



УДК 551.583:551.34(470.44–25)

## РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЧЕРНОЗЕМАХ ПОВОЛЖЬЯ

И. Ф. Медведев<sup>1</sup>, Н. Г. Левицкая<sup>1</sup>, В. З. Макаров<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока», Саратов

E-mail: raiser\_Saratov@mail.ru

<sup>2</sup> Саратовский национальный исследовательский

государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

E-mail: geogr@sgu.ru

В статье представлены результаты мониторинга эрозионных процессов на черноземах Поволжья в период с 1973 по 2015 год. Показано, что наблюдаемое повышение зимних температур способствует уменьшению глубины промерзания почвы, увеличению числа дней с оттепелями и снижению запасов воды в снеге к началу снеготаяния. Эти процессы улучшают условия поглощения талых вод и приводят к уменьшению величины весеннего стока. В последний 30-летний период величина стока уменьшилась на зяби в 3,8 раза, а на уплотненной пашне в 5,7 раза. Смыв почвы весной уменьшился в среднем в 6,2 раза. Активность ливневой эрозии увеличилась в 4,5 раза. В среднем потери почвы с одного гектара севооборотной площади за более активный период проявления ливневой эрозии (1983–2014 гг.) увеличились в 1,3 раза. **Ключевые слова:** весенний сток, смыв почвы, крутизна склона, экспозиция склона, ливневая эрозия.

### The Results of Monitoring of Erosion Processes on Chernozems of the Volga Region

I. F. Medvedev, N. G. Levitskaya, V. Z. Makarov

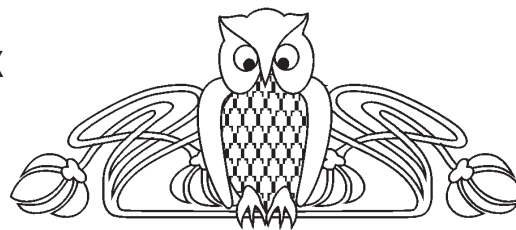
The article presents the results of monitoring of erosion processes on chernozems of the Volga region from 1973 to 2015. It is shown that the observed increase in winter temperatures can reduce the depth of soil freezing, increase the number of days with thaws and reduction of water reserves in the snow to the top of the snow melting. These processes improve the absorption of melt water conditions and lead to a decrease of spring runoff. In the last 30 years of flow value decreased by 3,8 times in the plowed fields, and compacted arable land – 5,7 times. Soil erosion in the spring fell by an average of 6,2 times. Storm erosion activity increased by 4.5 times. The average soil loss per hectare of crop rotation for a period of active manifestation of storm erosion (1983–2014 biennium) increased by 1,3 times.

**Key words:** spring runoff, soil erosion, slope, slope exposition, storm erosion.

DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-3-142-146

### Введение

Эрозия почв является одним из основных деградационных процессов, способствующих снижению почвенного плодородия и урожайности сельскохозяйственных культур. Исследования показывают, что только в результате проявления процессов водной эрозии черноземная пашня ежегодно теряет от 1 до 1,5 т/га гумуса, а площадь черноземной пашни, в различной степени разру-



шенная процессами водной эрозии, составляет в регионе более 55% [1, 2].

Поэтому мониторинг и оценка степени интенсивности эрозионных процессов в конкретных условиях местности являются важнейшей задачей современной аграрной науки. Особую актуальность эти вопросы приобрели в условиях наблюдаемого изменения климата, оказывающего влияние на развитие и направленность многих природных процессов, включая факторы формирования поверхностного стока.

К основным факторам, способствующим развитию процессов эрозии в Поволжье, относятся рельеф (склоновые земли занимают около 60% территории), сильная расчлененность овражно-балочной сетью (коэффициент расчлененности 0,56–0,70 км/км<sup>2</sup>), высокая распаханность, невысокая культура земледелия, ливневый характер выпадения осадков и др.

В настоящей статье излагаются результаты изучения эрозионных процессов на различных агрофонах в зависимости от крутизны и экспозиции склона, объема и интенсивности ливневых осадков за 42-летний период.

### Объекты и методы

Исследования проводились в длительных стационарных опытах на полях экспериментального хозяйства ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» с 1973 по 2015 г. Опыты заложены на склоне южной экспозиции с крутизной 2–3 и 5–7° и северной экспозиции крутизной 3–5°. Почва – чернозем южный, маломощный малогумусный, легкоглинистый, слабо- и среднеэродированный на делювиальных отложениях. Содержание гумуса 2,5–3,0%.

