Информация об авторе

Бочарников Виктор Сергеевич, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (40002, Россия, Волгоград, проспект Университетский, 26), доктор технических наук, профессор, тел. 8 (8442) 41-17-84, e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru.

Боровиков Алексей Александрович, старший преподаватель кафедры «Гидротехнические сооружения и водоснабжение» УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» (213407, Республика Беларусь, г. Горки, улица Мичурина, 5), тел. (+375 44)764-60-19, e-mail: boral73@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-34

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF THE TECHNOLOGICAL PROCESSING OF SLOPE LAND TREATMENT WITH ANTI-EROSION WEAPON

S. A. Vasiliev^{1,2}, A. M. Lopotkin², A. A. Vasiliev²

¹Chuvash State University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary

²Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics, Knyaginino

Received 14.09.2021

Submitted 21.11.2021

The research was carried out under a grant from the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists, the project "Development and research of intelligent technologies and mechatronic systems for accurate ground scanning of the surface of sloping lands" No. MD-1198.2020.8, agreement No. 075-15-2020-228

Summary

In the scientific article, a mathematical model of the technological process of processing slope lands with an anti-erosion tool is developed, taking into account the differentiated impact of the working body on the soil according to information about the exposure of the treated area on a complex slope.

Abstract

Introduction. In the scientific article, a mathematical model of the technological process of processing slope lands with an anti-erosion tool is developed. The occurrence of critical conditions can occur with any traditional tillage on difficult slopes, when technological furrows are formed during the movement of a machine and tractor unit, where heavy rainfall is combined and concentrated, starting from the watershed line. In this case, on difficult slopes with a non-constant slope, it is necessary to determine the maximum permissible deviations of the direction of the main tillage relative to the isohypsum of the slope. **Object.** The purpose of the scientific work is to develop a mathematical model of the technological process of processing slope lands with an anti-erosion tool, taking into account the differentiated impact of the working part on the soil according to information about the exposure of the treated area on a complex slope. **Materials and methods.** When considering the movement of a tractor on a complex slope, the relationship of three angles is revealed: the angular parameter of the deviation of the longitudinal axis of the machine-tractor unit from the isohypsum of the slope; the longitudinal angular parameter of the tool slope and the transverse angular parameter of the tool slope along the isohypsum. Having considered the kinematics of the movement of the working part of the anti-erosion tool, we established the dependence of the angle of deviation of the vector of the absolute speed of the working part on the speed of the longitudinal movement of the machine. **Results and conclusion.** According to the developed dependencies, a mathematical model of the processing of complex slope lands with an active harrow as part of a machine-tractor unit was obtained, in which, on the one hand, the parameters of a complex slope were taken into account, and on the other, the parameters of the active harrow were taken into account. On the basis of a mathematical model of the processing of complex slope lands with an active harrow, particular cases of the location of the slope relative to the direction of movement of the machine-tractor unit are schematically presented, which establish various modes of its operation.

Key words: mathematical model, slope lands, anti-erosion tool, machine-tractor unit, active harrow.

Citation. Vasiliev S. A., Lopatkin A.M., Vasiliev A. A. Development of a mathematical model of the technological processing of slope land treatment with anti-erosion weapon. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 334-344 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-34.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.

УДК 631.31:519.87:631.613

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫМ ОРУДИЕМ

С. А. Васильев^{1,2}, доктор технических наук

А. М. Лопоткин², старший преподаватель

А. А. Васильев², кандидат технических наук

¹Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, Чебоксары

²Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, г. Княгинино

Дата поступления в редакцию 14.09.2021

Дата принятия к печати 21.11.2021

Исследование выполнено по гранту Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых, проект «Разработка и исследование интеллектуальных технологий и мехатронных систем точного наземного сканирования поверхности склоновых земель» № МД-1198.2020.8, соглашение № 075-15-2020-228

