

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО  
AGRONOMY, FORESTY AND WATER MANAGEMENT

---

Научная статья

УДК 631.432.4:631.674.5

DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-15-22

**ЭРОЗИОННО-ДОПУСТИМЫЕ НОРМЫ ПОЛИВА НА ЮЖНЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ  
ПРИ ДОЖДЕВАНИИ**

Афрасим Баширович Балкизов<sup>✉1</sup>, Анатолий Сергеевич Сасиков<sup>2</sup>,  
Батыр Хаширович Амшоков<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова,  
пр. Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

<sup>✉1</sup>afrasim\_1960@mail.ru

<sup>2</sup>rufus1972@mail.ru

<sup>3</sup>ambat72@mail.ru

**Аннотация.** Существующий в настоящее время традиционный подход к расчету водопотребления сельскохозяйственных культур основан на дефиците влажности почвы, при котором поливную норму определяют с учетом степени иссушения почвы к моменту полива, ее водно-физических свойств, глубины промачивания и техники полива. Определение в последующем элементов техники полива дождеванием базируется на полученной поливной норме без учета прочностных свойств почвы, ее устойчивости к воздействию энергии искусственного дождя, а также возможности возникновения эрозионных процессов. Однако практика орошения дождеванием в различных природно-климатических зонах страны показывает, что одной из основных проблем дождевания является образование поверхностного, неуправляемого стока воды при поливах, который приводит к ирригационной эрозии почвы, потере воды на сток и глубокой очаговой инфильтрации, что, в свою очередь, ухудшает мелиоративное состояние орошаемой территории, а в конечном итоге – к значительному снижению эффективности дождевания и его экологической безопасности.

Методика оценки применения дождевальных устройств в зависимости от почвенных условий, основанная на сравнении средней интенсивности (слоя) дождя со скоростью впитывания (слоем) впитавшейся воды за период полива на одной позиции не обеспечивает исключения этих негативных последствий при дождевании.

Установлено, что при обосновании эрозионно-допустимых норм полива в качестве критерия оценки впитывания воды в почву следует использовать показатель свободной (безнапорной) водопроницаемости, который зависит от крупности капель дождя и его интенсивности.

**Ключевые слова:** эрозионно-допустимая поливная норма, интенсивность дождя, предполивная влажность, южные черноземы, водопроницаемость

**Для цитирования.** Балкизов А.Б., Сасиков А.С., Амшоков Б.Х. Эрозионно-допустимые нормы полива на южных черноземах при дождевании // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2022. 1(35). С. 15–22.

DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-15-22

Research Article

## EROSION-PERMISSIBLE IRRIGATION NORMS ON SOUTHERN CHERNOZEMS DURING SPRINKLING

Afrasim B. Balkizov<sup>✉1</sup>, Anatoly S. Sasikov<sup>2</sup>, Batyr H. Amshokov<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Lenin Avenue, 1v,  
Nalchik, Russia, 360030

<sup>✉1</sup>afasim\_1960@mail.ru

<sup>2</sup>rufus1972@mail.ru

<sup>3</sup>ambat72@mail.ru

**Abstract.** The currently existing traditional approach to calculating the water consumption of agricultural crops is based on a shortage of soil moisture, in which the irrigation rate is determined taking into account the degree of desiccation of the soil at the time of irrigation, its water-physical properties, the depth of soaking and irrigation techniques. The subsequent determination of the elements of sprinkling irrigation technique is based on the obtained irrigation rate without taking into account the strength properties of the soil, its resistance to the effects of artificial rain energy, as well as the possibility of erosion processes. However, the practice of sprinkling irrigation in various climatic zones of the country shows that one of the main problems of sprinkling is the formation of surface, uncontrolled water runoff during irrigation, which leads to irrigation erosion of the soil, loss of water to runoff and deep focal infiltration, which, in turn, worsens the reclamation condition of the irrigated area, and ultimately – to a significant decrease in the effectiveness of sprinkling and its environmental safety.

The methodology for assessing the use of sprinkler devices depending on soil conditions, based on comparing the average intensity (layer) of rain with the rate of absorption (layer) of absorbed water during the irrigation period in one position does not exclude these negative consequences during sprinkling.

