

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.459:551.577

doi: 10.31774/2712-9357-2025-15-1-1-22

Особенности проявления эрозионных процессов при снеготаянии и выпадении ливневых дождей на юге России

Евгений Валерьянович Полуэктов¹, Георгий Трифонович Балакай²

¹Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова –
филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск,
Российская Федерация, geo@ngma.su

²Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация, rosniipm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8021-6853>

Аннотация. Цель исследования – установить особенности проявления эрозионных процессов при поверхностном стоке талых и дождевых вод. **Материалы и методы.** Исследования проводились на водосборе в пределах Приазовской наклонной равнины (центральная часть Ростовской области). Использовались общепринятые методы исследования на временных и стационарных стоковых площадках. Для учета слоя дождя использовались стандартные дождемеры и мерные сосуды. Смыв почвы определялся по объему водоразбора и по мутности стекающей воды. Свойства почвы определялись общепринятыми в почвоведении и земледелии методами. **Результаты исследований.** За период наблюдений с 1970 по 2024 г. установлено, что на сток талых вод влияют запасы влаги в снеге, глубина промерзания почвы, температурный режим в период таяния снега. Сток талых вод возникает при промерзании почвы на глубину 25–30 см и запасах воды в снеге до 20–50 мм. Коэффициент стока колеблется в пределах 0,1–0,8 при среднем значении 0,4. В теплый период сток зависит от суммы осадков, интенсивности дождя, степени проективного покрытия почвы растительностью, коэффициент стока не превышает 0,4 при среднем значении 0,20–0,30. На чистых парах для смыва почвы массой 20–30 т/га коэффициент стока при ливнях должен быть не менее 0,29–0,34, такие же потери почвы на зяби от снеготаяния возможны при коэффициенте стока 0,40–0,60. Насыщенность взвешенными частицами почвы ливневого стока составляет 60–80 г/л, стока талых вод – 12–18 г/л. **Выводы.** Различия в генезисе эрозионных процессов и величине смываемой почвы при стоке талых вод и выпадении ливневых дождей определяются погодными условиями, водно-физическими и химическими свойствами подстилающей поверхности. В период таяния снега оттепели увеличивают сток в 1,4–2,7 раза, а осадки в 3,7–4,0 раза за счет кинетической энергии капель, которые ускоряют процесс таяния снега и разрушают структуры снега и почвы.

Ключевые слова: эрозия почвы, смыв почвы, почвозащитные мероприятия, сток талых вод, сток дождевых вод

Для цитирования: Полуэктов Е. В., Балакай Г. Т. Особенности проявления эрозионных процессов при снеготаянии и выпадении ливневых дождей на юге России // Мелиорация и гидротехника. 2025. Т. 15, № 1. С. 1–22. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-1-1-22>.



LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Features of erosion processes manifestation during snowmelt and heavy rainfall in the south of Russia

Evgeniy V. Poluektov¹, Georgiy T. Balakay²

¹Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation, geo@ngma.su

²Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, rosniipm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8021-6853>

Abstract. The purpose of the study was to determine the features of erosion processes during surface snowmelt and rainwater runoff. **Materials and methods.** The studies were conducted on the watershed within the Azov incline plain (central part of the Rostov region). Generally accepted research methods were used on temporary and permanent runoff sites. Standard rain gauges and measuring vessels were used to record the rain layer. Soil loss was determined by the volume of waterholes and the turbidity of the flowing water. Soil properties were determined by generally accepted methods in soil science and agriculture. **Research results.** During the observation period from 1970 to 2024, it was found out that snowmelt water runoff is affected by moisture reserves in the snow, the depth of soil freezing, and the temperature regime during the snow melting period. Melt water runoff occurs when the soil freezes to a depth of 25–30 cm and the water reserves in the snow are up to 20–50 mm. The runoff coefficient fluctuates within 0.1–0.8 with an average value of 0.4. In the warm period, the runoff depends on the amount of precipitation, rain intensity, degree of projective soil cover with vegetation and the runoff coefficient does not exceed 0.4 with an average value of 0.20–0.30. On dead fallows for soil loss with a mass of 20–30 t/ha, the runoff coefficient during showers should be at least 0.29–0.34, the same soil losses on fallow land from snowmelt are possible with a runoff coefficient of 0.40–0.60. Saturation with suspended soil particles of heavy rain runoff is 60–80 g/l, snowmelt water runoff – 12–18 g/l. **Conclusions.** Differences in the genesis of erosion processes and the amount of soil washed away during meltwater runoff and heavy rainfall are determined by weather conditions, water-physical and chemical properties of the underlying surface. During snowmelt, thaws increase runoff by 1.4–2.7 times, and precipitation by 3.7–4.0 times due to the kinetic energy of drops, which accelerate the process of snowmelt and destroy the structure of snow and soil.

Keywords: soil erosion, soil loss, soil protection measures, meltwater runoff, rainwater runoff

For citation: Poluektov E. V., Balakay G. T. Features of erosion processes manifestation during snowmelt and heavy rainfall in the south of Russia. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2025;15(1):1–22. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-1-1-22>.

Введение. Учеными установлено, что антропогенная деятельность человека, эрозия и дефляция являются основными причинами смыва почвы на сельскохозяйственных ландшафтах и снижения плодородия почвы [1–4]. По данным Минсельхозпрода Ростовской области в области подвержены эрозии около 2,9 млн га или 34,9 % пашни. Причем с увеличением степени

эродированности почвы снижаются коэффициент трения, сцепления и устойчивость частиц к размыву, поэтому на таких почвах усиливаются процессы эрозии и смыва почвы и необходимо разрабатывать почвозащитные мероприятия по сохранению и восстановлению плодородия почвы для устранения причин деградации земель [5–10].

В наибольшей степени требованиям сохранения и воспроизводства плодородия почвы соответствуют мероприятия, разрабатываемые на адаптивно-ландшафтной основе [11–13], учитывающие топографию и современное состояние земельных участков на агроландшафтах [8, 14–18], и методологии проектирования таких систем [12, 19] с использованием дистанционных методов обследования земель и лесных насаждений [9, 10, 20] и использования мелиорирующей способности защитных лесных насаждений [18, 20–24]. Такие конкретные мероприятия по зонам Ставропольского края приводятся в работах В. В. Кулинцева, Л. И. Желнаковой и др. [25, 26] и по Ростовской области в работах Е. В. Полуэктова [2, 4], А. Г. Евланова [21], И. Н. Ильинской [13] и др., включены в зональные системы земледелия и позволяют сохранять и восполнять плодородие почвы [27].

Для обоснования противоэрозионных мероприятий необходимо учитывать особенности проявления эрозионных процессов, их различия при поверхностном стоке талых и дождевых вод, смыве почвы при снеготаянии и выпадении ливневых дождей. Решению этих задач, а также вопросам влияния жидких осадков, выпадающих в период снеготаяния, на эрозионные процессы и посвящено данное исследование.

