

## МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.4:551.5

doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-4-97-113

### Потери почвы от дефляции в Ростовской области

Евгений Валерьянович Полуэктов<sup>1</sup>, Георгий Трифонович Балакай<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

<sup>2</sup>Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

<sup>1</sup>geo@ngma.su

<sup>2</sup>rosniipm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8021-6853>

**Аннотация.** Цель: сбор, анализ и обобщение данных о скорости ветра, интенсивности протекания процессов дефляции в Ростовской области, позволяющих судить о количественной стороне потерь почвы в зависимости от скорости ветра, погодных условий, рельефа местности, способа обработки почвы и других факторов, и разработка ветровых коридоров для условий рассматриваемой области. **Материалы и методы.** Исследования проводились на каштановых почвах, южных и обыкновенных черноземах ОПХ «Рассвет» Аксайского района и ОПХ «Красноармейское» Орловского района Ростовской области, а также проведен анализ и обобщены результаты других ученых, проводивших исследования в Ростовской области с 1969 г. по настоящее время. Измерение скорости ветра производилось анемометрами на высоте 2 м от уровня почвы, а масса перемещенной ветрами почвы определялась методом шпилек и пылеуловителями собственной конструкции. Применены методы анализа и синтеза как системный подход к достижению поставленной цели. **Результаты.** Направление и скорость ветра в Ростовской области зависят от сезонного положения барических центров: сибирского максимума зимой и азорского – летом. За период 54-летних исследований с 1969 по 2023 г. пыльные бури и поземки наблюдались 11 раз, т. е. один раз в пять лет. Математическая обработка данных многолетних исследований позволила получить зависимости для оценки влияния скорости ветра на вынос почвы в среднем за 1 ч, установить коэффициенты выноса почвы, предложить районирование территории области по пяти дефляционным районам, разработать карту-схему дефляционных зон и ветровых коридоров Ростовской области. **Выводы.** Наибольшие потери почвы на ветроударных направлениях были в 1969 г. до 800–900 т/га при продолжительности 300 ч, в 1972 г. – 170–200 т/га при продолжительности 96 ч; в 1984 г. при скорости ветра в дневное время 10–14 м/с с порывами до 25–30 м/с при продолжительности 142 ч потери почвы составили до 218 т/га.

**Ключевые слова:** дефляция, вынос почвы, потери почвы, скорость ветра, ветровые коридоры, эродируемость почвы, агроландшафт

**Для цитирования:** Полуэктов Е. В., Балакай Г. Т. Потери почвы от дефляции в Ростовской области // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 4. С. 97–113. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-4-97-113>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Soil loss from deflation in Rostov region

**Evgeniy V. Poluektov<sup>1</sup>, Georgiy T. Balakay<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

<sup>2</sup>Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

<sup>1</sup>geo@ngma.su

<sup>2</sup>rosniipm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8021-6853>

**Abstract. Purpose:** collection, analysis and generalization of data on wind speed and the intensity of deflation processes in Rostov region, that helps assessing the quantitative side of soil loss depending on wind speed, weather conditions, terrain, tillage method and other factors, and development of wind corridors for the conditions of the region under consideration. **Materials and methods.** The research was carried out on chestnut soils, southern and ordinary chernozems of the agricultural enterprise “Rassvet” of Aksai district and the agricultural enterprise “Krasnoarmeyskoe” of Oryol district of Rostov region, and the results of other scientists, who have been conducting research in Rostov region since 1969, were analyzed and summarized. Wind speed was measured with anemometers at a height of 2 m above the soil level, and the soil mass moved by winds was determined by the Erosion bridge (pin method) and dust collectors of our own design. Methods of analysis and synthesis as a systematic approach to achieving the goal were used. **Results.** The wind direction and speed in Rostov region depend on the seasonal position of pressure centers: the Siberian maximum in winter and the Azores in summer. Over the 54 years of research from 1969 to 2023, dust storms and drifting snow were observed 11 times, i. e. once every five years. Mathematical processing of long-term research data made it possible to obtain dependencies for assessing the effect of wind speed on soil removal on average in 1 hour, to determine soil removal coefficients, to propose zoning of the region into five deflationary regions, to develop a map diagram of deflationary zones and wind corridors of Rostov region. **Conclusions.** The greatest soil losses in wind-impact directions were in 1969 up to 800–900 t/ha for a duration of 300 h, in 1972 – 170–200 t/ha for a duration of 96 h; in 1984, with a daytime wind speed of 10–14 m/s with gusts of up to 25–30 m/s for a duration of 142 h, soil losses amounted to 218 t/ha.

**Keywords:** deflation, soil removal, soil loss, wind speed, wind corridors, soil erodibility, agricultural landscape

**For citation:** Poluektov E. V., Balakay G. T. Soil loss from deflation in Rostov region. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023;13(4):97–113. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-4-97-113>.

**Введение.** Ветер – одно из природных явлений, играющих большую роль в природных экосистемах и жизнедеятельности людей. Он способствует выветриванию минеральных пород и формированию ландшафтов, особенно сильное влияние имеет в пустынях с песками, не закрытыми растениями. Часто наносит вред сельскохозяйственному производству из-за проявления процессов дефляции, при которых огромные массы почвы перемещаются с полей в овраги, водные объекты, на целинные участки, тем самым обедняя почвы на пашне питательными веществами и гумусом, вы-

нуждая разрабатывать и применять почвозащитные системы земледелия, мероприятия по агролесо- и фитомелиорации<sup>1</sup> [1].