It is established that when justifying erosion-permissible irrigation norms, the indicator of free (non-pressure) water permeability, which depends on the size of raindrops and its intensity, should be used as a criterion for assessing water absorption into the soil.

**Keywords:** erosion-permissible irrigation rate, rain intensity, pre-irrigation humidity, southern chernozems, water permeability

**For citation.** Balkizov A.B., Sasikov A.S., Amshokov B.H. Erosion-permissible irrigation rates on southern chernozems during sprinkling. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova* [Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov]. 2022; 1(35):15–22. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-15-22

---

**Введение.** Традиционный подход по расчету водопотребления сельскохозяйственных культур основан на дефиците влажности почвы, при котором поливную норму определяют с учетом степени иссушения почвы к моменту полива, ее водно-физических свойств, глубины промачивания и техники полива. Определение в последующем элементов техники полива дождеванием базируется на полученной поливной норме без учета прочностных свойств почвы, ее устойчивости к воздействию энергии искусственного дождя, а

также возможности возникновения эрозионных процессов.

Между тем, как показывает практика орошения дождеванием в различных природно-климатических зонах страны, одна из основных проблем дождевания – образование неуправляемого стока воды при поливах, приводящее к ирригационной эрозии почвы, потеря воды на сток и глубокой очаговой инфильтрации, ухудшению мелиоративного состояния орошаемой территории, а в конечном итоге – к значительному снижению эффек-

тивности дождевания и его экологической безопасности.

Обширные исследования, выполненные по установлению эрозионной опасности орошения, свидетельствуют о катастрофических последствиях эрозионных процессов. Ущерб, причиняемый эрозионными процессами почвам, значительно больше, а ликвидация их негативных последствий гораздо сложнее аналогичных явлений, сопутствующих мелиоративно неблагоприятным территориям. Последние путем проведения специальных мероприятий могут быть возвращены к сельскохозяйственному использованию через 3-5 лет, тогда как эродированные почвы восстанавливают смытый слой только через 30-50 лет. Все это обуславливает необходимость установления не столько агротехнических норм полива (обеспечивающие промачивание всего корнеобитаемого слоя почвы), сколько эрозионно-допустимых поливных норм (ЭДПН), т.е. введения экологического ограничения.

Рекомендуемая в некоторых работах [1, 2] методика оценки применения дождевальных устройств в зависимости от почвенных условий основана на сравнении средней интенсивности или слоя дождя со скоростью впитывания или слоем впитавшейся воды за период полива на одной позиции. При этом скорость впитывания воды при дождевании принимают на 15-30% меньше скорости напорного впитывания, определяемую методом затопления площадок или по формуле А.Н. Костякова [3]:

$$W_t = \frac{k_1}{t^\alpha}, \quad (1)$$

где:

$k_1$  – скорость впитывания в конце первой единицы времени, м/час;

$\alpha$  – показатель степени, характеризующий изменение скорости впитывания и зависящий от механического состава почв, ее водно-физических свойств, влажности и др;

$t$  – время, час.

При напорном впитывании воды в почву скорость впитывания зависит больше, при прочих равных условиях, от поддерживаемого слоя воды на поверхности почвы, в то время как на впитывание воды при дождевании, а, следовательно, и на величину досточковой

поливной нормы (эрозионно-допустимой поливной нормы) оказывают влияние энергетические параметры дождя – крупность капель и интенсивность.

Поэтому при обосновании эрозионно-допустимых норм полива более обоснованным является, на наш взгляд, подход, который в качестве критерия оценки впитывания воды в почву предусматривает использование показателя свободной (безнапорной) водопроницаемости  $P$  (мм), зависящий от крупности капель дождя и его интенсивности [4, 5]:

$$P = m_g \sqrt{i} e^{0.5d}, \quad (2)$$

где:

$m_g$  – эрозионно-допустимая поливная норма, мм;

$i$  – интенсивность дождя, мм/мин;

$d$  – крупность капель дождя, мм;

$e$  – основание натурального логарифма.