Материалы и методы.

Исследования проводились на агроландшафтах по методике В. И. Кирюшина [8] в пределах Приазовской наклонной равнины (центральная часть Ростовской области, п. Степной) преимущественно на пашне в системе полевых севооборотов и охватывали период с 1970 по 2024 г. Исследования состояния почвы проводились по методикам Г. В. Добровольского [28] и Е. В. Грызлова [29].

Искусственное дождевание осуществлялось устройством, разработанным в ФГБНУ «РосНИИПМ», для учета слоя дождя использовались стоковые площадки, стандартные дождемеры и мерные сосуды этого же института. По мутности воды в поверхностном стоке и объему водорослей, образованных поверхностным стоком, определяли массу смытой почвы по методикам Г. В. Добровольского [28]. Влажность и водопроницаемость почвы в период стока определялись по методике А. Ф. Вадюниной и З. А. Корчагиной [30].

Результаты и обсуждения. Анализы результатов многолетних исследований на черноземах обыкновенных приазовской природно-сельскохозяйственной зоны Ростовской области [31] позволили выявить особенности формирования и прохождения стока ливневых и талых вод и отдельные эпизоды проявления эрозии почвы, показатели ливневых дождей, определяющие интенсивность проявления эрозии почвы. Ливни со слоем осадков в пределах 10 мм выпадают 10–14 раз за теплый период (с мая по сентябрь), больше 20 мм – 3–5 раз, более 30 мм – один раз, слоем больше 50 мм – один раз в 8–10 лет. Интенсивность ливней в среднем 0,8–1,3 мм/мин. Не реже чем один раз в 3–5 лет выпадают ливни с интенсивностью 1,7–2,3 мм/мин. Продолжительность ливневой части дождя не превышает 20–30 мин. Диаметр дождевых капель 2,9–3,5 мм.

Основные факторы холодного периода, влияющие на сток талых вод, следующие: среднемноголетняя глубина промерзания почвы около 30 см, запас воды в снеге перед снеготаянием от 25 до 80 мм. Для зимнего периода характерны кратковременные оттепели, прерываемые резким похолоданием. В этот промежуток времени возможно выпадение жидких осадков.

Различия в генезисе эрозионных процессов при стоке талых вод и выпадении ливневых дождей, а соответственно и величине смываемой почвы определяются природно-климатическими условиями конкретного региона. Прежде всего, они зависят от складывающихся погодных усло-

вий, водно-физических и химических свойств подстилающей поверхности. В зимне-весенний период формирование поверхностного стока талых вод будет определяться глубиной промерзания почвы, насыщением влагой поверхностного горизонта, запасом воды в снеге, интенсивностью снеготаяния и другими факторами.

Выпадение ливневых дождей фиксируется в теплый период года, достигая максимума в мае, июне и июле. Возникновение эрозионного процесса зависит от суммы выпавших осадков, их интенсивности, размера капель дождя. Скорость падения и масса капель определяют их кинетическую энергию, а, следовательно, и интенсивность эрозионного процесса. Вместе с тем, смыв почвы от ливневого стока в значительной степени будет зависеть от наличия или отсутствия на поверхности почвы растительного покрова.

Проанализируем отдельные моменты эрозионного процесса в обоих случаях более подробно. С этой целью были обобщены многолетние данные (1970–2024 гг.) по основным слагаемым эрозионного процесса (таблица 1).

Таблица 1 – Основные параметры эрозионных процессов, п. Степной, 1970–2024 гг.

Table 1 – Main parameters of erosion processes, Stepnoy settlement, 1970–2024

Показатель	Единица измерения	Снеготаяние	Коэффициент вариации	Ливневый дождь	Коэффициент вариации
1	2	3	4	5	6
Слой осадков (запас воды в снеге)	мм	40–50	0,22	10–30	0,18
Слой поверхностного стока	мм	17	0,18	10	0,15
Коэффициент стока	–	0,40	0,21	0,30	0,23
Продолжительность снеготаяния (ливня)	ч	150–200	–	0,4–1,0	–
Продолжительность стока	ч	30–60	–	0,2–0,3	–
Интенсивность снеготаяния (ливня)	мм/мин	0,003–0,005	–	0,75–1,20	–
Состояние почвы	–	мерзлая	–	талая	–

Продолжение таблицы 1

Table 1 continued

1	2	3	4	5	6
Водопроницаемость почвы в период стока	мм/мин	0,002–0,004	–	0,27	–
Смыв почвы	т/га	3,2–4,8	–	18,3–27,4	–
Мутность стока	г/л	5,1–6,9	–	60–180	–
Объем воды пошедшей на смыв 1 т почвы	мм	4,25	–	0,46	–
Скорость водных потоков	м/с	0,12–0,37	–	0,41–0,45	–
Влажность верхнего 0–30 см слоя почвы	%	35–42	–	21–24	–
Наименьшая влагоемкость в слое 0,3 м	%	32,1	–	32,1	–

Как следует из представленных данных, одно из самых существенных отличий поверхностного стока при снеготаянии от ливневого в том, что в первом случае по времени он продолжается 150–200 ч, а во втором до одного часа. В условиях юга РФ, в связи с особенностями климата, в течение холодного периода с декабря по март наблюдается большое количество оттепелей (до 30), сменяющихся резким похолоданием. Все это приводит к перенасыщению верхнего горизонта влагой и способствует в отдельные годы формированию на поверхности почвы ледяной корки, а на глубине от 3 до 12 см – водонепроницаемого экрана, что усиливает поверхностный сток в дальнейшем. При оттепелях наблюдается интенсивное снеготаяние, а в отдельные годы выпадение жидких осадков, что вызывает в течение холодного периода формирование от 2 до 5 волн стока талых вод, но только одна из них бывает максимальной. Территория, на которой наблюдается сток талых вод, измеряется сотнями квадратных километров, что приводит к формированию больших объемов стока и паводков на реках.

Сток от ливневых дождей носит локальный характер и чаще всего в среднем охватывает площадь порядка 10 км². В течение теплого периода, с мая по сентябрь включительно, таких дождей, вызывающих эрозионные процессы, бывает 2–3. Кратковременность выпадения ливня компенсиру-

ется его высокой интенсивностью, что приводит к большим потерям почвы на участках с отсутствием растительного покрова или с малой величиной проективного покрытия поверхности почвы растениями.

Паводки при стоке ливневых вод могут быть как исключение в случае форс-мажорных обстоятельств. Так, на севере Ростовской области в июле 1977 г. выпал дождь со слоем более 100 мм. Это вызвало паводок малых рек соразмерный 10 % обеспеченности стока талых вод – порядка 65–75 мм.

