поверхности может достигать 6,5 м при установке датчика на планку под радиус 1 м и более. Установка содержит блок обработки сигналов, поступающих с лазерного датчика для измерения расстояния и углового энкодера для определения положения планки с датчиком вокруг оси.

и высотой от 120 до 150 м. Преобладающий класс почв – дерново-подзолистые с разной степенью оподзоленности<sup>1</sup> [14]. Водосбор почти полностью обработан, а сеть оврагов, границы водоисточника и ручьев – единственные участки, которые покрыты естественной растительностью. Основными культурами являются многолетние травы (костер, люцерна) и озимые злаки (пшеница и ячмень).

Прибор подключен к ноутбуку, от которого он получает питание, в нем же информация о полученных профилях собирается и обрабатывается. Процесс замера данных является простым и быстрым: как только первые данные о профиле поверхности начинают отображаться на компьютере в полярных координатах, оператор поворачивает планку против или по часовой стрелке вокруг оси [9]. Далее для измеряемого уклона с помощью регрессионного анализа каждый из профилей высоты корректируется, чтобы получить массив истинных значений высоты. Затем профили поверхности обрабатываются специально разработанной программой для расчета параметров уклона, крошения и глыбистости пашни.



**Рис. 2. Профилограф, задействованный в работе**

**Fig. 2. Profilographers used in the work**

Основные преимущества предлагаемого метода по сравнению с другими методами измерения характеристик почвенного профиля [8, 9]:

- 1) высокая точность получаемых данных (0,5 мм);
- 2) во время измерений поверхность почвы исследуемого элементарного участка не подвергается деформациям;
- 3) данные о профиле (в полярных координатах) [9] загружаются непосредственно в компьютерную программу, поэтому не требуется никакой их предварительной обработки. Вывод осуществляется в формате, поддерживаемом MS Excel и Libre Office Calc;
- 4) прибор надёжен, прост, мобилен (габаритные размеры при замерах 1,5 м × 0,3 м × 1,4 м, в транспортном положении – 0,3 м × 0,3 м × 1,5 м) и может использоваться в полевых условиях;
- 5) сбор и хранение данных большого количества профилей (в одном профиле от 5000 до 40000 точек в зависимости от поставленных задач и скорости вращения датчика).

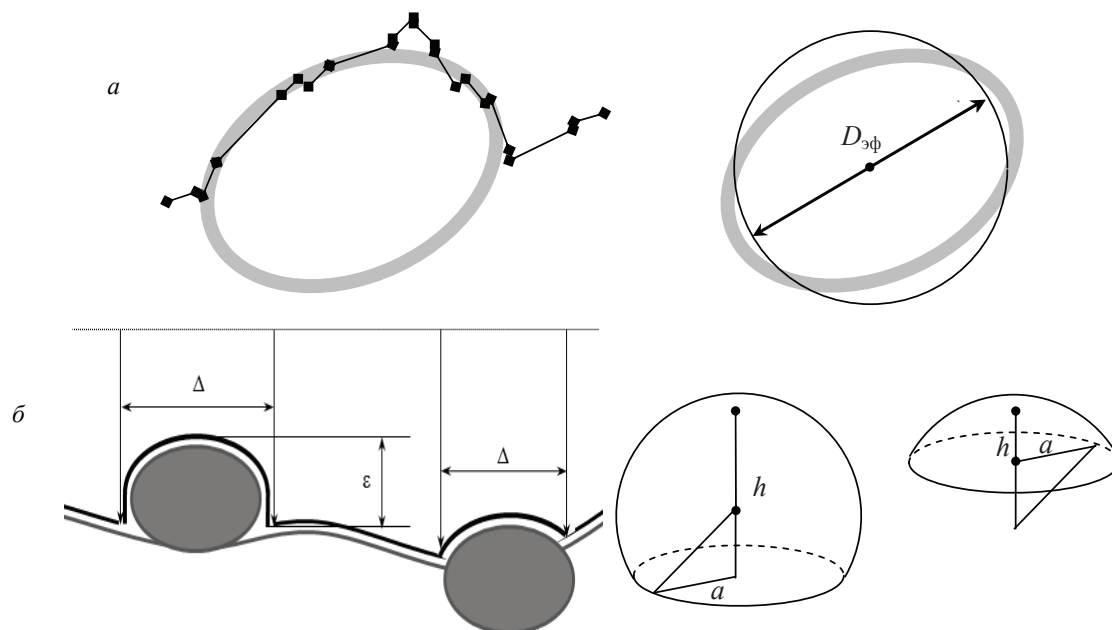
Измерение размеров агрегатов можно проводить путём бесконтактного сканирования профиля поверхности почвы. Поступающие от датчиков достаточно большие массивы экспериментальных данных можно быстро обрабатывать и анализировать. Для определения уклона дневной поверхности почвы для каждого способа обработки