Актуальность. В статье разработана математическая модель технологического процесса обработки склоновых земель противоэрозионным орудием. Возникновение критических условий может осуществиться при любой традиционной обработке почвы на сложных склонах, когда формируются технологические борозды при перемещении машинно-тракторного агрегата, где соединяются и концентрируются ливневые осадки начиная с водораздельной линии. В таком случае на сложных склонах с непостоянным уклоном необходимо определять предельно допустимые отклонения направления основной обработки почвы относительно изогипс склона. **Объект.** Целью научной работы является разработка математической модели технологического процесса обработки склоновых земель противоэрозионным орудием с учетом дифференцированного воздействия рабочего органа на почву в соответствии с информацией об экспозиции обрабатываемого участка на сложном склоне. **Материалы и методы.** При рассмотрении движения трактора на сложном склоне выявлена взаимосвязь трех углов: угловой параметр отклонения продольной оси машинно-тракторного агрегата от изогипсы склона; продольный угловой параметр уклона орудия и поперечный угловой параметр уклона орудия по изогипсе. Рассмотрев кинематику движения рабочего органа противоэрозионного орудия, установили зависимость угла отклонения вектора абсолютной скорости рабочего органа от скорости продольного перемещения машины. **Результаты и выводы.** По разработанным зависимостям получили математическую модель обработки сложных склоновых земель активной бороной в составе машинно-тракторного агрегата, в которой, с одной стороны, учтены параметры сложного склона, а с другой, – учитываются параметры активной бороны. На основе математической модели обработки сложных склоновых земель активной бороной схематически представлены частные случаи расположения склона относительно направления движения МТА, устанавливающие различные режимы его работы.

Ключевые слова: математические модели, склоновые земли, противоэрозионные орудия, машинно-тракторные агрегаты, активная борона.

Цитирование. Васильев С. А., Лопоткин А. М., Васильев А. А. Разработка математической модели технологического процесса обработки склоновых земель противоэрозионным орудием. *Известия НВ АУК.* 2021. 4 (64). 334-344. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-34.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Известные способы основной обработки почвы в пределах заданной территории землепользования достаточно часто не отвечают требованиям по защите земель от эрозионных процессов [11, 15, 16, 17]. Одной из причин существенного проявления эрозии почвы является недостаточный учет основных агротехнических требований к ее обработке на склонах [1, 2, 4, 8, 9, 10, 19]. В то же время с учетом этих явлений в течение всего вегетационного периода необходимо мониторить благоприятные условия произрастания растений начиная сразу после основной обработки земли [3, 18].

Известные научные исследования по реализации агротехнических противоэрозионных технологий подтверждают случаи повышения интенсивности эрозионных процессов при движении агрегата под некоторым углом к изогипсам склоновых земель [20, 21]. Возникновение критических условий может осуществиться при любой традиционной обработке почвы на сложных склонах, когда формируются технологические борозды при перемещении машинно-тракторного агрегата, где соединяются и концентрируются ливневые осадки, начиная с водораздельной линии [7, 12, 13, 14]. В таком случае на сложных склонах с непостоянным уклоном необходимо определять предельно допустимые отклонения направления основной обработки почвы относительно изогипс склона.

Объект исследования. Целью научной работы является разработка математической модели технологического процесса обработки склоновых земель противоэрозионным орудием с учетом дифференцированного воздействия рабочего органа на почву по информации об экспозиции обрабатываемого участка на сложном склоне.

Материалы и методы. Рассмотрим технологический процесс обработки почвы противоэрозионным орудием на сложном склоне (рисунок 1).

Выделим основные углы наклона поверхности почвы в продольной и поперечной плоскостях относительно изогипс склона. По проекции на горизонтальную плоскость участка поверхности почвы, где в данный момент выполняется обработка почвы противоэрозионным орудием, установим угловой параметр отклонения от изогипсы склона продольной оси машинно-тракторного агрегата; продольный угловой параметр уклона орудия по изогипсе и поперечный угловой параметр уклона орудия по изогипсе.

Опираясь на теоретические исследования Васильева С.А. при рассмотрении движения трактора на сложном склоне [5, 6, 22, 23], получим взаимосвязь отмеченных углов в виде следующей формулы:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta}. \quad (1)$$

Применяя формулу (1), можно определить угол отклонения направления движения противоэрозионного орудия от горизонтали склоновых земель по поперечному и продольному углам наклона.

Все эти особенности с учетом агротехнических требований обработки почвы склоновых земель по созданию особенного микрорельефа дневной поверхности почвы предопределяют перспективное направление реализации контурной обработки почвы активными рабочими органами противоэрозионных машин.