Коэффициенты поверхностного стока от снеготаяния и выпадения ливня существенно различаются. В первом случае это связано с низкой водопрпускной способностью мерзлой почвы, растянутым по времени периодом снеготаяния. Результатом всего этого является варьирование коэффициента стока от 0,1 до 0,8. В то время как при выпадении ливня за ограниченный временной промежуток часть осадков расходуется на процесс смачивания почвы и насыщение ее до определенной величины, часть осадков задерживается растительным покровом, в связи с чем коэффициент стока очень редко превышает 0,4 от суммы выпавших осадков. При этом надо иметь в виду, что при показателе 32 % НВ в слое почвы 0,3 м (в месте проведения исследований п. Степной) сток талых вод формируется при влажности верхнего слоя почвы не менее 35 %, а при выпадении ливня этот показатель первоначально не превышает 21–24 %.

Для того чтобы более детально разобраться в отдельных нюансах эрозионных процессов рассмотрим более подробно сток талых вод и смыв почвы в отдельные годы при снеготаянии. Так, в 1985 г. сток талых вод наблюдался с января по март пять раз с общим слоем 140 мм на посевах озимой пшеницы и 81 мм на зяби. Это было связано с часто повторяющимися перепадами температуры воздуха от плюс 8 °С до минус 11–12 °С. Максимальный слой стока пришелся на период с 14 по 20 марта: на зяби он составил 53,2 мм, на посевах озимой пшеницы – 78,8 мм. С изменением

величины стока талых вод изменялось и количество смываемой почвы, определенной по объему водоросей, которые составили $2,5 \text{ м}^3$ на 1 м^2 учетной площадки, а с учетом объемной массы смытой почвы $1,21 \text{ г/см}^3$ ее величина превысила 30 т/га, на зяби на посевах озимой пшеницы – 13 т/га. Это составило больше 80 % от общего количества утраченной почвы за весь период стока. В остальных четырех случаях формирования стока отмечались небольшие потери почвы – 3,0 т/га на посевах озимой пшеницы и увеличились до 7,5 т/га на зяби. Это можно объяснить наличием на поверхности почвы ледяной корки, сначала сплошной, а далее фрагментарной, которая снижала скорость водных потоков до 0,21–0,26 м/с, а соответственно и размывающую силу воды.

Несколько в ином плане сформировался сток талых вод в холодный период 1986–1987 гг. Осень изобиловала дождями. Общее их количество составило 90,7 мм, что почти в 1,5 раза выше среднееголетних показателей, которые увлажнили верхний 0–0,4 м слой почвы до наименьшей влагоемкости. Выпадение снега с наступлением холодов способствовало образованию снежного покрова в декабре толщиной 32 см, в январе до 63 см и в марте – 69–83 см, причем периодические кратковременные оттепели способствовали созданию шести слоев ледяной корки толщиной 1,5–4 см. Плотность снега повысилась и колебалась от 0,35 до $0,60 \text{ г/см}^3$. В связи с чем запасы воды в снеге составили рекордную за последние 70 лет величину 300–360 мм. Частые оттепели среди зимы способствовали также формированию ледяной корки на посевах озимой пшеницы. Толщина ее составляла 3,5–4,5 см. Образование корки на посевах озимой пшеницы связано с низкой водопроницаемостью почвы 0,17–0,23 мм/мин. На полях с зяблевой обработкой при наличии большого количества некапиллярных пор талая вода во время оттепелей свободно проникала вглубь почвы.

Подтверждением вышесказанному могут служить данные по влажности 0–50 см слоя почвы, определенные перед снеготаянием (таблица 2).

**Таблица 2 – Влажность 0–50 см слоя почвы перед снеготаянием
(17.03.1987), п. Степной**

В %

**Table 2 – Humidity of 0–50 cm soil layer before snowmelt (17.03.1987),
Stepnoy settlement**

В %

Слой почвы, см	Озимая пшеница	Зябь
0–10	43,8	35,5
10–20	32,7	34,0
20–30	31,0	33,4
30–40	24,5	26,0
40–50	22,6	24,9

Если на зяби верхний полуметровый слой почвы был увлажнен относительно равномерно (разница между 0–10 и 40–50 см слоями почвы составила 10,6 %), то на посевах озимой пшеницы верхний 0–10 см слой почвы по влажности значительно превосходил нижележащие. Здесь разница между верхним 10 см слоем и с полуметровой глубины составила 21,2 %.

Мощный снежный покров надежно защитил почву от переохлаждения. На зяби почва практически не промерзла, т. е. была талой с поверхности всю зиму, а на посевах озимой пшеницы почва промерзла на глубину 12 см. Все эти моменты нашли отражение при формировании стока талых вод весной.

Период снеготаяния был очень растянут во времени. Первый раз сток на посевных озимой пшеницы сформировался 17 марта, когда дневная температура воздуха поднялась до плюс 5, плюс 7 °С. В дальнейшем температура воздуха понизилась и сток прекратился. С 18 по 28 марта было пять дней с ясной солнечной погодой. В эти дни наблюдалось интенсивное испарение снега в результате формирования на его поверхности тонкой ледяной корочки, которая играла роль «парника». В течение этих дней мощность снежного покрова уменьшилась на 14–20 см. Максимальный, по интенсивности, сток талых вод был зарегистрирован 6 апреля с 14 по 17 ч. Модуль стока в этот период составил 33,7 л/с/га, в то время как в остальные дни он не превышал 3–12 л/с/га.

За весь период снеготаяния слой стока составил 68,0 мм при коэффициенте 0,23. Таким образом, если судить по величине стока, то он равен 10 % степени обеспеченности, а коэффициент стока соответствует слабой его интенсивности.

На величину стока талых вод большое влияние оказывают жидкие осадки, выпадающие в период снеготаяния. Почва в этот период находится в мерзлом состоянии и обладает пониженной водопроницаемостью, особенно на уплотненной пашне. Происходит переувлажнение верхней части профиля почвы, что при последующей волне холода приводит к образованию на поверхности ледяной корки. Наличие последней и водонепроницаемый мерзлый экран в верхней части профиля почвы способствуют формированию поверхностного стока при очередной оттепели с выпадением жидких осадков (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние выпавших жидких осадков в период таяния снега на поверхностный сток, п. Степной, 1977, 1981 гг.
Table 3 – The impact of rainfall during snowmelt on surface runoff, Stepnoy settlement, 1977, 1981

Дата выпадения осадков	Агрофон (рыхлая или уплотненная)	Запас воды в снеге, мм	Выпало осадков, мм	Продолжительность выпадения осадков, ч	Глубина промерзания почвы, см	Сток талых и дождевых вод, мм	Масса смытой почвы, т/га	Коэффициент стока
1977, 12–13.02	зябь	3,4	42	14	48	26,0	22,7	0,57
	озимая пшеница	4,5	42	14	51	44,0	12,2	0,95
1981, 05.03	зябь	16,6	31,6	15	29	0	0	0
	озимая пшеница	19,2	31,6	15	32	11,4	4,6	0,22
2017, 22–24.02	зябь	32,8	13,8	6	45	20,3	22,0	0,43
	озимая пшеница	35,2	13,8	6	49	25,9	12,6	0,53

Для анализа особенностей поверхностного стока и массы смытой почвы при выпадении жидких осадков в период снеготаяния подобрали два года – 2014 г. без жидких осадков и 2017 г. с выпадением 13,8 мм жидких осадков, информация о которых опубликована в [32], при этом расширили количество показателей (таблица 4).