почвы использовался метод скользящего среднего [16]. Данные можно представить в виде развертки, по которой собирается статистика. Метод скользящего среднего позволяет определить скользящую среднюю, которая численно равна среднему арифметическому значению исходной функции за установленный период и определяется по выражению:

$$SMA_k = \frac{1}{n_c} \sum_{i=0}^{n-1} h_{k-i} = \frac{h_k + h_{k-1} + \dots + h_{k-n+1}}{n_c}, \quad (1)$$

где  $SMA_k$  – величина скользящего среднего в точке  $k$ ;  $n_c$  – количество значений точек, полученных при сканировании поверхности, в виде функции для расчёта скользящего среднего (интервал осреднения);  $h_{k-1}$  – величина полученной функции в точке  $k-1$ .

Ввиду сложной геометрической формы почвенных агрегатов можно использовать некоторый искусственный параметр. Рассмотрим сечение почвенного агрегата вертикальной плоскостью. При проведении расчётов агрегат произвольной формы с сечением  $S$  заменим эллипсоидом с равным по величине сечением. Введём понятие эффективного размера агрегата  $d$ . Под эффективным диаметром будем понимать диаметр шара, площадь сечения которого равна площади сечения эллипсоида (рис. 3).



**Рис. 3. Расчётная схема почвенных агрегатов:**

а – для оценки эффективного радиуса; б – для определения геометрических параметров

**Fig. 3. Analytical model of soil aggregates:**

a – to estimate the effective radius, b – to determine the geometric parameters

Часть агрегатов расположена выше, а часть – ниже среднего уровня поверхности. Пусть при сканировании определены  $\varepsilon = h$  – высота сегмента и  $\Delta = a$  – диаметр основания сегмента шара радиуса  $R$ . По величине соотношения  $\varepsilon/\Delta$  можно судить о том, как расположен центр почвенного агрегата относительно среднего уровня. Из соотношения  $a^2 = h(2R - h)$  вычисляется радиус шара.

**Результаты и обсуждение.** При окончательном расчёте необходимо сделать поправку на то, что лазерный луч может проходить не через «центр» почвенного агрегата. Следовательно, плоскость сечения будет иметь площадь меньше реальной. Поэтому необходимо ее домножить на коэффициент. Коэффициент определяется через вычисление площади, соответствующей наиболее вероятному случаю (рис. 3).

Рассмотрим схему возможных вариантов прохождения сканирующего луча и проведём расчёт эффективного радиуса (рис. 4):

$$S = \int_0^{R_{\text{эф}}} \sqrt{R^2 - x^2} dx = \frac{\pi R_{\text{эф}}^2}{4}, \quad (2)$$

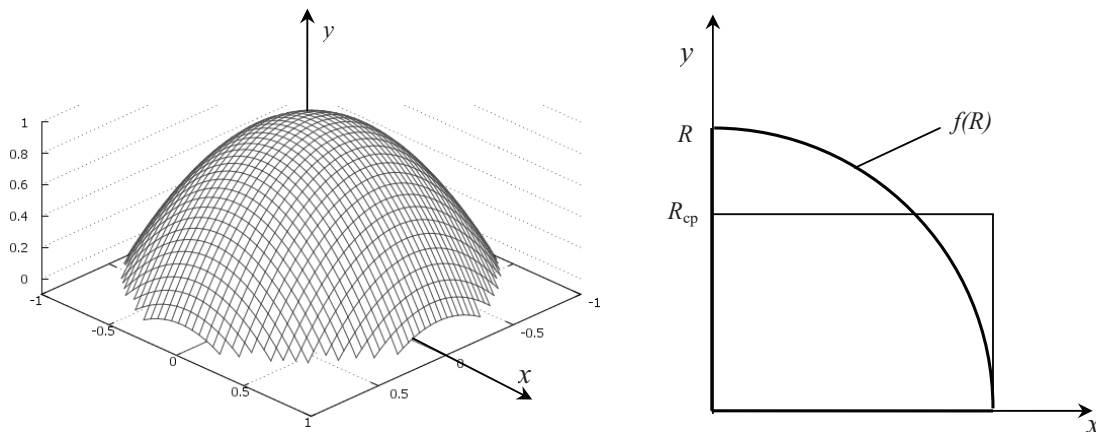
где  $R$  – радиус комка, м;  $R_{\text{ср}}$  – средний радиус комка, м;  $R_{\text{эф}}$  – «эффективный» радиус комка, м.