Вопросами дефляции почвы занимаются многие ученые в зарубежных странах, используя и совершенствуя методы картирования потенциала ветровой эрозии [2–4], приборное и программное обеспечение [5, 6].

Ветер обладает сильным напором, поэтому используется человеком для получения электроэнергии с помощью ветрогенераторов и выступает как возобновляемый природный энергетический ресурс. Ветер невидим для нашего зрения, но он оказывает физическое воздействие на конструкции вследствие создаваемого напора [7]. Силу и направление ветра необходимо знать при проектировании и строительстве зданий и сооружений, берегоукреплении (габионы) от волн и др. [7, 8]. Архитектурная планировка городов должна учитывать необходимость создания «ветровых коридоров», пропускающих воздушные массы по основным направлениям и выносящих загрязненные потоки из города [9].

В сельском хозяйстве учитываются направления и скорость ветра (роза ветров) для разработки и внедрения почвозащитных систем земледелия на ландшафтной основе [1, 6]. Как уставлено учеными<sup>1</sup>, направление ветра во многом зависит от ландшафта территории. Наличие возвышенностей и гор задерживает и меняет направление ветра в обход таких препятствий, изменение живого сечения воздушного потока способствует созданию ветровых коридоров, в которых значительно увеличиваются скорость и напор ветра [10], иногда до очень больших значений [11, 12].

В Ростовской области «повторяемость направления ветра и его скоростей определяется сезонным положением барических центров: сибирского максимума зимой и азорского – летом» [13]. В зимний период домини-

---

<sup>1</sup>Рябов Е. И. Причина образования ветровых коридоров при пыльных бурях на Северном Кавказе // Результаты исследований, разработка и внедрение научных рекомендаций по защите почв от ветровой эрозии в Европейской части СССР: тез. докл. к Всесоюз. семинару 6–8 июня. Ставрополь, 1972. С. 34–38.

нируют ветры восточных направлений, а в летний период – западные ветры, составляющие соответственно 44–54 и 40–55 %. Наибольшие месячные скорости ветра 6,3–6,9 м/с наблюдаются на водоразделах в районе г. Морозовска и ст. Зимовники и на открытых пространствах вблизи Азовского моря и в поймах рек. Среднее число дней с сильными ветрами составляет по области 22–25 дней. Максимальные скорости ветра с различной повторяемостью составляют: ежегодно – 20–28 м/с, один раз в 10 лет – 24–35 м/с, один раз в 20 лет – 26–37 м/с. Рекордно-максимальная скорость ветра 67 м/с зарегистрирована в Ростовском аэропорту 26 мая 1948 г.

По данным Е. В. Грызлова [14], в Ростовской области в период действия сильных восточных ветров образуются ветровые коридоры, в которых наблюдается максимальное разрушение почвенного покрова. Сдвиг частиц почвы происходит при концентрации потоков воздуха в геоморфологических депрессиях. Многочисленными исследованиями [12, 15] установлены нижние предельные скорости ветра, при которых начинается отрыв от поверхности почвы, подъем и перенос мелкозема и частиц почвы, в т. ч. с черноземов – 5,7–10,9 м/с, с каштановых – 6–10,9 м/с. На обыкновенных черноземах Ростовской области в среднем за 31 год потери почвы от дефляции на полях с зяблевой обработкой составили около 10 т/га, а с посевов озимой пшеницы – 1,9 т/га [1, 15].

В связи с сильными ветрами, Ростовская область является ареной проявления мощных деградационных процессов, влияющих на свойства почвенного покрова, к которым относится дефляция, в значительной степени приводящая к снижению плодородия почв из-за выноса с пашни верхнего самого плодородного слоя почвы. Цель исследований – сбор, анализ и обобщение данных о скорости ветра, интенсивности протекания процессов дефляции в Ростовской области, позволяющих судить о количественной стороне потерь почвы в ветровых коридорах в зависимости от скорости ветра, погодных условий, рельефа местности, способа обработки почвы и других факторов.

**Материалы и методы.** С участием авторов статьи многолетние исследования, посвященные изучению дефляции почв, проводились на черноземах обыкновенных карбонатных ОПХ «Рассвет» Аксайского района, черноземах южных и каштановых почвах ОПХ «Красноармейское» Орловского района Ростовской области, а также проведен анализ и обобщены результаты других ученых, проводивших исследования в Ростовской области с 1969 г. по настоящее время. Использовались общепринятые методы исследований. Измерение скорости ветра производилось анемометрами на высоте 2 м от уровня почвы, а масса перемещенной ветрами почвы определялась методом шпилек и по А. Ю. Романовской, И. Ю. Савину, Z. Vaxodirov, A. Mamatkulov, R. Nurmatov [16, 17], а также пылеуловителями собственной конструкции [1]. Применены методы анализа и синтеза как системный подход при достижении поставленной цели.

**Результаты и обсуждение.** Анализ метеорологических данных показывает, что процессы дефляции на территории области проявляются в виде пыльных бурь и поземок различной степени интенсивности. За период исследований с 1969 по 2023 г. пыльные бури и поземки наблюдались в 1969, 1971, 1972, 1974, 1977, 1984, 1999, 2003, 2009, 2020 и 2023 гг.