Изучение особенностей формирования стока и проявления эрозионных процессов проводилось в полевых и почвозащитных севооборотах на участках глубокой зяблевой обработки (на 25–27 см) и уплотненной пашни (озимые, многолетние травы).

Учет количества талых вод и смыва почвы проводился на стоковых площадках размером 20x100 м. Величина стока определялась при помощи треугольных водосливов с тонкой стенкой и углом выреза 45°. Величина смыва почвы в период весеннего стока определялась по выносу с жидким стоком и после окончания весеннего стока. Смыв почвы от ливней определялся по объему водороев согласно общепринятым методикам.



Для достижения поставленной цели были также использованы многолетние ряды наблюдений за параметрами окружающей среды по метеостанции Саратов ЮВ.

При анализе материала использовались статистический и корреляционный методы, а также метод построения трендов.

### Результаты и обсуждение

В проведенных ранее исследованиях было показано, что общие черты изменения климата на территории Поволжья выражаются в последовательном повышении температуры воздуха, особенно значительном в холодный период, а также увеличении осадков, выпадающих в осенне-зимний период, уменьшении их в теплый период года и существенном росте экстремальности выпадающих осадков [3, 4].

Повышение зимних температур способствует уменьшению глубины промерзания почвы и увеличению числа дней с оттепелями. В экстремально теплые зимы максимальная глубина промерзания почвы составляет всего 25...30 см при климатической норме 140...160 см, а число дней с оттепелями достигает за холодный период 45...77 при норме 32 дня. Продолжительные глубокие оттепели вызывают таяние снега, а нередко обуславливают и полный сход снежного покрова с полей, что приводит к уменьшению запасов воды в снеге к началу снеготаяния (рис. 1).

Рост зимних температур способствует более ранним срокам начала снеготаяния, а также увеличению его продолжительности. Наблюдаемые тенденции способствуют уменьшению интенсивности снеготаяния и снижению величины стока, что четко иллюстрируют тренды стока талых вод с зяби и уплотненной пашни, построенные по данным длительного стационарного опыта (рис. 2).

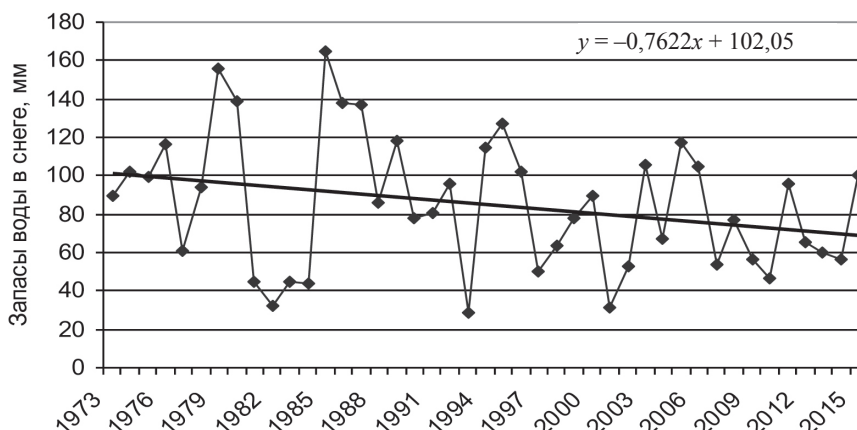


Рис. 1. Динамика запасов воды в снеге, мм, перед началом снеготаяния, м/с, Саратов ЮВ

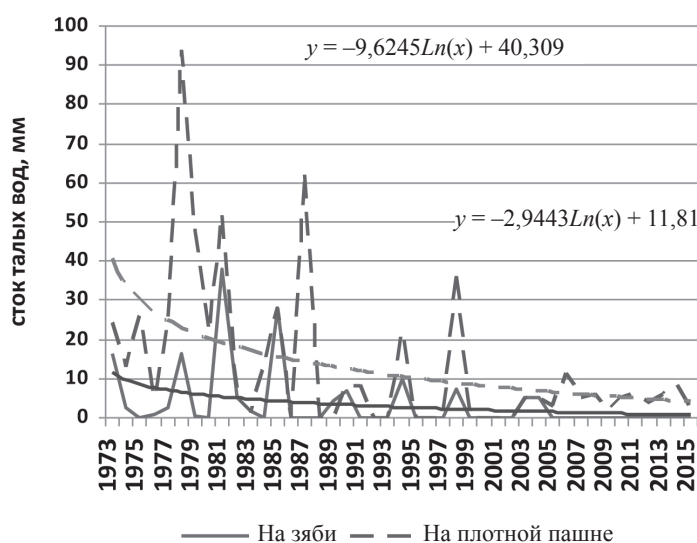


Рис. 2. Тренд весеннего стока талых вод на зяби и уплотненной пашне, экспериментальное хозяйство ФБГНУ «НИИСХ Юго-Востока»



В начале исследуемого периода весенний сток формировался ежегодно, за исключением 1975 г., когда он наблюдался только на уплотненной пашне [5].