Или, с другой стороны,

$$R_{\text{эф}} R_{\text{ср}} = \frac{\pi R_{\text{эф}}^2}{4}, \quad (3)$$

откуда определим эффективный радиус:

$$R_{\text{эф}} = \frac{4}{\pi} R_{\text{ср}} \approx 1,27 R_{\text{ср}}. \quad (4)$$

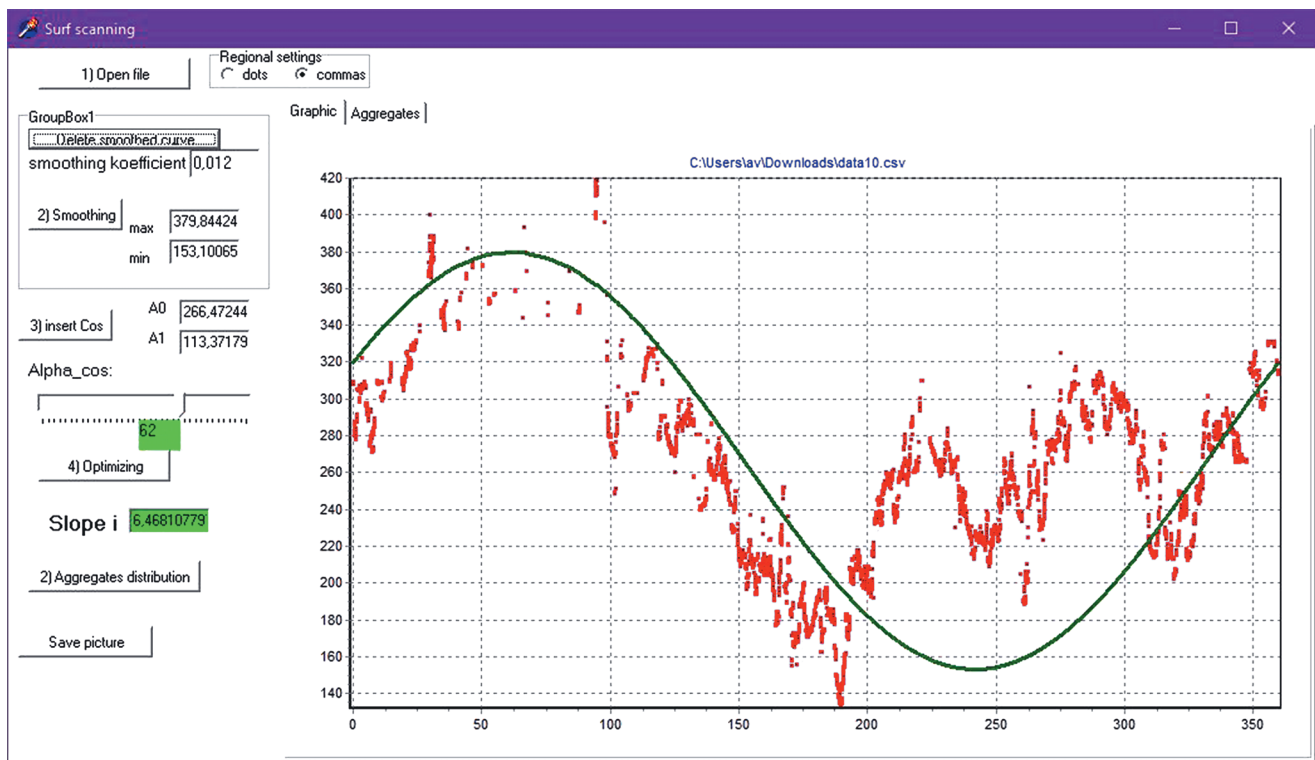


**Рис. 4. Схема возможных вариантов прохождения сканирующего луча и расчёт среднего радиуса**  
**Fig. 4. Pattern of possible options for the scanning beam’s passing and calculating the average radius**