подавляющая часть пыльных бурь с максимальной потерей верхнего наиболее плодородного слоя почвы наблюдалась в зимнее или ранневесеннее время года. Например, в 1969, 1972 и 1984 гг. к концу второй декады февраля на обыкновенных черноземах запасы влаги в пахотном слое на зяби и посевах озимой пшеницы понизились по сравнению со второй декадой января на 31–35 мм. Верхний (0–30 см) слой почвы был полностью иссушен, и значительно ослабло сцепление между частицами почвы, а в дальнейшем длительное воздействие (в течение двух месяцев) сильных воздушных потоков при скорости ветра 8–11 м/с и отсутствии снежного покрова вызвало распыление почвы и возникновение пыльных бурь и поземок с потерей почвы 800–900 т/га в 1969 г., 170–200 т/га в 1972 г. В 1984 г.

скорость ветра в дневное время составила 10–14 м/с с порывами до 25–30 м/с, потери почвы – до 218 т/га.

Не менее экстремальной в отношении пыльных бурь оказалась осень 2020 г., когда при недоборе осадков в августе и сентябре (76 % от среднегодовых значений) и продолжительном воздействии сильных ветров на поверхность почвы, лишенную после уборки урожая растительного покрова, вынос мелкозема за период с 29 сентября по 2 октября составил 18–38 т/га.

Намного меньше потери почвы от поземок, действие которых наблюдается в весенне-осенний период. Так, в апреле 1977 г. после повторяющихся в течение 21 дня сильных ветров и иссушения верхнего пахотного горизонта 0–3 см потери почвы на зяби, подготовленной под посев яровых культур, составили 8–12 т/га. Следует отметить, что поземки носят кратковременный характер и перемещение мелкозема осуществляется на небольшое расстояние (150–250 м) с образованием на поверхности поля или у различного рода препятствий эоловой ряби.

На интенсивность дефляции в Ростовской области большое влияние оказывает экспозиция склона. Дефляционные процессы возникают при ветрах восточных направлений, в связи с чем склоны восточной экспозиции являются ветроударными, а противоположные – заветренными. Детальное изучение процессов дефляции на склонах разных экспозиций на черноземах обыкновенных (4-й почвенно-эрозионный район) показало, что как в период зимних пыльных бурь в 1969 и 1984 гг., так и при осенних ветрах 2020 г. скорость ветра на ветроударных склонах была на 9–23 % выше, чем на водоразделе, а на заветренных ниже на 19–22 %. В соответствии с этим вынос мелкозема на склоне восточной экспозиции был на 13–28 % больше, а заветренной на 14–20 % меньше, чем на ровном участке водораздела (таблица 1).

**Таблица 1 – Потери почвы в период пыльных бурь на ранней отвальной зяби**

**Table 1 – Soil loss during dust storms in early moldboard ploughland**

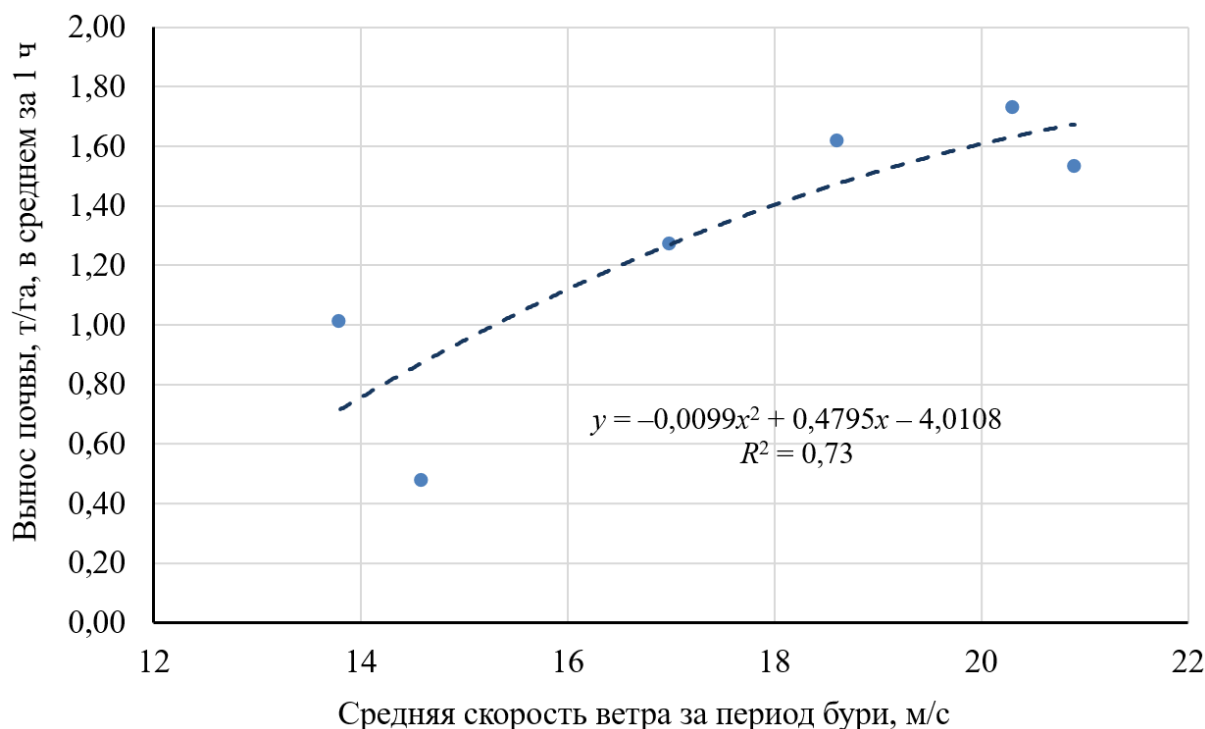
Положение на местности	Скорость ветра средняя, м/с	Продолжительность пыльной бури, ч	Вынос почвы за период бури		Коэффициент выноса
			всего, т/га	в среднем за 1 ч, т/га	
1984 г. (январь – март)					
1) открытое ровное место	17,0	142	180	1,27	1,00
2) наветренный склон восточной экспозиции крутизной 3–5°	20,9	142	218	1,53	1,21
3) заветренный склон западной экспозиции крутизной 3–5°	13,8	142	143	1,01	0,79
2020 г. (сентябрь – октябрь)					
1) открытое ровное место	18,6	18	29,3	1,62	1,00
2) наветренный склон восточной экспозиции крутизной 3–5°	20,3	18	31,2	1,73	1,28
3) заветренный склон западной экспозиции крутизной 3–5°	14,6	18	20,9	0,48	0,86