Рисунок 1 – Технологический процесс обработки противозерозионным орудием склоновых земель: *a* – размещение обрабатываемого участка (загона) на сложном склоне; *б* – расположение противозерозионного орудия на дневной поверхности почвы

Figure 1 – Technological process of processing slope lands with an anti-erosion tool: *a* – placement of the treated area (paddock) on a complex slope; *b* – the location of the anti-erosion tool on the day surface of the soil

Нами разработано активное противозерозионное орудие для реализации основной обработки почвы на сложных склоновых землях в машинно-тракторном агрегате «Трактор + Плуг + Противозерозионное орудие» (рисунок 2).

Рисунок 2 – Общий вид машинно-тракторного агрегата с противозерозионным орудием

Figure 2 – General view of the machine-tractor unit with an anti-erosion tool

Рассмотрим кинематику движения рабочего органа противоэрозионного орудия (рисунок 3). В процессе работы рабочий орган участвует в поступательном движении вместе с машинно-тракторным агрегатом и в поперечном движении на ширину орудия. Тогда по закону движения точки представим систему уравнений движения зуба активной борона:

$$\begin{cases} x = V_M t, \\ y = V_{II} t, \end{cases} \quad (2)$$

где x – перемещение точки по оси OX , м; y – перемещение по оси OY в пределах ширины орудия от $B/2$ до $B/2$, м; V_M – продольная скорость рабочего органа, которую можно приравнять к скорости перемещения машины, м/с; t – время, с; V_{II} – поперечная скорость перемещения рабочего органа, м/с.

Рисунок 3 – Схема к расчету взаимодействия рабочего органа орудия с почвенными агрегатами на сложном склоне: а – в декартовой системе; б – скоростные параметры

Figure 3- Scheme for calculating the interaction of the working body of the tool with soil aggregates on a complex slope: a - in the cartesian system; b – speed parameters

Для расчета величины абсолютного перемещения рабочего органа воспользуемся известным выражением:

$$S = \sqrt{x^2 + y^2} = t \sqrt{V_M^2 + V_{II}^2}, \quad (3)$$

где S – абсолютное перемещение зуба, м.

Исходя из выражения (3), определив продольную и поперечную составляющие скорости движения точки O , расположенной на планке цепи орудия (рисунок 3б), получим абсолютную скорость рабочего органа V_3 по выражению:

$$V_3 = \sqrt{V_M^2 + V_{II}^2}, \quad (4)$$

где V_3 – абсолютная скорость рабочего органа, м/с.

С учетом того что поперечную скорость рабочего органа можно приравнять к скорости перемещения цепи орудия и определить ее по числу зубьев на ведущей звездочки – z , шагу звеньев в цепи и частоте вращения звездочки – n , примем следующее выражение, представленное в работе [6]:

$$V_{II} = z \cdot d_{\partial} \cdot \sin\left(\frac{180}{z}\right) \cdot n. \quad (5)$$

Откуда абсолютная скорость рабочего органа орудия по (4) будет равна:

$$V_3 = \sqrt{V_M^2 + \left(z \cdot d_{\partial} \cdot \sin\left(\frac{180}{z}\right) \cdot n\right)^2}. \quad (6)$$

Исходя из расчетной схемы взаимодействия рабочего органа орудия с почвенными агрегатами на сложном склоне (рисунок 3б) угол отклонения определим по выражению:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{V_{II}}{V_M}, \quad (7)$$

где γ – угол отклонения скорости рабочего органа от скорости перемещения машины, град.

Тогда с учетом выражения (6) итоговое выражение по определению угла отклонения рабочего органа разработанного противозерозионного орудия от продольной оси трактора будет выглядеть следующим образом:

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{z \cdot d_{\partial} \cdot \sin\left(\frac{180}{z}\right) \cdot n}{V_M}. \quad (8)$$

Результаты и обсуждение. Рассматривая уравнение (8) применительно к сложному склону, констатируем, что оно не раскрывает величину изменения угла отклонения скорости рабочего органа относительно продольной оси машины в процессе обработки почвы. Последнее, как известно, определяется по выражению (1), при известных значениях поперечного и продольного угла наклона противозерозионного орудия от горизонтали склоновых земель. Приравняем выражения (1) и (8) и выразим в виде следующего уравнения:

$$\frac{z \cdot d_{\partial} \cdot \sin\left(\frac{180}{z}\right) \cdot n}{V_M} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta}. \quad (9)$$

Выражение (9) представляет собой математическую модель обработки сложных склоновых земель активной бороной в составе машинно-тракторного агрегата. С одной стороны, в этой модели определены параметры сложного склона, с другой, – установлены параметры активной бороны.