Таблица 4 – Основные показатели эрозионного процесса при снеготаянии и выпадении жидких осадков, п. Степной, 2014, 2017 гг.

Table 4 – Main indicators of the erosion process during snowmelt and rainfall, Stepnoy settlement, 2014, 2017

Показатель	Подстилающая поверхность, агрофон			
	зябь		посевы озимой пшеницы	
	2014 г.	2017 г.	2014 г.	2017 г.
Глубина промерзания почвы, см	44	45	48	47
Влажность 0–30 см слоя почвы перед снеготаянием, %	39,8	41,7	41,5	43,8
Запас воды в снеге + жидкие осадки, мм	25,8	32,2 + 13,8	47,9	35,9 + 13,8
Сток талых (дождевых) вод, мм	7,3	20,3	18,2	25,9
Коэффициент стока	0,20	0,44	0,36	0,52
Смыв почвы, т/га	5,8	21,4	3,0	12,0
Мутность стока, г/л	7,2	28,7	3,9	15,9
Количество воды для смыва 1 т почвы, м ³	12,6	4,5	60,7	21,58
Скорость водных потоков. м/с	0,24–0,35	0,40–0,56	0,20–0,37	0,36–0,42
Водопроницаемость, мм/мин	0,12–0,27	0,06–0,14	0,0012–0,0041	0,0002–0,0019

Как следует из представленных данных, при приблизительно равной глубине промерзания почвы влажность 0–30 см слоя на посевах озимой пшеницы была на 2,3 %, а на зяби 1,9 % выше в абсолютном выражении в год с оттепелями и выпадением жидких осадков. Это обстоятельство отразилось на водонепроницаемости почвы и слое стока талых и дождевых вод. Как свидетельствуют результаты исследований, интенсивность эрозионных процессов была выше при выпадении дождей в период снеготаяния. На зяби слой стока при выпадении дождей превышал вариант снеготаяния без дождей на 13,0 мм, а на посевах озимой пшеницы – на 13,7 мм. Аналогичные результаты были зафиксированы и по смыву почвы.

Разной оказалась и продолжительность эрозионного процесса при снеготаянии без осадков и с выпадением жидких осадков. В приведенном нами случае, при выпадении жидких осадков, продолжительность снеготаяния сокращается в три раза, а масса смытой почвы увеличивается с

5,8 т/га в 2014 г. (без выпадения осадков) до 21,4 т/га в 2017 г., когда в период снеготаяния выпали жидкие осадки (13,8 мм). Необходимый объем стока на размыв почвы уменьшился соответственно на зяби с 12,6 до 4,5 и на посевах озимой пшеницы с 60,7 до 21,58 м³/т, что связано с уменьшением скорости потока, соответственно на зяби с 0,24–0,35 до 0,40–0,56 м/с и на посевах озимой пшеницы 0,20–0,37 до 0,36–0,42 м/с.

В теплый период года эрозионные процессы формируют ливни различной интенсивности. Масса смытой почвы при выпадении ливневых дождей во многом определяется наличием или отсутствием растительного покрова на пашне и величиной проективного покрытия поверхности почвы растениями или мульчей. По степени подверженности эрозии чистый пар и все сельскохозяйственные культуры располагаются в следующей последовательности: чистый пар – пропашные – яровые зерновые – зернобобовые – озимые зерновые – однолетние травы – многолетние травы.

По многолетним наблюдениям [31, 32] наиболее сильные разрушения почвенного покрова наблюдались на чистых парах (1973, 1984, 1987 и других годах), например, за два дня – 29 и 30 мая 1984 г. выпало два ливневых дождя с суммой осадков 68,8 мм с интенсивностью 0,9 и 1,26 мм/мин, которые вызвали смыв почвы массой 92 т/га на склонах от 3° до 5°. Такие особенности стока и смыва почвы наблюдались также в 1987, 2003, 2010 и 2018 гг. В целом смыв почвы за годы мониторинга составил на склонах крутизной 0,5–1,5° – 6,6 т/га; 3,0° – 23,1 т/га; 3,5–4,5° – 42,6 и более 5,0° – 69,2 т/га.

На склоновых полях занятых сельскохозяйственными культурами смыв почвы зависит от величины проективного покрытия поверхности почвы растениями. Если это представить в виде коэффициента эрозионной опасности, взяв за единицу чистый пар, то в среднем получены следующие показатели (таблица 5).

Таблица 5 – Показатели эрозионной опасности сельскохозяйственных культур и агрофонов во время выпадения ливневых дождей, п. Степной, 1970–2024 гг.

Table 5 – Indicators of erosion hazard of agricultural crops and agro-backgrounds during heavy rainfall, Stepnoy settlement, 1970–2024

Сельскохозяйственная культура, агрофон	Коэффициент эрозионной опасности
Чистый пар	1,0
Сахарная свекла	0,85
Кукуруза на зерно	0,80
Подсолнечник	0,75
Картофель	0,70–0,75
Кукуруза на силос	0,70
Яровые зерновые	0,50–0,60
Зернобобовые	0,40–0,45
Сорго, просо	0,35–0,40
Однолетние травы	0,25–0,35
Озимые зерновые	0,30
Многолетние травы 1-го года пользования	0,06–0,08
Многолетние травы 2-го года пользования	0,03–0,04
Многолетние травы 3-го года пользования	0,01

Возвращаясь к слою ливневого стока, следует отметить, что за 54 года наблюдений его максимальная величина составила 29,7 мм по агрофону чистый пар при коэффициенте стока 0,44. На полях с вегетирующими растениями, где коэффициент проективного покрытия почвы растениями составляет у пропашных культур 20–25 %, коэффициент стока был равен 0,33, на многолетних травах с проективным покрытием более 50 % эрозия отсутствовала. После уборки озимой пшеницы и на скошенном поле люцерны на сено при величине проективного покрытия 30–40 % наблюдался сток ливневых вод слоем от 2,5 до 15 мм при коэффициенте стока 0,12–0,30. Достоверность данных натурных исследований подтверждена результатами искусственного дождевания проводимых в этой зоне.