В среднем за 10 лет (1973–1982 гг.) величина стока на зяби составила 10,0 мм, а на уплотненной паше – 34,5 мм. В следующем десятилетии (1983–1992 гг.) величина стока уменьшилась до 5,6 мм и 19,1 мм, а в последние 10 лет – до 1,3 мм и 9,1 мм.

Исследованиями установлено, что наиболее эрозионно опасной поверхностью при весеннем

стоке является уплотненная пашня (слаборазвитые озимые по чистым парам, многолетние травы 1-го года при летнем посеве, участки с мелким рыхлением почвы). В среднем за 10 лет в многоводный период исследований смыв почвы на зяби весной составил 2,5 т/га, а на уплотненной пашне – 3,7 т/га. В маловодный период наблюдений весенний смыв почвы на зяби уменьшился до 0,4 т/га, а на уплотненной пашне – до 0,6 т/га, т. е. приблизительно в 6 раз (табл. 1).

Таблица 1

**Весенний сток и смыв почвы на зяби и уплотненной пашне в различные по водности периоды исследований. Экспериментальное хозяйство НИИСХ Юго-Востока, склон южной экспозиции**

Период (годы)	Зябь		Уплотненная пашня	
	Сток, мм	Смыв почвы, т/га	Сток, мм	Смыв почвы, т/га
1973–1982 (многоводный)	10,0	2,5	34,5	3,7
1983–2014 (маловодный)	2,6	0,4	6,0	0,6
Среднее	6,3	1,5	20,2	2,1

Существенное влияние на развитие эрозионных процессов оказывают экспозиция и крутизна склона.

Наблюдения показали, что к моменту начала весеннего снеготаяния на склоне северной экспозиции толщина снегового покрова была в среднем на 10–12 см выше, а запасы воды в снеге на 30–35 мм больше, чем на склоне южной экспозиции. При этом повторяемость лет с максимальной высотой снежного покрова, превышающей 40 см, на северном склоне составила 30%, а на южном склоне – менее 20%.

В условиях черноземной зоны Поволжья снеготаяние на теневых склонах начинается на 5–7 дней позже и заканчивается на 7–10 дней

позже, чем на южных склонах. В результате делювиальные потоки, несущие весной мелкозем, достигнув снежных наносов, сохранившихся еще на северных склонах, оставляют этот мелкозем на поверхности снега, как на фильтре. Дальнейший снос мелкозема по склону вниз происходит значительно медленнее, поскольку снеговые воды начинают поглощаться уже растаявшей почвой или умеренными струйками стекают в тальвег балки.

По результатам проведенных исследований среднегодовой сток талых вод на склоне северной экспозиции в многоводный период (1973–1982 гг.) составил 11,8 мм, а на южном склоне он был равен 24,8 мм, т. е. был в 2,1 раза выше (табл. 2).

Таблица 2

**Величина весеннего стока и смыва почвы в зависимости от экспозиции склона. Экспериментальное хозяйство НИИСХ Юго-Востока**

Период (годы)	Северный склон		Южный склон	
	Сток, мм	Смыв почвы, т/га	Сток, мм	Смыв почвы, т/га
1973–1982 (многоводный)	11,8	2,7	24,8	5,9
1983–2014 (маловодный)	5,9	0,11	6,5	0,16
Среднее	8,8	1,4	15,6	3,0

В период, когда интенсивность формирования весеннего стока (1983–2014 гг.) значительно снизилась, величина потерь снеговой воды на разноориентированных склонах сблизилась и находилась в пределах 5,9–6,5 мм. За весь период наблюдений доля лет с отсутствием стока талых вод на южном склоне составила 35%, а на северном склоне она достигала 55%.