С целью автоматизации данной процедуры авторами разработано программное средство, реализующее предлагаемую методику расчётов (рис. 5, 6).

Результаты работы программного средства следуют из рисунков 5, 6: отклонение проекции линии наибольшего изменения высоты (по которой

измеряется уклон) от направления движения обрабатываемой техники составляет угол в 62 град., уклон составляет 6,5 град., в количественном распределении по размерам преобладают агрегаты 1...4 см в диаметре. Средневзвешенный диаметр комков составил 3,99 см.



**Рис. 5. Результаты работы программного средства с представлением развертки по углам и высоте**  
**Fig. 5. Results of the software tool use to get scanning angles and heights**

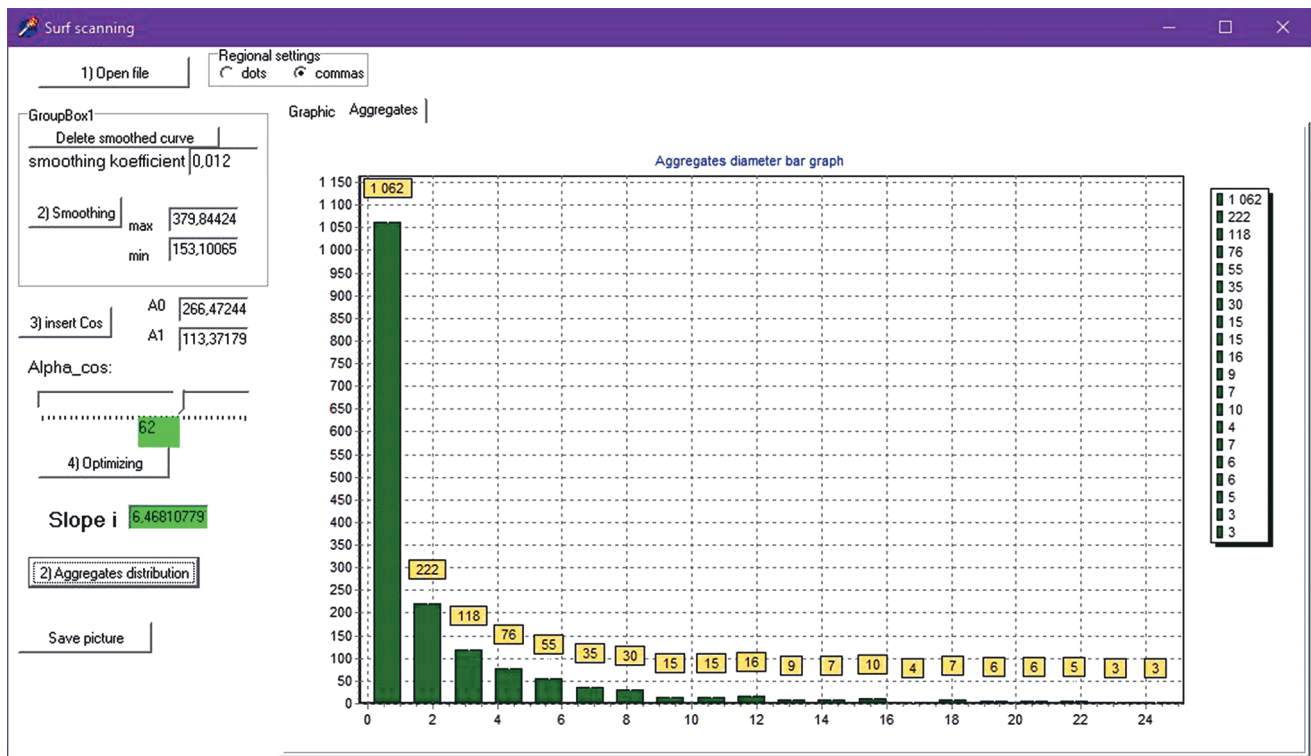


Рис. 6. Результаты работы программного средства. Распределение размеров комков на участке

Fig. 6. Results of the software tool use. The distribution of the clod sizes on the site

### Выводы

На основании результатов, полученных в ходе исследования, можно сделать заключение о целесообразности использования предлагаемого метода.