Согласно полученным данным с использованием материалов прошлых лет исследований (Е. В. Грызлов, 1975; В. К. Левченко, 1972, и др.) в 1969 г. пыльные бури продолжались в течение 300 ч, а вынос мелкозема на отвальной вспашке на черноземах обыкновенных составил до 800 т/га. Таким образом, эродируемость почвы достигла 2,637 т/ч. Интенсивные пыльные бури наблюдались в 1972 г. в течение 96 ч, среднечасовая потеря почвы составила 2,07 т/га. Продолжительность пыльной бури в холодный период 1984 г. составила 142 ч при эродируемости на ровном участке водораздела 1,27 т/(га·ч). Самая непродолжительная по времени (18 ч) пыльная буря сформировалась в начале осени 2020 г., но интенсивность выноса почвы в связи с большой скоростью ветра и сухим верхним слоем почвы была значительной – 1,62 т/(га·ч).

В период проявления поземок в связи с их кратковременностью и меньшей скоростью ветра (7–10 м/с) эродируемость почвенного покрова была на порядок ниже и не превышала 0,2–0,3 т/(га·ч).

Были также проанализированы факторы, способствующие развитию

процессов дефляции. В частности, подсчитано количество часов за период проявления пыльных бурь со скоростью ветра более 8 м/с на черноземах обыкновенных ОПХ «Рассвет» Аксайского района осенью 2020 г., на основании этого была рассчитана эродируемость почвы за 1 ч и получена зависимость выноса почвы от скорости ветра с высоким коэффициентом аппроксимации (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Взаимосвязь между скоростью ветра за период бури и выносом почвы в среднем за 1 ч**

**Figure 1 – Relationship between wind speed during the storm and soil removal on average in 1 hour**

Согласно районированию в СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия. Ветровые районы и ветровые нагрузки» (таблица 11.1), Ростовская область отнесена к III ветровому району. Ученые по интенсивности эрозии и дефляции разделили территорию Ростовской области на пять зон или дефляционных районов, каждый из которых характеризуется спецификой проявления деграционных процессов. В связи с тем, что процессы дефляции проявляются на территории области не везде одинаково и зависят от географических и топографических факторов, были выделены места



максимальной концентрации ветровых потоков, которые получили название «ветровых коридоров» (рисунок 2).



**Обозначения**

- — — — — Граница Ростовской области      - - - - - Граница дефляционного района
- Ⓟ — Номер дефляционного района      [ ] — Ветровые коридоры
- [ 1 ] — Номер ветрового коридора, в т. ч.: 1 – Манычско-Кагальницкий;  
 2 – Заветинско-Цимлянский; 3 – Манычский; 4 – Песчанокопский; 5 – Сальский;  
 6 – Ростовский; 7 – Новочеркасский; 8 – Цимлянский (Краснокутский);  
 9 – Каменский; 10 – Миллеровский; 11 – Мечетинский; 12 – Чирско-Вешенский

**Рисунок 2 – Схема ветровых коридоров и дефляционные зоны Ростовской области (авторы – Е. В. Полуэктов, Г. Т. Балакай)**

**Figure 2 – Scheme of wind corridors and deflationary areas of Rostov region (authors: E. V. Poluektov, G. T. Balakay)**

Как показали стационарные и маршрутные исследования, в период пыльных бурь скорость ветра и вынос мелкозема вне зоны ветровых коридоров были на 38–44 % ниже, чем в них самих. Далее на первый план выходит установление количественных потерь почвы от дефляции, знание которых позволит научно обосновать систему почвозащитных мероприятий в каждом конкретном случае. Так как систематические исследования пыльных бурь начались с 1969 г., в настоящее время накоплен довольно обширный материал, характеризующий факторы проявления дефляции<sup>2, 3</sup>, потери почвы от выдувания практически на всей территории Ростовской области [14, 18–23].