Особенности формирования стока талых вод на склонах южной и северной экспозиций влияют на величину смыва почвы. Установлена прямая корреляционная зависимость между объемом

стока и величиной смыва почвы. Коэффициент корреляции при этом составил  $r = 0,74 \pm 0,16$ . В среднем потери почвы на 1 мм стока по разноориентированным склонам составили: в многоводный период 231–237 кг, маловодный 18,6–24,0 кг. Абсолютные среднегодовые потери почвы в период весеннего стока составили на северном склоне 1,4 т/га, на южном 3,0 т/га.

Процесс формирования весеннего стока и смыва почвы существенно изменяется с увеличением крутизны склона. Об этом свидетельствуют результаты опытов, проведенных на



склоне южной экспозиции. В среднем за период исследований сток талых вод при крутизне склона 2–3° был в 1,2 раза меньше, а эрозия почвы в 1,8 раза ниже, чем при уклоне 5–7°. В сево-

бороте с плотной пашней сток воды на склоне крутизной 2–3° был в 2,3 раза выше, а смыв почвы в 2,5 раза ниже, чем в зернопаропропашном севообороте (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние крутизны склона и состояния поверхности поля на величину весеннего стока и смыва почвы. Экспериментальное хозяйство НИИСХ Юго-Востока, склон южной экспозиции (1973–2000 гг.)**

Крутизна склона, °	Зерноотравной севооборот		Зернопаропропашной севооборот	
	Сток, мм	Потери почвы, т/га	Сток, мм	Потери почвы, т/га
2–3	18,1	1,9	7,5	4,7
5–7	20,7	3,7	9,2	8,4
В среднем	19,4	2,8	8,4	6,5

Огромный ущерб почвенному плодородию на пахотных землях наносит ливневая эрозия. В условиях наблюдаемого изменения климата уменьшение величины весеннего стока талых вод и смыва почвы сопровождается увеличением активности проявления ливневой эрозии, что связано с усилением экстремальности осадков, выпадающих в теплый период.

Наиболее опасны в отношении развития эрозии ливни в апреле, мае и сентябре, когда почва совсем не защищена растительным покровом, либо защищена слабо. На паровых полях опасность возникновения очагов ливневой эрозии сохраняется в течение всего периода ухода за ними.

Особенно эрозионно опасными принято считать дожди со слоем осадков  $\geq 10$  мм. От общего количества осадков за летний период в виде ливней выпадает 35–40%. В условиях современного изменения климата региона среднее число дней с осадками слоем  $\geq 10$  мм в целом за год увеличилось по сравнению с климатической нормой в 1,3 раза. Наибольший рост числа таких дней отмечается ранней весной и в осенне-зимний период.

Эрозионно опасным явлением являются также значительные дожди слоем  $\geq 30$  мм, отличающиеся большой интенсивностью. Наиболее часто такие дожди выпадают в июне и июле. За последний 30-летний период, по сравнению с предыдущим, число дней с осадками более 30 мм в сутки за май – сентябрь увеличилось в 1,8 раза.

Особое место среди эрозионно опасных ливней занимают сильные дожди с количеством осадков  $\geq 50$  мм/сут. В период с 1981 по 2014 г. на территории региона в интервале с мая по сентябрь было зарегистрировано 7 таких случаев, в то время как в предыдущие 30 лет наблюдался лишь один случай дождя слоем более 50 мм/сут.

При характеристике ливневой эрозии важным показателем является интенсивность выпадения осадков. Средняя интенсивность ливней в летние месяцы составляет 0,15–0,25 мм/мин, а максимальная может превышать среднюю в несколько раз.

За весь период наблюдений (1973–2014 гг.) в районе проведения опытов выпали 84 дождя ливневого характера, из них 44 (52%) с образованием стока и смыва почвы (табл. 4).

Таблица 4

**Характеристика ливней и смыв почвы на полях севооборота по отдельным десятилетиям. Экспериментальное хозяйство ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»**

Период (годы)	Число ливней		Слой дождя со смывом почвы, мм	Средняя интенсивность дождя со смывом почвы, мм/мин	Потери почвы, т/га			
	всего	со смывом почвы			Пар	Пропашные культуры	Зерновые, многолетние травы	На 1 га севооборотной площади
1973–1982	13	3	26,5	0,27	12,0	5,2	1,8	2,7
1983–1992	22	13	30,6	0,26	12,9	4,8	2,0	2,8
1993–2002	29	20	23,7	0,20	15,6	4,9	2,8	3,3
2003–2014	20	8	33,6	0,46	24,2	5,5	2,6	4,6
Среднее	21	11	28,6	0,30	16,2	5,6	2,3	3,4

При этом в начале периода исследований за 10 лет летом выпало всего 13 ливней, и лишь в трех случаях отмечались ливневой сток и смыв почвы. В последующий 30-летний период наблюдалось существенное увеличение как общего числа ливней, так и ливней с формированием ливневого стока и смыва почвы. Наибольшее ко-

личество эрозионно опасных ливней (20 случаев) отмечалось в период с 1993 по 2002 год.