Рассмотрим на основе математической модели обработки сложных склоновых земель активной борой частные случаи расположения склона относительно направления движения МТА, устанавливающие различные режимы работы (рисунок 4).

Применительно оси продольного уклона принимаем положительное значение угла α при совпадении вектора направления движения МТА с вектором направления уклона поверхности, а отрицательное значение – если векторы противоположно направлены (частные случаи 5 и 6 соответственно).

В свою очередь, применительно оси поперечного уклона при наклоне МТА вправо относительно направления движения условно принимаем значения угла β положительными, а влево – отрицательными.

В дальнейшем можно преобразовать математическую модель для каждого частного случая расположения склона относительно направления движения МТА и представить ее в виде модифицированных уравнений.

Рисунок 4 – Общая схема частных случаев расположения склона относительно направления движения МТА в локальной системе координат

Figure 4 – General scheme of special cases of the slope location relative to the direction of movement of the MTA in the local coordinate system

Выводы. Таким образом, при рассмотрении движения машины на сложном склоне выявлена взаимосвязь трех углов: угловой параметр отклонения продольной оси машинно-тракторного агрегата от изогипсы склона; продольный угловой параметр уклона орудия и поперечный угловой параметр уклона орудия по изогипсе. Рассмотрев кинематику движения рабочего органа противозерозионного орудия, установили зависимость угла отклонения абсолютной скорости рабочего органа от скорости продольного перемещения машины. По разработанным зависимостям получили математиче-

скую модель обработки сложных склоновых земель активной бороной в составе машинно-тракторного агрегата, в которой, с одной стороны, учтены параметры сложного склона, а с другой, – учитываются параметры активной бороны. Математическая модель позволит рассчитать режимы работы МТА с учетом дифференцированного воздействия рабочего органа на почву по информации об экспозиции обрабатываемого участка на сложном склоне.

Библиографический список

1. Алексеев В. В., Максимов И. И. Применение элементов fuzzy logic при оценке влагообеспеченности в системе растение-почва-воздух // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 2 (49). С. 62-66.
2. Алексеев В. В., Максимов И. И., Мишин П. В. Изучение влияния механического воздействия на скорость и объем поглощения влаги почвой // Вестник НГИЭИ. 2018. № 7 (86). С. 18-28.
3. Алексеев В. В., Краснов В. К. Проблема выбора значимых объясняющих переменных в эконометрических исследованиях // Вестник Российского университета кооперации. 2016. № 4 (26). С. 11-14.
4. Васильев С. А., Васильев А. А., Затылков Н. И. Противозрозионная контурная обработка почвы машинно-тракторными агрегатами на агроландшафтах склоновых земель // Вестник НГИЭИ. 2018. № 5 (84). С. 43-54.
5. Васильев С. А., Затылков Н. И. Теоретические предпосылки для реализации контурной обработки почвы склоновых земель активным шнековым орудием // Природообустройство. 2019. № 3. С. 54-61.
6. Васильев С. А., Лопоткин А. М., Васильев А. А. Обоснование и выбор конструктивно-технологических параметров активной бороны для контурной обработки почвы склоновых земель // Вестник НГИЭИ. 2019. № 6 (97). С. 106-116.
7. Дмитриев А. Н., Васильев С. А. Результаты почвенно-мелиоративных исследований при реконструкции межхозяйственной оросительной системы «Дружба» Чувашской Республики // Теоретический и научно-практический журнал «Мелиорация и водное хозяйство». 2016. № 2. С. 17-21.
8. Журавель В. Ф. Обоснование технологии противозрозионной обработки почв с учетом методов прогнозирования стока и использования машинных комплексов // Труды Ставропольского НИИСХ. Ставрополь, 1982. С. 78-91.
9. Заславский М. Н. Эрозиоведение. Основы противозрозионного земледелия : учебник для геогр. и почв. спец. вузов. М.: Высшая школа, 1987. 376 с.
10. Каштанов А. Н., Заславский М. Н. Почвоводоохранное земледелие. М.: Россельхозиздат, 1984. 14 с.
11. Кормициков А. Д., Максимов И. И. Исследование и внедрение орудий для безотвальной обработки почвы: отчет по теме 03.13.9. Гос. рег. № 79037347; инв. № Б 855422. Чебоксары, 1980. Т. 1. 87 с.
12. Макарова М. С., Зацаринный В. А. Рекомендации по вспашке почвы на склонах плугами общего назначения // Вестник аграрной науки Дона. 2012. № 4 (20). С. 22-29.
13. Максимов И. И. Оценка эффективности функционирования системы машина-почва-растение // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 11. С. 28-34.
14. Моделирование технологического процесса обработки почвы на склоновых агроландшафтах / С. Г. Мударисов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11. № 1 (39). С. 87-91.
15. Рахимов З. С., Мударисов С. Г., Рахимов И. Р. Возникновение механической эрозии почвы на склоновых полях и пути ее снижения // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 3 (50). С. 96-102.
16. Совершенствование технологического процесса обработки почвы, снижающего водную и технологическую эрозию на склоновых землях / Н. М. Соколов [и др.] // Успехи современного естествознания. 2018. № 11-2. С. 299-304.