1. Почвообрабатывающие операции существенно влияют на величину и изменчивость параметров дневной поверхности почвы. Вспаханная поверхность показала не только высокие значения глыбистости, но и их большую изменчивость, которую следует учитывать при контроле операций обработки почвы на склоновых землях, применяя метод скользящего среднего.

2. Угол между бороздами обработанной почвы и направлением склона существенно влияет на сток осадков

### Библиографический список

1. Helming K., Romkens M.J.M., Prasad S.N. (1998). Surface roughness related processes of runoff and soil loss: a flume study. *Soil Science Society of America Journal* 62 (1). 243-250.
2. Васильев С.А., Максимов И.И. Агротехническая мелиорация склоновых земель. Чебоксары: Новое время, 2019. 306 с.
3. Alvarez-Mozos J. et al. Implications of scale, slope, tillage operation and direction in the estimation of surface depression storage. *Soil and Tillage Research*, 2011; 111 (2): 142-153. DOI: 10.1016/j.still.2010.09.004.
4. Romkens M.J.M., Helming K., Prasad S.N. Soil erosion at different precipitation rates, surface roughness, and soil water regimes. *CATENA*, 2002; 46 (2-3): 103-123. DOI: 10.1016/S. 0341-8162 (01): 00161-8.
5. Allmaras R.R. General porosity and random roughness of the inter-row zone under the influence of soil treatment.

на склоновых землях, составляя для элементарного участка пашни 32,4 град., а сам уклон установлен в размере 4,8 град.

3. На пашне необходимо рассматривать не только глыбистость и комковатость (крошение), но и полное структурное распределение комков по размерам, в конкретном случае в количественном распределении по размерам преобладают агрегаты 1...4 см в диаметре. Средневзвешенный диаметр комков составил 3,99 см.

4. Результаты исследований позволяют рекомендовать метод определения агротехнических показателей дневной поверхности для оценки обработанной почвы согласно агротехническим требованиям.

### References

1. Helming K., Romkens M.J.M., Prasad S.N. Surface roughness related processes of runoff and soil loss: a flume study. *Soil Science Society of America Journal*, 1998; 62(1): 243-250.
2. Vasiliev S.A., Maximov I.I. Agrolandscape reclamation of slope lands]. *Cheboксary, Novoe Vremya*, 2019: 306. (In Rus.)
3. Alvarez-Mozos J. et al. Implications of scale, slope, tillage operation and direction in the estimation of surface depression storage. *Soil & Tillage Research*, 2011, 111(2): 142-153. DOI: 10.1016/j.still.2010.09.004
4. Romkens M.J.M., Helming K., Prasad S.N. Soil erosion at different precipitation rates, surface roughness, and soil water regimes. *CATENA*, 2002; 46 (2-3): 103-123. DOI: 10.1016/s0341-8162(01)00161-8.
5. Allmaras R.R. General porosity and random roughness of the inter-row zone under the influence of soil treatment.

Agricultural Research Service U.S. Department of Agriculture. 1966, 22 p.

6. Taconet O., Ciarletti V. Estimating soil roughness indices on a ridge-and-furrow surface using stereo photogrammetry. *Soil and Tillage Research*, 2007; 93 (1), 64-76. DOI: 10.1016/j.still.2006.03.018.

7. Elbasit M.A., Anyoji H., Yasuda H., Yamamoto S. Potential of low cost close-range photogrammetry system in soil microtopography quantification. *Hydrological Processes*, 2009; 23 (10), 1408-1417. DOI: 10.1002/hyp.7263.

8. Васильев С.А. Разработка метода и профилографа для оценки мелиоративных технологий на склоновых агроландшафтах // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2016. № 3 (43). С. 220-226.