Как следует из полученных данных, сток ливневых и талых вод по-разному влияют на величину смыва почвы. Особенно это заметно проявляется на коэффициенте стока. Если взять в качестве агрофона участки, лишен-

ные растительности (чистый пар и зябь), то для смыва почвы в 20–30 т/га коэффициент стока при ливнях составит в среднем 0,29–0,34, а такие же потери почвы на зяби возможны при коэффициенте стока 0,40–0,60. Это еще раз подтверждает более высокую эрозионную способность ливневых дождей по отношению к поверхностному стоку при снеготаянии.

Отличие в механизме смыва почвы между талым и ливневым стоком проявляется и в физико-химических особенностях взаимодействия поступающей воды в почву. При ливневом стоке наблюдается поступление охлажденной воды на прогретую солнцем почву, что приводит к увеличению сил взаимодействия между молекулами и вызывает резкие деформации почвогрунта. Перепады температур в стыкующих средах (вода – почва) при ливнеобразовании составляют 14–17 °С.

При снеготаянии талая вода обладает повышенной вязкостью, что вызывает большую ее способность растворять газы и другие вещества. В результате этого при талом стоке в воде относительно редко присутствуют коллоиды, в то время как при ливневом они наблюдаются всегда.

Говоря о периодичности проявления эрозионных процессов, следует отметить, что на зяби, обладающей высокой пористостью пахотного слоя (56–62 %) и небольшой плотностью сложения ($1,1–1,2 \text{ г/см}^3$) за взятый промежуток времени (54 лет), поверхностный сток наблюдался 15 раз. На посевах озимых культур, многолетних трав при пористости 46–51 % и плотности сложения $1,15–1,26 \text{ г/см}^3$ – 34 раза.

Выводы. Различия в генезисе эрозионных процессов от стока талых вод и выпадении ливневых дождей определяются почвенно-климатическими условиями конкретного региона. На юге европейской части России сток талых вод наблюдается в течение холодного периода (с января по апрель) и охватывает площадь в несколько сотен квадратных километров. Частые оттепели вызывают 2–5 волн стока, но одна из них является максимальной. Сток талых вод возникает при промерзании почвы на глубину

25–30 см и достаточных запасах воды в снеге до 20–50 мм. Коэффициент стока колеблется в широких пределах 0,1–0,8 при среднем значении 0,4.

В теплый период года (с мая по сентябрь) выпадают ливневые дожди, которые носят локальный характер и охватывают площадь в среднем 10 км². При выпадении ливней возникновение эрозии зависит от суммы осадков, интенсивности дождя, наличия на поверхности почвы растительного покрова, но во всех случаях коэффициент стока не превышает 0,4 при среднем значении 0,20–0,30. Остальная часть осадков уходит на смачивание и увлажнение почвы до определенных величин, задерживается растениями или их пожнивными остатками.

Сток талых и ливневых вод по-разному влияет на количество смываемой почвы. На чистых парах для смыва почвы массой 20–30 т/га коэффициент стока при ливнях должен быть не менее 0,29–0,34, а такие же потери почвы на зяби от снеготаяния возможны при коэффициенте стока 0,40–0,60. Отличительная особенность ливневого стока – большая скорость водных потоков и высокая насыщенность их взвешенными и влекомыми водой частичек почвы в среднем составляет 60–180 г/л, а при стоке талых вод от снеготаяния – 12–18 г/л.

В период таяния снега оттепели увеличивают сток в 1,4–2,7 раза, а осадки в 3,7–4,0 раза за счет кинетической энергии капель, которые ускоряют процесс таяния снега и разрушают структуры снега и почвы, повышают скорость потока и ее мутность.

Смыв почвы при выпадении ливневых дождей во многом зависит от наличия или отсутствия растительного покрова. По степени подверженности эрозии чистый пар и все сельскохозяйственные культуры располагаются в следующей последовательности по убывающей: чистый пар – пропашные – яровые зерновые – зернобобовые – озимые зерновые – однолетние травы – многолетний травы.

Сильно различаются изучаемые эрозионные процессы по периодич-

ности проявления. Сток и смыв от ливней наблюдается практически ежегодно. При снеготаянии сток талых вод и смыв почвы за взятый период наблюдений на зяби имел место один раз в 3,5 года в течение 15 лет, на посевах озимых культур и многолетних трав 1 раз в 1,5 года.

Список источников

1. Nguyen X. H., Pham A. H. Assessing Soil Erosion by Agricultural and Forestry Production and Proposing Solutions to Mitigate: A Case Study in Son La Province, Vietnam // *Applied and Environmental Soil Science*. 2018. Article ID 2397265, 10 p. <https://doi.org/10.1155/2018/2397265>.
2. Комплексные исследования состояния и почвозащитные мероприятия на агроландшафтах / Е. В. Полуэктов, О. А. Игнатюк, Г. Т. Балакай, Н. И. Балакай // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]*. 2013. № 4(12). С. 67–80. URL: https://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec657-field12.pdf (дата обращения: 07.03.2024). EDN: RELQXD.
3. Pham G., Degener J., Kappas M. Integrated universal soil loss equation (USLE) and geographical information system (GIS) for soil erosion estimation in A Sap basin: Central Vietnam // *International Soil and Water Conservation Research*. 2018. Vol. 6, no. 2. P. 99–110. DOI: 10.1016/j.iswcr.2018.01.001.
4. Полуэктов Е. В., Сухомлинова Н. Б. Анализ эффективности почвозащитных приемов и мероприятий по их стокорегулирующей способности // *Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]*. 2022. Т. 12, №. 1. С. 99–118. URL: <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-99-118> (дата обращения: 14.02.2024). DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-99-118. EDN: BSVHQT.
5. Сухомлинова Н. Б., Суханова А. В. Эколого-экономические аспекты адаптивно-ландшафтной организации территории водосбора балки Мостовой в Усть-Донецком районе Ростовской области // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]*. 2018. № 1(29). С. 249–262. URL: https://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec924-field12.pdf (дата обращения: 20.01.2020). EDN: YOTSNO.
6. Тюрин В. Н., Мищенко А. А., Морева Л. А. Агроландшафтные системы Северо-Западного Кавказа и Предкавказья: территориальная организация, продуктивность, устойчивость: монография / под ред. В. Н. Тюрина. Краснодар: Куб. гос. ун-т, 2016. 236 с. EDN: XARRKH.
7. Сухомлинова Н. Б., Горбатенко К. И., Степаненко Д. А. Рациональная организация агроландшафтов – основа сохранения земельных ресурсов и повышения их продуктивности // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2020. № 3(93), ч. 1. С. 100–104. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.93.3.015>. EDN: UTBFWP.
8. Кирюшин В. И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов. М.: Колос, 2010. 740 с.
9. Экологические просчеты в сельскохозяйственном землепользовании Мордовии: проблемы и предлагаемые пути их решения / А. В. Каверин, А. В. Алферина, Р. Р. Манаков, А. А. Храмова, М. М. Гераськин // *Использование и охрана природных ресурсов в России*. 2023. № 1. С. 93–96. EDN: SQOLYR.
10. Чеплянский И. Я., Турчин Т. Я., Ермолова А. С. Дистанционный мониторинг государственных защитных лесных полос степной зоны европейской части России // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. 2022. № 3(387). С. 44–59. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-3-44-59. EDN: PAKMMQ.