17. Сурмач Г. П. Водная эрозия и борьба с ней. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 254 с.
18. Alekseev E. P., Vasilyev S. A., Maksimov I. I. Investigation of seed uniformity under field and laboratory conditions // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018. № 450. 062008.
19. Alekseev V. V., Vasilyev S. A. Application of fuzzy logic elements under the moisture supply evaluation in the plant-soil-air system // Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference "Fuzzy Technologies in the Industry – FTI 2018". CEUR Workshop Proceedings, 2018. 2-s2.0-85058147549.
20. Development of a criteria-based approach to agroecological assessment of slope agrolandscapes / V. Alekseev [et al.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2018. Vol. 6. № 10 (96). P. 28-34.
21. Simulation of Channel Development on the Surface of Agrolandscapes on Slopes / I. I. Maksimov [et al.] // Eurasian Soil Science. 2016. Vol. 49. №. 4. P. 475-480.
22. Study of features of differentiated soil treatment by machine-tractor units on agricultural landscapes of slope lands / S. A. Vasilyev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. P. 52007.
23. Study of the relation between the modes of contour anti-erosion tillage of slope agricultural landscapes and the spatial location of the machine-tractor aggregate / S. A. Vasilyev [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. P. 62042.

Conclusions. Conclusions. Thus, when considering the movement of the machine on a complex slope, the relationship of three angles is revealed: the angular parameter of the deviation of the longitudinal axis of the machine-tractor unit from the slope isogypse; the longitudinal angular parameter of the tool slope and the transverse angular parameter of the tool slope along the isogypse. Let's consider the kinematics of the movement of the working body of an anti-erosion tool, we have established the dependence of the angle of deviation of the absolute speed of the working body on the speed of the longitudinal movement of the machine. According to the developed dependencies, we have obtained a mathematical model of processing complex slope lands with an active harrow as part of a machine-tractor unit, in which, on the one hand, the parameters of a complex slope are taken into account, and on the other, the parameters of an active harrow are taken into account. The mathematical model will allow us to calculate the operating modes of the MTA, taking into account the differentiated impact of the working body on the soil based on information about the exposure of the treated area on a complex slope.