9. Васильев С.А. Обоснование конструктивно-технологических параметров профилографов для контроля мелиоративных технологий на склоновых агроландшафтах // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2016. № 4 (24). С. 40-54.

10. Takken I., Govers G., Steegen A., Nachtergaele J., Guerif J. The prediction of runoff flow directions on tilled fields. *Journal of Hydrology*, 2001; 248 (1): 1-13. DOI: 10.1016/S0022-1694(01)00360-2.

11. Семенов С.А., Васильев С.А., Максимов И.И. Особенности реализации и перспективы применения технологий цифрового земледелия в АПК // *Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018. № 1 (4). С. 69-76.

12. Васильев С.А., Васильев А.А., Затылков Н.И. и др. Противозерозионная контурная обработка почвы машинно-тракторными агрегатами на агроландшафтах склоновых земель // *Вестник НГИЭИ*. 2018. № 5 (84). С. 43-54.

13. Васильев С.А., Максимов И.И., Алексеев Е.П. и др. Метод определения направления движения водного потока на агроландшафте склоновых земель // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2017. Т. 12. № 4 (46). С. 72-77.

14. Сысуйев В.А., Максимов И.И., Максимов В.И. и др. Водосборная площадь малых рек как объект антропогенного агроландшафта (на примере реки Цивиль) // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2013. № 5 (36). С. 59-65.

15. Максимов В.И., Максимов И.И., Михайлов А.Н. и др. Энергетический (термодинамический) подход к оценке почвообрабатывающих машин с активными рабочими органами // *Известия Международной академии аграрного образования*. 2013. № 17. С. 68-71.

16. Самуилов Ф.Д. и др. Реализация способа определения и обработки данных по параметрам подстилающей поверхности агроландшафтов склоновых земель // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2018. Т. 13. № 2 (49). С. 81-85.

*Agricultural Research Service U.S. Department of Agriculture*, 1966: 22.

6. Taconet O., Ciarletti V. Estimating soil roughness indices on a ridge-and-furrow surface using stereo photogrammetry. *Soil and Tillage Research*, 2007; 93 (1), 64-76. DOI: 10.1016/j.still.2006.03.018

7. Elbasit M.A., Anyoji H., Yasuda H., Yamamoto S. Potential of low cost close-range photogrammetry system in soil microtopography quantification. *Hydrological Processes*, 2009; 23 (10), 1408-1417. DOI: 10.1002/hyp.7263

8. Vasiliev S.A. Razrabotka metoda i profilografa dlya otsenki meliorativnykh tekhnologiy na sklonovykh agrolandshaftakh [Developing a method and designing a profilograph for evaluating reclamation technologies on agricultural slope landscapes]. *Izvestiya Nizhnevolszhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2016; 3 (43): 220-226. (In Rus.)

9. Vasiliev S.A. Obosnovanie konstruktivno-tekhnologicheskikh parametrov profilografov dlya kontrolya meliorativnykh tekhnologiy na sklonovykh agrolandshaftakh [Determining the structural and technological parameters of profilographers for controlling the use of reclamation technologies on agricultural slope landscapes]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, 2016; 4(24): 40-54. (In Rus.)

10. Takken I., Govers G., Steegen A., Nachtergaele J., Guerif J. The prediction of runoff flow directions on tilled fields. *Journal of Hydrology*, 2001; 248 (1): 1-13. DOI: 10.1016/S0022-1694(01)00360-2

11. Semenov S.A., Vasiliev S.A., Maximov I.I. Osobennosti realizatsii perspektivy primeneniya tekhnologiy tsifrovogo zemledeliya v APK [Features of implementation and application prospects of digital farming technologies]. *Vestnik Chuvashskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2018; 1(4): 69-76. (In Rus.)

12. Vasiliev S.A., Vasiliev A.A. Zatyлков N.I. et al. Protivoerozionnaya konturnaya obrabotka pochvy mashinno-traktornymi agregatami na agrolandshaftakh sklonovykh zemel' [Anti-erosion contour tillage with machine-tractor units on slope lands of agrolandscapes]. *Vestnik NGIEI*, 2018; 5(84): 43-54. (In Rus.)