11. Кирюшин В. И. Методология землепользования и землеустройства на ландшафтно-экологической основе: монография. Изд. 1-е новое. СПб., 2024. 336 с.
12. Кирюшин В. И. Состояние и проблемы развития адаптивно-ландшафтного земледелия // Земледелие. 2021. № 2. С. 3–7. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10201. EDN: MGWARX.
13. Ильинская И. Н. Экологическая устойчивость агроландшафтов Ростовской области // Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика: материалы IV Всерос. конф. молодых ученых АПК (п. Рассвет, 19–20 мая 2022 г.). Азов: АзовПринт, 2022. С. 261–266. DOI: 10.34924/FRARC.2022.29.10.001. EDN: WZWXTK.
14. Принципы и методы организации орошаемых земель на агроландшафтной основе: монография / А. В. Колганов, В. Н. Щедрин, Е. В. Полуэктов, Г. Т. Балакай, А. М. Олейник, А. А. Бурдун, В. А. Козин, Н. И. Балакай, И. Н. Ильинская. М.: Эдель-М», 2001. 107 с. EDN: WZEJZJ.
15. Недбайло П. Н. Адаптивно-ландшафтная система как основа роста производства и экологизации землепользования // Молодой ученый [Электронный ресурс]. 2019. № 23(261). С. 73–75. URL: <https://moluch.ru/archive/261/60121/> (дата обращения: 03.06.2024). EDN: PFEJNB.
16. Проездов П. Н., Маштаков Д. А., Панфилов А. В. Теоретическое обоснование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агролесомелиорации в степной и сухостепной зонах Поволжья // Нива Поволжья. 2017. № 2(43). С. 42–48. EDN: YRPKDZ.
17. Гатина Л. Т., Гайсин Р. И., Губеева С. К. Развитие агроландшафтного подхода в организации сельского хозяйства Республики Татарстан // Современные проблемы науки и образования [Электронный ресурс]. 2013. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=11102> (дата обращения: 06.06.2024). EDN: RVDBZH.
18. Иванов А. И., Иванова Ж. А. Оценка влияния ландшафтно-экологических условий на урожайность многолетних трав и эффективность точных систем удобрения на мелиорированном агроландшафте // Плодородие. 2023. № 6. С. 19–23. DOI: 10.25680/S19948603.2023.135.05. EDN: FRIABE.
19. Информационная основа для проектирования системы адаптивно-ландшафтного земледелия на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных землях Плавского района Тульской области / В. В. Кречетников, Е. О. Кречетникова, В. К. Кузнецов, И. Е. Титов // Геоинформатика. 2022. № 2. С. 62–68. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-2-62-68>. EDN: ISOKKU.
20. Берденгалиева А. Н. Картографирование защитной лесистости пахотных угодий на севере Волгоградского Заволжья по данным дистанционного зондирования Земли // Научно-агрономический журнал. 2023. № 3(122). С. 15–22. DOI: 10.34736/FNC.2023/122.3.002.15-22. EDN: AOKXCU.
21. Евланова А. Г. Оценка влагообеспеченности агроландшафтов Ростовской области // Экология. Экономика. Информатика. Серия: системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2024. Т. 1, № 9. С. 41–46. DOI: 10.23885/2500-395X. EDN: DJBFPP.
22. Дубенок Н. Н. Теоретические основы обоснования комплексных мелиораций и управление мелиоративными режимами в агроландшафтах в степной и лесостепной зоне // Научно-агрономический журнал. 2023. № 4(123). С. 16–21. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.002.16-21. EDN: AMMWCI.
23. Примаков Н. В. Влияние полезащитных лесных полос на состояние агроландшафтов // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 2(89). С. 89–95. EDN: EMHJVL.
24. Турчин Т. Я., Баканов И. А. Структура насаждений государственной защитной лесной полосы Воронеж – Ростов-на-Дону на обыкновенных черноземах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессио-

нальное образование. 2020. № 3(59). С. 173–181. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-17. EDN: DLQQVO.

25. Желнакова Л. И., Петрова Н. В. Некоторые вопросы борьбы с ветровой и водной эрозией на Ставрополье // Научные основы обработки почв на Ставрополье: сб. науч. тр. Ставроп. НИИ сел. хоз-ва. Ставрополь: Статуправление Ставропольского края, 1983. С. 73–88. EDN: TURLT.

26. Кулинцев В. В., Годунова Е. И., Желнакова Л. И. Основы системы земледелия нового поколения Ставропольского края: монография. Ставрополь: АГРУС Ставроп. гос. аграр. ун-та, 2013. 96 с. EDN: TEVUIB.

27. Зональные системы земледелия в Ростовской области на 2022–2026 годы / А. И. Клименко, А. В. Гринько, А. И. Грабовец и др.; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Рост. обл. Ростов н/Д.: Альтаир, 2022. 736 с.

28. Добровольский Г. В., Шоба С. А., Балабко П. Н. Деградация и охрана почв / под ред. Г. В. Добровольского. М.: Изд-во МГУ, 2002. 654 с. EDN: TSHOTH.

29. Грызлов Е. В. Почвозащитная система земледелия. Ростов н/Д.: Рост. кн. изд-во, 1975. 136 с.

30. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 415 с. EDN: DYLNHL.

31. Полуэктов Е. В., Балакай Г. Т. Эрозия почв при выпадении ливней на юге европейской части России // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2022. Т. 12, № 2. С. 1–19. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1275> (дата обращения 06.06.2024). DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-2-1-19. EDN: FZTIHT.

32. Полуэктов Е. В., Петрова И. А., Скрыпанева С. Ф. Особенности стока талых и дождевых вод в холодный период на юге Европейской части Российской Федерации // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 6–3(108). С. 105–108. EDN: ZOXYEZ.

References

1. Nguyen H.N., Pham A.H., 2018. Assessing Soil Erosion by Agricultural and Forestry Production and Proposing Solutions to Mitigate: A Case Study in Son La Province, Vietnam. Applied and Environmental Soil Science, Article ID 2397265, 10 p. <https://doi.org/10.1155/2018/2397265>.

2. Poluektov E.V., Ignatyuk O.A., Balakai G.T., Balakai N.I., 2013. [Comprehensive studies of the state and soil protection measures in agrolandscapes]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 4(12), pp. 67-80, available: https://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec657-field12.pdf [accessed 07.03.2024], EDN: RELQXD. (In Russian).