References

1. Alekseev V. V., Maksimov I. I. Primenenie elementov fuzzy logic pri ocenke vlagobespechennosti v sisteme rastenie-pochva-vozduh // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. Vol. 13. № 2 (49). P. 62-66.
2. Alekseev V. V., Maksimov I. I., Mishin P. V. Izuchenie vliyaniya mehanicheskogo vozdejstviya na skorost' i ob'em pogloscheniya vlagi pochvoj // Vestnik NGIJeI. 2018. № 7 (86). P. 18-28.
3. Alekseev V. V., Krasnov V. K. Problema vybora znachimyh ob'yasnyayuschih peremennyh v jekonometricheskikh issledovaniyah // Vestnik Rossijskogo universiteta kooperacii. 2016. № 4 (26). P. 11-14.
4. Vasil'ev S. A., Vasil'ev A. A., Zatytkov N. I. Protivojerozionnaya konturnaya obrabotka pochvy mashinno-traktornymi agregatami na agrolandshaftah sklonovyh zemel' // Vestnik NGIJeI. 2018. № 5 (84). P. 43-54.
5. Vasil'ev S. A., Zatytkov N. I. Teoreticheskie predposylki dlya realizacii konturnoj obrabotki pochvy sklonovyh zemel' aktivnym shnekovym orudiem // Prirodoobustrojstvo. 2019. № 3. P. 54-61.

6. Vasil'ev S. A., Lopotkin A. M., Vasil'ev A. A. Obosnovanie i vybor konstruktivno-tehnologicheskikh parametrov aktivnoj borony dlya konturnoj obrabotki pochvy sklonovykh zemel' // Vestnik NGIJeI. 2019. № 6 (97). P. 106-116.
7. Dmitriev A. N., Vasil'ev S. A. Rezul'taty pochvenno-meliorativnykh issledovaniy pri rekonstrukcii mezhhozyajstvennoj orositel'noj sistemy "Druzhba" Chuvashskoj Respubliki // Teoreticheskij i nauchno-prakticheskij zhurnal "Melioraciya i vodnoe hozyajstvo". 2016. № 2. P. 17-21.
8. Zhuravel' V. F. Obosnovanie tehnologii protivojerozionnoj obrabotki pochv s uchedom metodov prognozirovaniya stoka i ispol'zovaniya mashinnykh kompleksov // Trudy Stavropol'skogo NIISX. Stavropol', 1982. P. 78-91.
9. Zaslavskij M. N. Jeroziovedenie. Osnovy protivojerozionnogo zemledeliya : uchebnik dlya geogr. i pochv. spec. vuzov. M.: Vysshaya shkola, 1987. 376 p.
10. Kashtanov A. N., Zaslavskij M. N. Pochvovodoohrannoe zemledelie. M.: Rossel'hozizdat, 1984. 14 p.
11. Kormschikov A. D., Maksimov I. I. Issledovanie i vnedrenie orudij dlya bezotval'noj obrabotki pochvy: otchet po teme 03.13.9. Gos. reg. № 79037347; inv. № B 855422. Cheboksary, 1980. Vol. 1. 87 p.
12. Makarova M. S., Zacarinnij V. A. Rekomendacii po vspashke pochvy na sklonah plugami obshchego naznacheniya // Vestnik agrarnoj nauki Dona. 2012. № 4 (20). P. 22-29.
13. Maksimov I. I. Ocenka jeffektivnosti funkcionirovaniya sistemy mashina-pochva-rastenie // Traktory i sel'hozmashiny. 2013. № 11. P. 28-34.
14. Modelirovanie tehnologicheskogo processa obrabotki pochvy na sklonovykh agrolandshaftah / S. G. Mudarisov [i dr.] // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. V. 11. № 1 (39). P. 87-91.
15. Rahimov Z. S., Mudarisov S. G., Rahimov I. R. Vozniknovenie mehanicheskoy jrozii pochvy na sklonovykh polyah i puti ee snizheniya // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. Vol. 13. № 3 (50). P. 96-102.
16. Sovershenstvovanie tehnologicheskogo processa obrabotki pochvy, snizhayushchego vodnuyu i tehnologicheskuyu jeroziyu na sklonovykh zemlyah / N. M. Sokolov [i dr.] // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2018. № 11-2. P. 299-304.
17. Surmach G. P. Vodnaya jeroziya i bor'ba s nej. L.: Gidrometeoizdat, 1976. 254 p.
18. Alekseev E. P., Vasilyev S. A., Maksimov I. I. Investigation of seed uniformity under field and laboratory conditions // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018. № 450. 062008.
19. Alekseev V. V., Vasilyev S. A. Application of fuzzy logic elements under the moisture supply evaluation in the plant-soil-air system // Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference "Fuzzy Technologies in the Industry – FTI 2018". CEUR Workshop Proceedings, 2018. 2-s2.0-85058147549.
20. Development of a criteriabased approach to agroecological assessment of slope agrolandscapes / V. Alekseev [et al.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2018. Vol. 6. № 10 (96). P. 28-34.
21. Simulation of Channel Development on the Surface of Agrolandscapes on Slopes / I. I. Maksimov [et al.] // Eurasian Soil Science. 2016. Vol. 49. №. 4. P. 475-480.
22. Study of features of differentiated soil treatment by machine-tractor units on agricultural landscapes of slope lands / S. A. Vasilyev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. P. 52007.
23. Study of the relation between the modes of contour anti-erosion tillage of slope agricultural landscapes and the spatial location of the machine-tractor aggregate / S. A. Vasilyev [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. P. 62042.