Данная методика обуславливает определение параметров, входящих в уравнение (2) экспериментальным путем [6]. При этом микроплощадки размером  $9 \times 16$  м<sup>2</sup>, на которых расставляют дождемеры по квадратной сетке с шагом 1-1,5 м располагают таким образом, чтобы охватить зоны с различными энергетическими характеристиками дождя. Образование слоя воды вблизи каждого дождемера фиксируют визуально; время, прошедшее от начала полива, регистрируют секундомером. Дождемерный сосуд, вблизи которого появляется устойчивая лужа, выносятся из зоны дождя и замеряется находящийся в ней объем воды. В связи с тем, что структура искусственного дождя (интенсивность, крупность капель) неодинакова по площади полива, на разных участках через различные промежутки времени после начала дождевания образуется слой воды на почве и число дождемерных сосудов постепенно уменьшается. Опытный полив заканчивается, когда из зоны дождя выносятся последний дождемерный сосуд.

Крупность капель дождя определяют по известной методике [7] с помощью бумажных фильтров, предварительно натертых чернильным порошком. Для каждого фиксированного дождемера измеряются и рассчитываются:

1) объем осадков  $V$  ( $\text{см}^3$ ), выпавших до появления луж (замеряют мерным цилиндром);

2) продолжительность полива  $t$  (мин.) до появления луж;

3) интенсивность дождя  $i = \frac{m_g}{t}$ , мм/мин,

где  $m_g$  – слой дождя, выпавших до появле-

ния луж, мм:  $m_g = \frac{10V}{\omega}$ , мм;

4) среднекубический диаметр капель дождя  $d_{cp}$ :  $d_{cp} = \sqrt{\frac{\sum d_i^3}{n}}$ , мм, где  $n$  – число

капель, учтенных в  $\sum d_i$ .

Для расчетов по формуле (2) применяется среднее арифметическое значение показателя  $P_{cp}$  из всех полученных величин:

$$P_{cp} = \frac{\sum P_i}{n}. \quad (3)$$

Проведенные нами исследования по описанной методике процессов впитывания дождя на южных тяжелосуглинистых черноземах с использованием широкозахватной дождевальной машины «Кубань-М» при возделывании люцерны позволили установить показатель безнапорной водопроницаемости и эрозионно-допустимые поливные нормы в зависимости от энергетических параметров дождя, уровня предполивной влажности почвы и ее объемной массы [8, 9].

Влияние уровня предполивной влажности и объемной массы южных черноземов на показатель безнапорной водопроницаемости и ЭДПН представлено в таблице 1.

Зависимость безнапорной водопроницаемости  $P$  и эрозионно-допустимой поливной нормы  $m_g$  от уровня предполивной влажности почвы приведена на рисунке 1.

Диапазон изменений уровня предполивной влажности почвы колебался от 65%НВ до 90%НВ.

Линейное убывание показателя безнапорной водопроницаемости почвы получено в виде экспоненциальной зависимости:

$$P = 158,5 \exp[2,72(-\gamma)], \quad (4)$$

где:

$\gamma$  – объемная масса почвы,  $\text{г}/\text{см}^3$ .

**Таблица 1.** Влияние предполивной влажности и объемной массы южных черноземов на показатель безнапорной водопроницаемости и ЭДПН

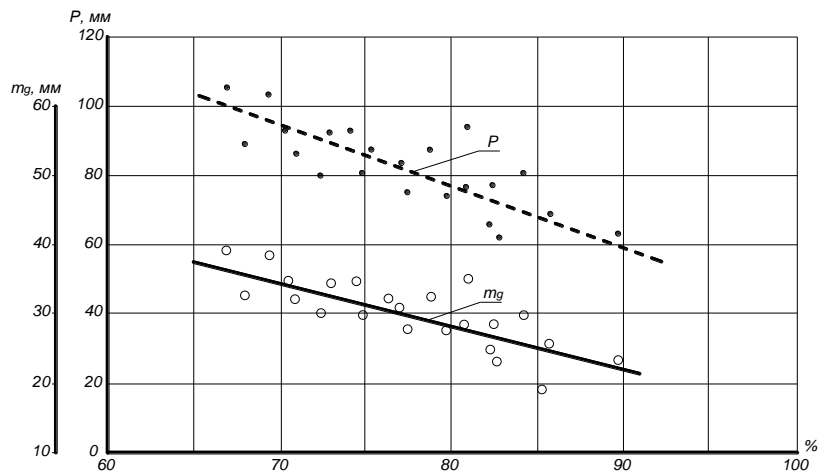
**Table 1.** The influence of the pre-soil humidity and the bulk mass southern chernozems on the effect of non-pressurised water permeability and EPIN