Это позволило нам определить ежегодные потери почвы от дефляции в зоне ветровых коридоров по каждому дефляционному району (таблица 2). Как и следовало ожидать, максимальные потери почвы имели место на востоке области, представленном неустойчивыми к дефляции каштановыми почвами. Здесь во втором дефляционном районе среднегодовые потери почвы составляют свыше 20,0 т/га.

**Таблица 2 – Потери почвы от дефляции в зоне основных ветровых коридоров**

**Table 2 – Soil loss from deflation in the area of the main wind corridors**

Дефляционный район (см. рисунок 2)	Преобладающая почва	Потеря почвы от дефляции		
		Водо-раздел	Ветро-ударный склон	Заветренный склон
1	2	3	4	5
1) очень сильной дефляции (восток)	Каштановые	21,3 1,00	25,6 (1,20)	17,0 (0,80)
2) сильной, местами умеренной дефляции (северо-восток)	Черноземы южные и темно-каштановые почвы	8,7 1,00	10,4 (1,19)	7,0 (0,81)

<sup>2</sup>Самоследов А. Т. Эффективность технологии почвозащитного возделывания зерновых колосовых культур на юго-востоке Ростовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.04. Воронеж, 1980. 22 с.

<sup>3</sup>Левченко В. К. Почвозащитная (плоскорезная) технология возделывания зерновых культур в сети лесных полос на юго-востоке Ростовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.04. Новочеркасск, 1973. 21 с.

Продолжение таблицы 2

Table 2 continued

1	2	3	4	5
3) слабой дефляции (северо-запад)	Черноземы южные	6,3 1,00	7,6 (1,20)	5,0 (0,80)
4) умеренной, местами сильной дефляции (Приазовье)	Черноземы обыкновенные мощные и среднемощные карбонатные	11,9 1,00	15,5 (1,23)	9,2 (0,77)
5) сильной дефляции (Предкавказье)	Черноземы обыкновенные сверхмощные и мощные карбонатные	13,8 1,00	16,4 (1,19)	11,2 (0,81)

С одной стороны, это объясняется невысокой оструктуренностью почвы, что связано с заметным снижением содержания и запасов гумуса [24, 25], с другой – высокой распаханностью территории, которая достигает 54–60 % от площади сельскохозяйственных угодий. На территории данной зоны 48 % сельхозугодий расположены в зоне действия ветровых коридоров.

На втором месте по потерям почвы от дефляции – самые благоприятные в сельскохозяйственном отношении первый и третий дефляционные районы, представленные черноземами обыкновенными мощными и сверхмощными. Значительное количество карбонатов в почвенном профиле и широкое применение тяжелой сельскохозяйственной техники ведут к распылению почвенной структуры с образованием большого количества (до 55–58 %) дефляционно опасных фракций. Кроме того, здесь так же, как и в первой зоне, насчитывается несколько ветровых коридоров, площадь которых составляет 41–46 % от общей территории зоны.

Значительными потерями почвы от дефляции характеризуется территория Северного Приазовья (третий почвенно-эрозионный район). Как раз по нему имеется наибольшее количество экспериментальных данных, связанных с дефляцией почв, так как здесь расположены Донской государственный аграрный университет и ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (ранее Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства). В зоне до 40 % площади сельскохозяйственных угодий находится в ветровых коридорах.

В меньшей степени подвержен дефляции север Ростовской области – четвертый и пятый дефляционные районы. Количественные потери почвы здесь в 2,1–2,4 раза ниже, чем на каштановых почвах и черноземах обыкновенных. Вместе с тем ветровые коридоры, площадь которых составляет до 25–27 %, в основном приходятся на левобережные участки р. Дон, Северский Донец, Чир, Калитва, представленные песками и супесчаными почвами. На них коэффициент выдувания в 1,5–1,8 раза выше, чем на тяжелосуглинистых почвах. На рисунке 3 представлены фотографии состояния и переноса почвы в период пыльных бурь в сентябре 2020 г.



*a* – почва, задержанная стерней растений; *b* – намело ветром почву вдоль дороги  
*a* – soil retained by plant stubble; *b* – the wind swept the soil along the road

**Рисунок 3 – Перемещенная почва в ветровом коридоре Цимлянский (№ 8 на рисунке 2), Белокалитвенский район Ростовской области, сентябрь 2020 г. (фото Г. Т. Балакая)**

**Figure 3 – Displaced soil in the Tsimlyansky wind corridor (no. 8 in Figure 2), Belokalitvensky district Rostov region, September 2020 (photo by G. T. Balakay)**

Приведенные выше данные о потерях почвы в результате дефляции касаются только лишь зоны ветровых коридоров. Вне зоны распространения ветровых коридоров интенсивность потерь почвы во время пыльных бурь на 38–44 % ниже.

## **Выводы**

1 Направление и скорость ветра в Ростовской области определяются сезонным положением барических центров: сибирского максимума зимой и азорского – летом.