Authors Information

Vasiliev Sergey Anatolyevich, Head of the Department of Applied Mechanics and Graphics of the I. N. Ulyanov Chuvash State University (15 Moskovsky Prospekt, Cheboksary, Chuvash Republic, Russian Federation), Professor of the Department of Technical Maintenance, Transportation Organization and Transport Management, Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3346-7347> E-mail: vsa_21@mail.ru

Lopotkin Alexey Mikhailovich, Senior Lecturer of the Department "Maintenance, Organization of Transportation and Transport Management" Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics (22a Oktyabrskaya str., Knyaginino, Nizhny Novgorod Region, Russian Federation) E-mail: alexei-lopotkin@yandex.ru

Vasiliev Alexey Anatolyevich, Head of the Department "Maintenance, Organization of transportation and Transport Management" Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics (Russian Federation, Nizhny Novgorod Region, Knyaginino, Oktyabrskaya str., 22a), Candidate of Technical Sciences

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7621-748X> E-mail: alexei.21@mail.ru

Информация об авторах

Васильев Сергей Анатольевич, заведующий кафедрой «Прикладная механика и графика» Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова (РФ, Чувашская Республика, г. Чебоксары, Московский проспект, 15), профессор кафедры «Техническое обслуживание, организация перевозок и управление на транспорте» Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, (РФ, Нижегородская область, г. Княгинино, ул. Октябрьская, д. 22а), доктор технических наук, доцент. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3346-7347> E-mail: vsa_21@mail.ru

Лопоткин Алексей Михайлович, старший преподаватель кафедры «Техническое обслуживание, организация перевозок и управление на транспорте» Нижегородский государственный инженерно-экономический университет (РФ, Нижегородская область, г. Княгинино, ул. Октябрьская, д. 22а) E-mail: alexei-lopotkin@yandex.ru

Васильев Алексей Анатольевич, заведующий кафедрой «Техническое обслуживание, организация перевозок и управление на транспорте» Нижегородский государственный инженерно-экономический университет (РФ, Нижегородская область, г. Княгинино, ул. Октябрьская, д. 22а), кандидат технических наук

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7621-748X> E-mail: alexei.21@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-35

PROSPECTS OF IMPROVEMENT OF VARIETY AGRO-TECHNICS OF CULTIVATION OF RICE ON THE BASIS OF REGULATION OF THE HYDROTHERMAL VEGETATION MODE

Yu. P. Dobrachev, E.V. Fedotova

Federal State Budget Science Center «All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov», Moscow

Received 24.06.2021

Submitted 22.09.2021

Summary

The article presents an analysis of the temperature regime indicators by the phases of growth and development of rice grown in the climatic conditions of the Lower Kuban. Statistical processing of the results of factor analysis of the dependence of the yield value on the temperature factor in different phases of rice growth and development was carried out.

Abstract

Introduction. The task of increasing the yield of rice can be solved through the use of differentiated varietal agricultural technology, taking into account the biological characteristics and requirements of varieties for growing conditions. One of the reserves for further improvement of agricultural technology for growing rice is the task of harmonizing the varietal requirements of the crop for the hydrothermal growing regime during the entire growing season. This approach presupposes active regulation of the water and the associated temperature regime of developing rice crops based on monitoring the morphobiological and agrophysical parameters in order to form the optimal component-wise structure of the