№№ п/п	Объемная масса почвы, $\text{г}/\text{см}^3$	Предполивная влажность почвы, %НВ	Показатель безнапорной водопроницаемости, $P$ , мм	ЭДПН, мм
1	1,22	67,0	104,9	39,0
2	1,25	68,0	87,4	32,5
3	1,24	82,3	65,6	24,4
4	1,21	82,5	76,9	28,6
5	1,18	75,4	86,9	32,3
6	1,22	70,4	92,8	34,5
7	1,35	72,4	79,9	29,7
8	1,27	74,8	80,2	29,8
9	1,16	78,8	86,9	32,3
10	1,38	80,8	52,4	19,5
11	1,16	85,7	68,9	25,6
12	1,23	89,7	63,5	23,6
13	1,12	81,0	93,9	34,9
14	1,19	74,2	93,1	34,6
15	1,31	85,3	51,9	19,3
16	1,12	84,2	80,2	29,8
17	1,48	69,4	64,0	23,0
18	1,25	70,9	86,1	32,0
19	1,16	73,0	92,0	34,2
20	1,50	77,0	46,8	17,4
21	1,45	79,8	42,2	15,7
22	1,32	77,4	74,5	27,7
23	1,36	82,7	62,1	23,1

Результаты исследований показывают, что с увеличением объемной массы почвы показатель безнапорной водопроницаемости уменьшается; соответственно уменьшается и величина эрозионно-допустимой поливной нормы. При объемной массе 1,1-1,2  $\text{г}/\text{см}^3$  ЭДПН составляет 40,2-32,8 мм (402-328  $\text{м}^3/\text{га}$ ), при ее увеличении до 1,5-1,6  $\text{г}/\text{см}^3$  ЭДПН уменьшается до 20,8-14,8 мм (208 – 148  $\text{м}^3/\text{га}$ ) [10].

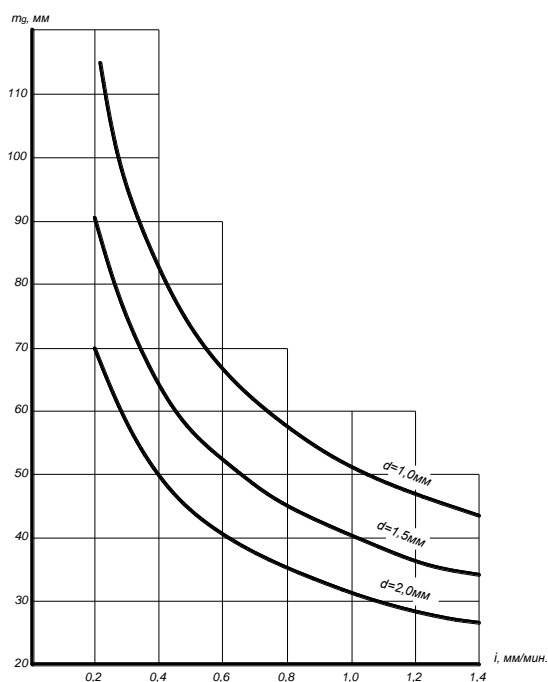
Зависимость эрозионно-допустимой поливной нормы (достоковой) от интенсивности дождя при различной крупности капель, приведенная на рисунке 2, показывает, что увеличение интенсивности дождя приводит

к уменьшению эрозионно-допустимой поливной нормы, при этом большему значению крупности капель дождя соответствует меньшее значение достоковой нормы.