13. Vasiliev S.A., Maksimov I.I., Alekseev E.P. et al. Metod opredeleniya napravleniya dvizheniya vodnogo potoka na agrolandshafte sklonovykh zemel' [Method for determining the direction of water flow on slope lands of agrolandscapes]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017. Vol. 12; 4 (46): 72-77. (In Rus.)

14. Sysuev V.A., Maksimov I.I., Maksimov V.I., Alekseev V.V. Vodosbornaya ploshhad malykh rek kak ob'ekt antropogennogo agrolandshafta (n aprimere reki Tsivil') [Catchment area of small rivers as an object of anthropogenic agrolandscape (as exemplified by the Civil river)]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2013; 5(36): 59-65. (In Rus.)

15. Maksimov V.I., Maksimov I.I., Mikhailov A.N., Alekseev V.V. Energeticheskiy (termodinamicheskiy) podkhod k otsenke pochvoobrabatyvayushchikh mashin s aktivnymi rabochimi organami [Energy (thermodynamic) approach to the evaluation of tillage machines with active working tools]. *Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya*, 2013; 17: 68-71. (In Rus.)

16. Samuilov F.D. et al. Realizatsiya sposoba opredeleniyai obrabotki dannykh po parametram podstilaushchey poverkhnosti agrolandshaftov sklonovykh zemel'

**Критерии авторства**

Васильев С.А., Алексеев В.В., Васильев М.А., Васильев А.А. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Васильев С.А., Алексеев В.В., Васильев М.А., Васильев А.А. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 27.11.2020 г.

Одобрена после рецензирования 01.04.2021 г.

Принята к публикации 06.04.2021 г.

[Implementation of a method for determining and processing data on the parameters of the underlying surface of slope lands of agrolandscapes]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018. Vol. 13; 2 (49): 81-85. (In Rus.)

**Contribution**

S.A. Vasiliev, V.V. Alekseev, M.A. Vasiliev, A.A. Vasiliev carried out the experimental work, summarized the material based on the experimental results, and wrote the manuscript. S.A. Vasiliev, V.V. Alekseev, M.A. Vasiliev, A.A. Vasiliev have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

**Conflict of interests**

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received 27.11.2020

Approved after reviewing 01.04.2021

Accepted for publication 06.04.2021



**ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ**

УДК 631.348.4:632.08:632.982.1:632.982.2

DOI: 10.26897/2687-1149-2021-2-23-31

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ В РОССИИ**

**СТАРОСТИН ИВАН АЛЕКСАНДРОВИЧ**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник  
starwan@yandex.ru

**ЕЩИН АЛЕКСАНДР ВАДИМОВИЧ** , канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник  
vim@vim.ru 

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5

**Аннотация.** Механизированные процессы защиты растений от вредителей, болезней и сорняков являются одними из основных составляющих интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Анализ статистических данных показывает, что в настоящее время сельскохозяйственные организации оснащены средствами механизации химической защиты растений на 8,7% от научно обоснованного норматива, рекомендуемого для нашей страны. Поэтому рынок техники для химической защиты растений в России в настоящее время является весьма привлекательным для продвижения продукции и развития производства. В России осуществляется производство опрыскивателей, но разработка и изготовление новой техники для защиты растений в большинстве случаев выполняются без учета современных достижений отечественной и зарубежной науки, международных стандартов, технологических и экологических требований. На примере стран Европейского союза авторы указывают на необходимость совершенствования российского законодательства в области защиты растений и контроля технического состояния опрыскивателей, а также разработки нормативных документов и утверждения регламентов, предусматривающих конструктивные, технологические и экологические требования к технике для защиты растений. При развитии производства средств механизации защиты растений приоритетными должны быть внедрение и совершенствование систем информатизации и автоматизации технологических процессов и отдельных систем с использованием современных отечественных и зарубежных научных разработок, направленные на повышение качества защиты растений и снижение уровня воздействия негативных факторов на окружающую среду.

**Ключевые слова:** защита растений, химическая защита растений, опрыскиватель, техническое средство для защиты растений, технический регламент.

**Формат цитирования:** Старостин И.А., Ещин А.В. Современное состояние средств механизации химической защиты растений в России // Агроинженерия. 2021. № 2 (102). С. 23-31. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-2-23-31.

© Старостин И.А., Ещин А.В., 2021