2 За период исследований с 1969 по 2023 г. пыльные бури и поземки наблюдались в 1969, 1971, 1972, 1974, 1977, 1984, 1999, 2003, 2009, 2020 и 2023 гг., они вызывали дефляцию и снижение плодородия почвы. Наибольшие потери почвы на ветроударных направлениях были в 1969 г. – до 800–900 т/га при продолжительности 300 ч, в 1972 г. – 170–200 т/га при продолжительности 96 ч, в 1984 г. – при скорости ветра в дневное время 10–14 м/с с порывами до 25–30 м/с и 142 ч, потери почвы составили до 218 т/га.

3 На основе анализа и обобщения результатов многолетних собственных исследований и данных других ученых предложено районирование Ростовской области по пяти дефляционным районам с нанесением на карту-схему основных ветровых коридоров.

## **Список источников**

1. Полуэктов Е. В. Эрозия почв и плодородие: монография / Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т Донского ГАУ. Новочеркасск: Лик, 2020. 229 с.
2. Use of <sup>137</sup>Cs for soil erosion assessment / E. Fulajtar, L. Mabit, C. S. Renschler, A. Lee Zhi Yi; Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2017. 64 p.
3. Mapping soil degradation using remote sensing data and ancillary data: South-East Moravia, Czech Republic / D. Zížala, A. Juřicová, T. Zádorová, K. Zelenková, R. Minařík // European Journal of Remote Sensing. 2019. Vol. 52. P. 108–122. DOI: 10.1080/22797254.2018.1482524.
4. Quantitative soil wind erosion potential mapping for Central Asia using the Google Earth Engine platform / W. Wang, A. Samat, Y. Ge, L. Ma, A. Tuheti, S. Zou, J. Abuduwaili // Remote Sensing. 2020. Vol. 12, iss. 20. 3430. <https://doi.org/10.3390/rs12203430>.
5. Prediction of soil wind erodibility using a hybrid Genetic algorithm – Artificial neural network method / I. Kouchami-Sardoo, H. Shirani, I. Esfandiarpour-Boroujeni, A. A. Be-salatpour, M. A. Hajabbasi // Catena. 2020. Vol. 187. 104315. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104315>.
6. A new assessment of soil loss due to wind erosion in European agricultural soils using a quantitative spatially distributed modelling approach / P. Borrelli, E. Lugato, L. Montanarella, P. Panagos // Land Degradation & Development. 2017. Vol. 28, iss. 1. P. 335–344. DOI: 10.1002/ldr.2588.
7. Формирование стационарных полей концентраций выбросов газовых загряз-

нителей во внешней зоне влияния предприятий цветной металлургии / А. Л. Петелин, Т. Л. Лепкова, Е. А. Новикова, А. А. Новиков // Цветные металлы. 2021. № 12. DOI: 10.17580/tsm.2021.12.03.

8. Петелин А. Л., Новикова Е. А., Орёлкина Д. Е. Аэрозольный перенос газовых выбросов промышленных предприятий на дальние расстояния // Вопросы науки и образования. 2019. № 3. С. 10–22.

9. Anenberg S., Héroux M.-E., Wothe S. Оценка риска для здоровья от загрязнения воздуха – общие принципы [Электронный ресурс]. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ, 2016. 30 с. URL: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/329679/9789289051354-rus.pdf> (дата обращения: 02.11.2021).

10. Павленко Д. В. Структура опасных морфогенетических процессов в ландшафтах Кочубеевского района // Молодой ученый. 2021. № 12(354). С. 51–55.

11. Abuzaid A. S., El-Shirbeny M. A., Fadl M. E. A new attempt for modeling erosion risks using remote sensing-based mapping and the index of land susceptibility to wind erosion // Catena. 2023. 227. 107130. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107130>.

12. Полуэктов Е. В., Масный Р. С., Балакай Г. Т. Влияние агротехнических мероприятий и мелиоративных защитных лесных насаждений на дефляцию почв Ростовской области // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2023. Т. 13, № 2. С. 19–38. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1353> (дата обращения: 01.09.2023). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-2-19-38>.

13. Климат и агроклиматические ресурсы Ростовской области / Ю. Н. Хрусталеv, В. Н. Василенко, И. В. Свисюк, В. Д. Панов, Ю. А. Ларионов. Ростов н/Д.: Бат. кн. изд-во, 2002. 184 с.

14. Грызлов Е. В. Почвозащитная система земледелия: монография. Ростов н/Д., 1975. 136 с.

15. Полуэктов Е. В., Балакай Г. Т., Кулаева Я. И. Потери почвы от дефляции на обыкновенных черноземах Ростовской области // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 4(80). С. 52–59.

16. Романовская А. Ю., Савин И. Ю. Современные методы мониторинга ветровой эрозии почв // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. 2020. № 104. С. 110–157. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-104-110-157>.

17. Ваходиров Z., Mamatkulov A., Nurmatov R. The latest methods for monitoring wind erosion of soils // Science and Innovation. Series D. 2022. Vol. 1, iss. 6. <https://scientists.uz/view.php?id=1360>.

18. Ивонин В. М. Анализ мелиоративного потенциала лесоаграрного ландшафта // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 2(34). С. 51–57. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=970> (дата обращения: 01.09.2023). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-51-67.

19. Миронченко С. Ф., Самоследов А. Т. Противоэрозионный эффект // Сельские зори. 1978. № 7. С. 18–19.