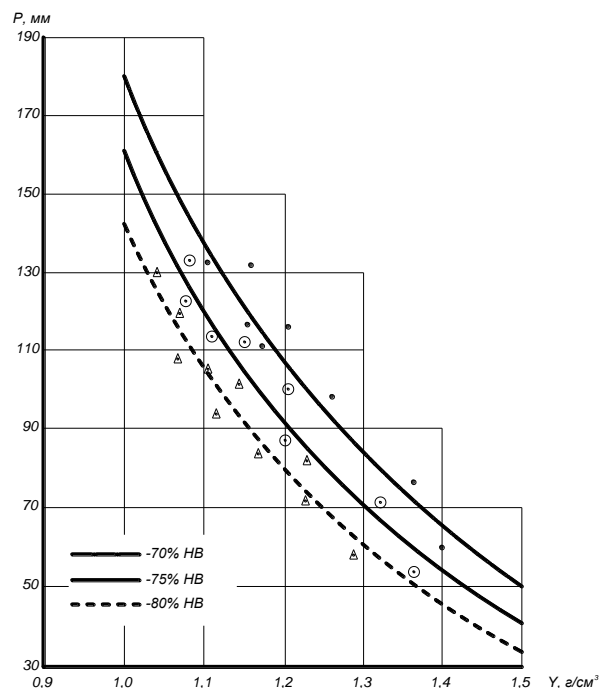
**Рисунок 1.** Зависимости безнапорной водопроницаемости  $P$  и эрозионно-допустимой поливной нормы  $m_g$  от уровня предполивной влажности почвы

**Figure 1.** Dependence of non-pressurised water  $P$  tightness of erosion permissible irrigation norm  $m_g$  on the of the preirrigation soil moisture



**Рисунок 2.** Зависимость эрозионно-допустимой поливной нормы  $m_g$  от интенсивности  $i$  и крупности капель  $d$  дождя

**Figure 2.** Dependence of erosion permissible irrigation norm  $m_g$  on the intensity  $i$  and size  $d$  rain drops



**Рисунок 3.** Зависимость показателя свободной водопроницаемости южных черноземов от объемной массы почвы

**Figure 3.** Dependence of the free water permeability indicator of the southern chernozems on the total mass of the soil

Зависимость показателя свободной водопроницаемости южных черноземов от объемной массы почвы приведена на рисунке 3.

**Заключение.** Обоснование эрозионно-допустимых поливных норм при дождевании, обеспечивающих исключение образования неуправляемого стока воды при поливах, приводящее к ирригационной эрозии почвы,

требует такого подхода, при котором в качестве критерия оценки впитывания воды в почву следует предусматривать использование показателя свободной (безнапорной) водопроницаемости  $P$  (мм), зависящего от крупности капель искусственного дождя и его интенсивности.

---

### Список источников литературы

1. Практикум по сельскохозяйственным гидротехническим мелиорациям / под ред. Е.С. Маркова. М.: Агропромиздат, 1986. 367 с.
2. Иванова О.И. Анализ эрозионных процессов на территории юга Красноярского края // Сб. научных трудов IX Международная научно-практическая конференция «Роль науки и технологий в обеспечении устойчивого развития АПК», Нальчик, 2021. С. 258–262.
3. Костяков А.Н. Основы мелиораций. М.: Сельхозгиз, 1960. 622 с.
4. Ерхов Н.С. Методика определения безнапорной водопроницаемости почв при дождевании // Почвоведение. 1975. № 9. С. 94–100.
5. Обумахов Д.Л., Шкура В.Н., Чураев А.А. Допустимые технологические параметры искусственного дождя при орошении дождеванием сельскохозяйственных угодий // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2016. № 1(21). С. 60–74.
6. Ерхов Н.С. О допустимой интенсивности дождя в различных почвенных условиях // Гидротехника и мелиорация. 1974. № 8. С.45–51.
7. Ерхов Н.С., Лямперт Г.П. Определение крупности капель дождя с помощью бумажных фильтров // Тракторы и сельхозмашины. 1974. № 10. С. 32–33.
8. Балкизов А.Б., Сасиков А.С. Задачи регулирования водного режима почв и особенности его формирования для южных черноземов // Сб. научных трудов VII Всероссийской научно-практической конференции «Инженерное обеспечение инновационного развития агропромышленного комплекса России». Нальчик, 2018. С. 35–37.
9. Балкизов А.Б. Регулирование водного режима южных черноземов Западной Сибири при орошении люцерны дождеванием: автореферат дис. ... канд. техн. наук, М., 1994. 21 с.
10. Балкизов А.Б., Сасиков А.С., Балкизов В.А., Сасиков Т.А. К вопросу оптимального увлажнения южных черноземов при орошении люцерны дождеванием // Сб. научных трудов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Инновационные решения в строительстве, природообустройстве и механизации сельскохозяйственного производства», Нальчик, 2021. С. 117–121.