3. Pham G., Degener J., Kappas M., 2018. Integrated universal soil loss equation (USLE) and geographical information system (GIS) for soil erosion estimation in A Sap basin: Central Vietnam. International Soil and Water Conservation Research, vol. 6, no. 2, pp. 99-110. DOI: 10.1016/j.iswcr.2018.01.001.

4. Poluektov E.V., Sukhomlinova N.B., 2022. [Analysis of the efficiency of soil conservation practices and measures for their flow-regulating ability]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 12, no. 1, pp. 99-118, available: <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-99-118> [accessed 14/02/2024], EDN: BSVHQT. (In Russian).

5. Sukhomlinova N.B., Sukhanova A.V., 2018. [Ecological and economic aspects of adaptive landscape organization of the catchment area of the Mostovaya gully in the Ust-Donetsk district of the Rostov region]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 1(29), pp. 249-262, available: https://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec924-field12.pdf [accessed: 20.01.2020], EDN: YOTSNO. (In Russian).

6. Tyurin V.N., Mishchenko A.A., Moreva L.A., 2016. *Agrolandshaftnye sistemy Severo-Zapadnogo Kavkaza i Predkavkaz'ya: territorial'naya organizatsiya, produktivnost', ustoychivost': monografiya* [Agrolandscape Systems of the Northwest Caucasus and Ciscaucasia: Territorial Organization, Productivity, Sustainability: monograph]. Krasnodar, Kuban State University, 236 p., EDN: XARRKH. (In Russian).

7. Sukhomlinova N.B., Gorbatenko K.I., Stepanenko D.A., 2020. *Ratsional'naya organizatsiya agrolandshaftov – osnova sokhraneniya zemel'nykh resursov i povysheniya produktivnosti* [Rational organization of agrolandscapes as a basis for conservation of land resources and increasing their productivity]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International Research Journal], no. 3(93), part 1, pp. 100-104, DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.93.3.015>, EDN: UTBFWP. (In Russian).

8. Kiryushin V.I., 2010. *Teoriya adaptivno-landshaftnogo zemledeliya i proektirovanie agrolandshaftov* [Theory of Adaptive-Landscape Agriculture and Agrolandscape Design]. Moscow, Kolos Publ., 740 p. (In Russian).

9. Kaverin A.V., Alferina A.V., Manakov R.R., Khramova A.A., Geraskin M.M., 2023. *Ekologicheskie proschety v sel'skokhozyaystvennom zemlepol'zovanii Mordovii: problem i predlagayemye puti i khresheniya* [Environmental miscalculations in agricultural land use in Mordovia: problems and proposed solutions]. *Ispol'zovanie i okhrana prirodnnykh resursov v Rossii* [Use and Protection of Natural Resources in Russia], no. 1, pp. 93-96, EDN: SQOLYR. (In Russian).

10. Cheplyansky I.Ya., Turchin T.Ya., Ermolova A.S., 2022. *Dstantsionnyy monitoring gosudarstvennykh zashchitnykh lesnykh polos stepnoy zony evropeyskoy chasti Rossii* [Remote monitoring of state forest shelterbelts in the steppe zone of the European part of Russia]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Lesnoj zhurnal* [Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal], no. 3(387), pp. 44-59, DOI 10.37482/0536-1036-2022-3-44-59, EDN: PAKMMQ. (In Russian).

11. Kiryushin V.I., 2024. *Metodologiya zemlepol'zovaniya i zemleustroystva na landshaftno-ekologicheskoy osnove: monografiya* [Methodology of Land Use and Land Management on the Landscape-Ecological Basis: monograph]. 1st new edition, St. Petersburg, 336 p. (In Russian).

12. Kiryushin V.I., 2021. *Sostoyanie i problemy razvitiya adaptivno-landshaftnogo zemledeliya* [State and problems of development of adaptive-landscape agriculture]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 2, pp. 3-7, DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10201, EDN: MGWARX. (In Russian).

13. Ilyinskaya I.N., 2022. *Ekologicheskaya ustoychivost' agrolandshaftov Rostovskoy oblasti* [Environmental sustainability of agrolandscapes of the Rostov region]. *Aktual'nye voprosy razvitiya otrasley sel'skogo khozyaystva: teoriya i praktika: Materialy IV Vseros. konf. molodykh uchenykh APK* [Actual Issues of Development of Agricultural Sectors: Theory and Practice: Proceed. of the IV All-Russian Conf. of Young Scientists of the Agro-Industrial Complex]. Azov, AzovPrint Publ., pp. 261-266, DOI: 10.34924/FRARC.2022.29.10.001, EDN: WZWXTK. (In Russian).

14. Kolganov A.V., Shchedrin V.N., Poluektov E.V., Balakai G.T., Oleynik A.M., Burdun A.A., Kozin V.A., Balakai N.I., Ilyinskaya I.N., 2001. *Printsipy i metody organizatsii oroshaemykh zemel' na agrolandshaftnoy osnove: monografiya* [Principles and Methods of Organizing Irrigated Lands on an Agro-Landscape Basis: monograph]. Moscow, LLC "Edel-M" Publ., 107 p., EDN: WZEJZJ (In Russian).

15. Nedbaylo P.N., 2019. *Adaptivno-landshaftnaya sistema kak osnova rosta proizvodstva i ekologizatsii zemlepol'zovaniya* [Adaptive landscape system as the basis for production growth and greening of land use]. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist], no. 23(261), pp. 73-75, available: <https://moluch.ru/archive/261/60121/> [accessed 03.06.2024], EDN: PFEJNB. (In Russian).

16. Proezdov P.N., Mashtakov D.A., Panfilov A.V., 2017. *Teoreticheskoe obosnovanie adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya i agrolesomelioratsii v stepnoy i sukhostepnoy zonakh Povolzh'ya* [Theoretical justification of adaptive landscape systems of agriculture and agroforestry in the steppe and dry-steppe zones of the Volga region]. *Niva Povolzh'ya* [Niva Povolzhya], no. 2(43), pp. 42-47, EDN: YRPKDZ. (In Russian).

17. Gatina L.T., Gaisin R.I., Gubeeva S.K., 2013. *Razvitie agrolandshaftnogo podkhoda v organizatsii sel'skogo khozyaystva Respubliki Tatarstan* [Development of the agro-landscape approach in the organization of agriculture of the Republic of Tatarstan]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Current Issues of Science and Education], no. 6, available: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=11102> [accessed 06.06.2024], EDN: RVDBZH. (In Russian).

18. Ivanov A.I., Ivanova Zh.A., 2023. *Otsenka vliyaniya landshaftno-ekologicheskikh usloviy na urozhaynost' mnogoletnikh trav i effektivnost' tochnykh sistem udobreniya na meliorirovannom agrolandshafte* [Evaluation of the influence of landscape and ecological conditions on the productivity of perennial grasses and efficiency of precise fertilizer systems in a reclaimed agrolandscape]. *Plodorodie* [Fertility], no. 6, pp. 19-23, DOI: 10.25680/S19948603.2023.135.05, EDN: FRIABE. (In Russian).