20. Почвозащитная технология возделывания основных сельскохозяйственных культур на землях, подверженных ветровой эрозии в Ростовской области: рекомендации / С. Ф. Миронченко, Н. И. Гринько, Г. Ф. Тревога, В. Д. Гребцов. Персиановка, 1978. 48 с.

21. Миронченко С. Ф., Тревога Г. Ф. К вопросу о зонах применения технологии плоскорезной обработки почвы в Ростовской области // Приемы повышения урожайности с.-х. культур: сб. ст. Т. 13, вып. 1. Персиановка, 1978. С. 65–68.

22. Миронченко С. Ф., Гребцов В. Д., Василенко В. Н. Усовершенствование системы земледелия Обливского района Ростовской области при новых формах владения земельными ресурсами и их использования // Биотехнология и производство экологически чистой продукции сельского хозяйства. Персиановка, 1994. С. 74–77.

23. Миронченко С. Ф., Гринько Н. И., Гребцов В. Д. Совершенствование системы севооборотов в хозяйствах Обливского района в различных почвенных зонах // Экологическое состояние и управление плодородием агроландшафтов: сб. науч. тр. Персиановка, 1995. С. 85–88.

24. Полуэктов Е. В. Эрозия почв на Дону и меры борьбы с ней. Ростов н/Д., 1984. 161 с.

25. Безуглова О. С., Хырхырова М. М. Почвы Ростовской области. Ростов н/Д., 2008. 352 с.

## References

1. Poluektov E.V., 2020. *Eroziya pochv i plodorodie: monografiya* [Soil Erosion and Fertility: monograph]. Novochoerkassk Land Reclamation Engineering Institute of Don State Agrarian University, Novochoerkassk, Lik Publ., 229 p. (In Russian).

2. Fulajtar E., Mabit L., Renschler C.S., Lee Zhi Yi A., 2017. Use of <sup>137</sup>Cs for soil erosion assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 64 p.

3. Zížala D., Juřicová A., Zádorová T., Zelenková K., Minařík R., 2019. Mapping soil degradation using remote sensing data and ancillary data: South-East Moravia, Czech Republic. *European Journal of Remote Sensing*, vol. 52, pp. 108-122, DOI: 10.1080/22797254.2018.1482524.

4. Wang W., Samat A., Ge Y., Ma L., Tuheti A., Zou S., Abuduwaili J., 2020. Quantitative soil wind erosion potential mapping for Central Asia using the Google Earth Engine platform. *Remote Sensing*, vol. 12, iss. 20, 3430, <https://doi.org/10.3390/rs12203430>.

5. Kouchami-Sardoo I., Shirani H., Esfandiarpour-Boroujeni I., Besalatpour A.A., Hajabbasi M.A., 2020. Prediction of soil wind erodibility using a hybrid Genetic algorithm – Artificial neural network method. *Catena*, vol. 187, 104315, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104315>.

6. Borrelli P., Lugato E., Montanarella L., Panagos P., 2017. A new assessment of soil loss due to wind erosion in European agricultural soils using a quantitative spatially distributed modelling approach. *Land Degradation & Development*, vol. 28, iss. 1, pp. 335-344, DOI: 10.1002/ldr.2588.

7. Petelin A.L., Lepkova T.L., Novikova E.A., Novikov A.A., 2021. *Formirovanie stacionarnykh poley kontsentratsiy vybrosov gazovykh zagryazniteley vo vneshney zone vliyaniya predpriyatiy tsvetnoy metallurgii* [Building stationary gas emissions concentration fields in the external areas impacted by non-ferrous metal producers]. *Tsvetnye metally* [Non-Ferrous Metals], no. 12, DOI: 10.17580/tsm.2021.12.03. (In Russian).

8. Petelin A.L., Novikova E.A., Orelkina D.E., 2019. *Aerazol'nyy perenos gazovykh vybrosov promyshlennykh predpriyatiy na dal'nie rasstoyaniya* [Aerosol transfer of gas emissions from industrial enterprises over long distances]. *Voprosy nauki i obrazovaniya* [Problems of Science and Education], no. 3, pp. 10-22. (In Russian).

9. Anenberg S., Héroux M.-E., Wothe S., 2016. *Otsenka riska dlya zdorov'ya ot zagryazneniya vozdukha – obshchie printsipy* [Health Risk Assessment From Air Pollution – General Principles]. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 30 p., available: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/329679/9789289051354-rus.pdf> [accessed 02.11.2021]. (In Russian).

10. Pavlenko D.V., 2021. *Struktura opasnykh morfogeneticheskikh protsessov v landshaftakh Kochubeevskogo rayona* [Structure of dangerous morphogenetic processes in the landscapes of the Kochubeevsky region]. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist], no. 12(354), pp. 51-55. (In Russian).

11. Abuzaid A.S., El-Shirbeny M.A., Fadi M.E., 2023. A new attempt for modeling erosion risks using remote sensing-based mapping and the index of land susceptibility to wind erosion. *Catena*, 227, 107130, <https://doi.org/10.1016/j.catena.107130>.

12. Poluektov E.V., Masny R.S., Balakai G.T., 2023. [Impact of agrotechnical measures and reclamation protective forest plantations on soil deflation in Rostov region]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 13, no. 2, pp. 19-38, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1353> [accessed 01.09.2023], <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-2-19-38>. (In Russian).