### References

1. *Praktikum po sel'skohozyajstvennym gidrotekhnicheskim melioracijam* [Workshop on agricultural hydraulic reclamation]. Ed. E.S. Markov. M.: Agropromizdat, 1986. 367 p. (In Russ.)
2. Ivanov O.I. Analysis of erosion processes on the territory of the South of the Krasnoyarsk territory. *Sb. nauchnyh trudov IX Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Rol' nauki i tekhnologij v obespechenii ustojchivogo razvitiya APK»* [Sb. scientific papers IX International scientific and practical conference «The role of science and technology in ensuring the sustainable development of the agro-industrial complex»], Nalchik, 2021:258–262. (In Russ.)

3. Kostyakov A.N. *Osnovy melioracij* [The basics of reclamation]. Moscow: Sel'hozgiz, 1960. 622 с. (In Russ.)
4. Erkhov N.S. Methodology for determining non-pressure water permeability of soils during sprinkling. *Pochvovedenie* [Soil science]. 1975;9,94–100. (In Russ.)
5. Obumakhov D.L., Shkura V.N., Churaev A.A. Permissible technological parameters of artificial rain during irrigation by sprinkling of agricultural lands. *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii* [Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems], 2016;1(21),60–74. (In Russ.)
6. Erkhov N.S. On the permissible intensity of rain in various soil conditions. *Gidrotekhnika i melioraciya*. [Hydraulic engineering and melioration]. 1974;8:45–51. (In Russ.)
7. Erkhov N.S., Lampert G.P. Determination of the size of raindrops using paper filters. *Traktory i sel'hozmashiny*. [Tractors and agricultural machines]. 1974;10:32–33. (In Russ.)
8. Balkizov A.B., Sasikov A.S. The tasks of regulating the water regime of soils and the peculiarities of its formation for southern chernozems. *Sb. nauchnyh trudov VII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Inzhenernoe obespechenie innovacionnogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossii»*. [Collection of scientific papers of the VII All-Russian Scientific and practical Conference «Engineering support of innovative development of the agro-industrial complex of Russia»], Nal'chik, 2018:35–37. (In Russ.)
9. Balkizov A.B. *Regulirovanie vodnogo rezhima yuzhnyh chernozemov Zapadnoj Sibiri pri oroshenii lyucerny dozhdevaniem* [Regulation of the water regime of the southern chernozems of Western Siberia during irrigation of alfalfa by sprinkling]: avtoreferat dis. ... kand. tekhn. nauk, Moscow, 1994. 21 p. (In Russ.)
10. Balkizov A.B., Sazikov A.S., Balkizov V.A. et al. On the issue of optimal moistening of southern chernozems during irrigation of alfalfa by sprinkling. *Sb. nauchnyh trudov Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoj konferencii «Innovacionnye resheniya v stroitel'stve, prirodoobustrojstve i mekhanizacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva»* [Collection of scientific papers of the All-Russian (national) scientific-practical conference «Innovative solutions in construction, environmental management and mechanization of agricultural production»], Nal'chik, 2021, 117–121 (In Russ.)

---

#### Сведения об авторах

**Балкизов Афрасим Баширович** – кандидат технических наук, доцент кафедры природообустройства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код: 4015-8381, Author ID: 130593

**Сасиков Анатолий Сергеевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры природообустройства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код: 3609-3447, Author ID: 966297

**Амшоков Батыр Хаширович** – кандидат технических наук, доцент кафедры природообустройства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код: 3071-3850, Author ID: 1014810

### Information about the authors

**Afrasim B. Balkizov** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Environmental Management, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov», SPIN-code: 4015-8381, Author ID: 130593

**Anatoly S. Sasikov** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Environmental Management, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov», SPIN-code: 3609-3447, Author ID: 966297

**Batyr H. Amshokov** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Environmental Management, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov», SPIN-code: 3071-3850, Author ID: 1014810

---

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

**Author's contribution.** All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

---

*Статья поступила в редакцию 24.01.2022; одобрена после рецензирования 21.02.2022; принята к публикации 24.02.2022.*

*The article was submitted 24.01.2022; approved after reviewing 21.02.2022; accepted for publication 24.02.2022.*