19. Krechetnikov V.V., Krechetnikova E.O., Kuznetsov V.K., Titov I.E., 2022. *Informatsionnaya osnova dlya proektirovaniya sistemy adaptivno-landshaftnogo zemledeliya na radioaktivno zagryaznennykh sel'skokhozyaystvennykh zemlyakh Plavskogo rayona Tul'skoy oblasti* [Information basis for designing an adaptive landscape farming system on radioactively contaminated agricultural lands of Plavsk District, Tula Region]. *Geoinformatika* [Geoinformatics], no. 2, pp. 62-68, <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-2-62-68>. EDN: ISOKKU. (In Russian).

20. Berdengalieva A.N., 2023. *Kartografirovaniye zashchitnoy lesistosti pakhotnykh ugodiy na severe Volgogradskogo Zavolzh'ya po dannym distantsionnogo zondirovaniya Zemli* [Mapping of protective forest cover of arable lands in the north of the Volgograd Trans-Volga region according to Earth remote]. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal* [Scientific and Agronomic Journal], no. 3(122), pp. 15-22, DOI: 10.34736/FNC.2023/122.3.002.15-22, EDN: AOKXCU. (In Russian).

21. Evlanova A.G., 2024. *Otsenka vlagoobespechennosti agrolandshaftov Rostovskoy oblasti* [Assessment of moisture availability of agricultural landscapes of Rostov region]. *Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Seriya: sistemnyy analiz i modelirovaniye ekonomicheskikh i ekologicheskikh sistem* [Ecology. Economy. Computer science. Series: System Analysis and Modeling of Economic and Ecological System], iss. 9, pp. 41-46, DOI: 10.23885/2500-395X, EDN: DJBFPP. (In Russian).

22. Dubenok N.N., 2023. *Teoreticheskie osnovy obosnovaniya kompleksnykh melioratsiy i upravleniye meliorativnymi rezhimami v agrolandshaftakh v stepnoy i lesostepnoy zone* [Theoretical foundations of the complex land reclamation justification and land reclamation regimes management in agro-landscapes in the steppe and forest-steppe zone]. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal* [Scientific and Agronomic Journal], no. 4(123), pp. 16-21, DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.002.16-21, EDN: AMMWCI. (In Russian).

23. Primakov N.V., 2024. *Vliyanie polezashchitnykh lesnykh polos na sostoyaniye agrolandshaftov* [Influence of forest shelterbelts on the condition of agrolandscapes]. *Lesy Rossii i hozyajstvo v nih* [Forests of Russia and Their Economy], no. 2(89), pp. 89-95, EDN: EMHJVL. (In Russian).

24. Turchin T.Ya., Bakanov I.A., 2020. *Struktura nasazhdeniy gosudarstvennoy zashchitnoy lesnoy polosy Voronezh – Rostov-na-Donu na obyknovennykh chernozemakh* [Structure of plantings of the state protective forest shelterbelt of Voronezh-Rostov-on-Don on ordinary chernozems]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bullet. of the Lower Volga Agro-University Complex:

Science and Higher Education], no. 3(59), pp. 173–181, DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-17, EDN: DLQQVO. (In Russian).

25. Zhelnakova L.I., Petrova N.V., 1983. *Nekotorye voprosy bor'by s vetrovoy i vodnoy eroziy na Stavropol'e* [Some issues of wind and water erosion control in the Stavropol]. *Nauchnye osnovy obrabotki pochv na Stavropol'ye: sb. nauch. tr. Stavrop. NII sel. hoz-va* [Scientific Foundations of Soil Cultivation in Stavropol: collection of scientific papers of the Stavropol Scientific Research Institute of Agriculture]. Stavropol, Statistical Office of the Stavropol Territory Publ. pp. 73–88, EDN: TURSLT. (In Russian).

26. Kulintsev V.V., Godunova E.I., Zhelnakova L.I., 2013. *Sistema zemledeliya novogo pokoleniya Stavropol'skogo kraya: monografiya* [System of Crop Farming of New Generation of Stavropol Territory: monograph]. Stavropol, AGRUS Stavropol State Agrarian University, 96 p., EDN: TEVUJB. (In Russian).

27. Klimenko A.I., Grin'ko A.V., Grabovets A.I. [et al], 2022. *Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoi oblasti na 2022–2026 gody* [Zonal Farming Systems of the Rostov Region for 2022–2026]. Rostov n/Don, Altair Publ., 736 p., EDN: GHQGWS. (In Russian).

28. Dobrovolsky G.V., Shoba S.A., Balabko P.N., 2002. *Degradatsiya i okhrana pochv* [Soil Degradation and Protection]. Moscow, Moscow State University Publ., 654 p., EDN: TSHOTH (In Russian).

29. Gryzlov E.V., 1975. *Pochvozashchitnaya sistema zemledeliya* [Soil Protection System of Agriculture]. Rostov n/Don, Rostov Book Publ., 136 p. (In Russian).

30. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A., 1986. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* [Methods for Studying the Physical Properties of Soils]. Moscow, Agropromizdat Publ., 415 p., EDN: DYLLHL. (In Russian).

31. Poluektov E.V., Balakai G.T., 2022. [Soil erosion as a result of heavy rains in the south of the European part of Russia]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 12, no. 2, pp. 1–19, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1275>, DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-2-1-19, EDN: FZTIHT. (In Russian).

32. Poluektov E.V., Petrova I.A., Skrypaneva S.F., 2021. *Osobennosti stoka talykh i dozhdevykh vod v kholodnyy period na yuge Yevropeyskoy chasti Rossiyskoy Federatsii* [Characteristics of meltwater and rainwater runoff during cold period in the south of the European part of the Russian Federation]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International Research Journal], no. 6-3(108), pp. 105–108, EDN: ZOXYEZ. (In Russian).

Информация об авторах

Е. В. Полуэктов – заведующий кафедрой почвоведения, орошаемого земледелия и геодезии, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация, geo@ngma.su, AuthorID: 704329;

Г. Т. Балакай – главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, rosniipm@yandex.ru, AuthorID: 267782, ORCID: 0000-0001-8021-6853.

Information about the authors

E. V. Poluektov – Head of the Department of Soil Science, Irrigated Agriculture and Geodesy, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation, geo@ngma.su, AuthorID: 704329;

G. T. Balakay – Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, rosniipm@yandex.ru, AuthorID: 267782, ORCID: 0000-0001-8021-6853.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 20.01.2025; одобрена после рецензирования 11.03.2025;
принята к публикации 24.03.2025.
The article was submitted 20.01.2025; approved after reviewing 11.03.2025; accepted for
publication 24.03.2025.*