13. Khrustalev Yu.N., Vasilenko V.N., Svisyuk I.V., Panov V.D., Larionov Yu.A., 2002. *Klimat i agroklimaticheskie resursy Rostovskoy oblasti* [Climate and Agroclimatic Resources of Rostov Region]. Rostov-on-Don, Bataysk Book Publ., 184 p. (In Russian).

14. Gryzlov E.V., 1975. *Pochvozashchitnaya sistema zemledeliya: monografiya* [Soil Protection System of Agriculture: monograph]. Rostov-on-Don, 136 p. (In Russian).

15. Poluektov E.V., Balakai G.T., Kulaeva Ya.I., 2020. *Poteri pochvy ot deflyatsii na obyknovennykh chernozemakh Rostovskoy oblasti* [Soil loss from deflation on ordinary chernozems in Rostov region]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(80), pp. 52-59. (In Russian).

16. Romanovskaya A.Yu., Savin I.Yu., 2020. *Sovremennye metody monitoringa vetrovoy erozii pochv* [Modern techniques for monitoring wind soil erosion]. *Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V. V. Dokuchaeva* [Dokuchaev Soil Bulletin], no. 104, pp. 110-157, <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-104-110-157>. (In Russian).

17. Baxodirov Z., Mamatkulov A., Nurmatov R., 2022. The latest methods for monitoring wind erosion of soils. *Science and Innovation. Series D*, vol. 1, iss. 6, <https://scientists.uz/view.php?id=1360>.

18. Ivonin V.M., 2019. [Analysis of the reclamation potential of the forest-agrarian landscape]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 2(34), pp. 51-57, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=970> [accessed 01.09.2023], DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-51-67. (In Russian).

19. Mironchenko S.F., Samosledov A.T., 1978. *Protivoerozionnyy effekt* [Anti-erosion effect]. *Sel'skie zori* [Rural Dawns], no. 7, pp. 18-19. (In Russian).

20. Mironchenko S.F., Grinko N.I., Trevoga G.F., Grebtsov V.D., 1978. *Pochvozashchitnaya tekhnologiya vozdeystviya osnovnykh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na zemlyakh, podverzhennykh vetrovoy erozii v Rostovskoy oblasti: rekomendatsii* [Soil Protection Technology for Cultivating Main Agricultural Crops on Lands Subject to Wind Erosion in Rostov Region: recommendations]. *Persianovka*, 48 p. (In Russian).

21. Mironchenko S.F., Trevoga G.F., 1978. *K voprosu o zonakh primeneniya tekhnologii ploskoreznoy obrabotki pochvy v Rostovskoy oblasti* [On issue of areas of flat-cut soil cultivation technology application in Rostov region]. *Priemy povysheniya urozhaynosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: sb. statey* [Techniques for Increasing Agricultural Crops Yields: collection of articles], vol. 13, iss. 1. *Persianovka*, pp. 65-68. (In Russian).

22. Mironchenko S.F., Grebtsov V.D., Vasilenko V.N., 1994. *Usovershenstvovanie sistemy zemledeliya Oblivskogo rayona Rostovskoy oblasti pri novykh formakh vladeniya zemel'nymi resursami i ikh ispol'zovaniya* [Improvement of the agricultural system of the Oblivsky district of the Rostov region with new forms of ownership of land resources and their use]. *Biotekhnologiya i proizvodstvo ekologicheskoi chistoy produktsii sel'skogo khozyaystva* [Biotechnology and Production of Environmentally Friendly Agricultural Products]. *Persianovka*, pp. 74-77. (In Russian).

23. Mironchenko S.F., Grinko N.I., Grebtsov V.D., 1995. *Sovershenstvovanie sistemy sevooborotov v khozyaystvakh Oblivskogo rayona v razlichnykh pochvennykh zonakh* [Improving the crop rotation system in the farms of Oblivsky region in various soil zones]. *Ekologicheskoe sostoyanie i upravlenie plodorodiem agrolandshaftov: sbornik nauchnykh trudov* [Ecological State and Management of Agricultural Landscapes Fertility: coll. of scientific papers]. *Persianovka*, pp. 85-88. (In Russian).



24. Poluektov E.V., 1984. *Eroziya pochv na Donu i mery bor'by s ney* [Soil Erosion on the Don and Measures to Combat it]. Rostov-on-Don, 161 p. (In Russian).

25. Bezuglova O.S., Khyrkhyrova M.M., 2008. *Pochvy Rostovskoy oblasti* [Soils of Rostov Region]. Rostov-on-Don, 352 p. (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](mailto: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](mailto:rosniipm@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8021-6853>, AuthorID: 267782.

#### ***Information about the authors***

**E. V. Poluektov** – Head of the Chair of Soil Science, Irrigated Agriculture and Geodesy, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Novochoerkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novochoerkassk, Russian Federation, [geo@ngma.su](mailto:geo@ngma.su), AuthorID: 704329;

**G. T. Balakay** – Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novochoerkassk, Russian Federation, [rosniipm@yandex.ru](mailto:rosniipm@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8021-6853>, AuthorID: 267782.

*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 17.08.2023; одобрена после рецензирования 17.10.2023; принята к публикации 17.10.2023.*

*The article was submitted 17.08.2023; approved after reviewing 17.10.2023; accepted for publication 17.10.2023.*