В последний 12-летний период (2003–2014 гг.) количество эрозионно-опасных ливней уменьшилось до 8, но при этом существенно увеличились слой дождя со смывом почвы (до 33,6 мм) и средняя интенсивность такого дождя



(до 0,46 мм/мин). В целом за весь период наблюдений средний слой дождя со смывом почвы составил 28,6 мм, а средняя интенсивность эрозионно опасного ливня – 0,30 мм/мин.

Наиболее эрозионно опасные ливни были отмечены 27 июня 1985 года и 24–25 июня 2013 года, когда слой дождя достигал 96 мм и 85 мм соответственно. Средняя интенсивность ливней составляла 0,18 мм/мин и 0,12 мм/мин, а максимальная – 0,64 мм/мин и 0,58 мм/мин. Смыв почвы на паровых полях достигал 37,0–40,0 т/га, на пропашных культурах 28,5–30,0 т/га, на зерновых и многолетних травах 4,9–5,2 т/га.

В среднем за первый менее активный период проявления ливневой эрозии каждый гектар севооборотной площади терял 2,7 т/га, а во второй, более активный период, – 3,6 т/га мелкозема. При этом более 50–70% всех потерь мелкозема наблюдалось на паровых полях, 22–25% – на полях с пропашными культурами и 7–10% – на многолетних травах и посевах проса.

### Заключение

Таким образом, результаты мониторинга эрозионных процессов свидетельствуют о том, что наряду с климатическими факторами важную роль в формировании весеннего стока талых вод играют крутизна и экспозиция склона, а также характер сложения поверхности поля.

С ростом крутизны склона до 5–7° интенсивность эрозионных процессов значительно увеличивается. При различном использовании пашни потери воды увеличиваются в 1,2 раза, а почвы – в 1,8 раза.

На склоне южной экспозиции среднегодовой сток талых вод в многоводный период был в 2,1 раза выше, чем на северном склоне. Максимальные потери воды в период весеннего снеготаяния наблюдались на плотной пашне (многолетние травы, озимые). Сток талых вод на плотной пашне был в 2 раза выше, чем на зяби. С увеличением крутизны склона плотная пашня более эрозионно устойчива, чем зябрь.

Современные изменения факторов формирования весеннего стока талых вод в условиях

глобального потепления климата способствуют уменьшению глубины промерзания почвы, запасов воды в снеге к началу снеготаяния, улучшению условий поглощения талых вод и снижению величины весеннего стока. По данным мониторинга, весенний сток в маловодный период (1983–2014 гг.) уменьшился на зяби в 3,8 раза, а на уплотненной пашне – в 5,7 раза. Смыв почвы весной и на зяби, и на уплотненной пашне уменьшился в среднем в 6,2 раза. Расчетный тренд стока талых вод указывает на статистически значимую тенденцию снижения величины стока за исследуемый период.

Рост экстремальности осадков, выпадающих в теплый период, способствует активизации ливневой эрозии. Результаты наблюдений за смывом почвы в результате ливневой эрозии показывают, что в последний 30-летний период ее активность на черноземах Поволжья увеличилась в среднем в 4,5 раза. Наибольшие потери мелкозема (около 65–70%) отмечаются на паровых полях, а наименьшие (около 10%) – на полях с зерновыми культурами и многолетними травами. В среднем за более активный период проявления ливневой эрозии (1983–2014 гг.) потери почвы с одного гектара севооборотной площади увеличились в 1,3 раза.

### Библиографический список

1. Глобальные проявления изменений климата в агропромышленной сфере / под ред. акад. РАСХН А. Л. Иванова. М.: Изд-во Россельхозакадемии, 2004. 332 с.
2. Каишанов А. Н., Явтушенко В. Е. Агроэкология почв склонов. М.: Колос, 1997. 240 с.
3. Иванова Г. Ф., Левицкая Н. Г., Орлова И. А. Оценка современного состояния агроклиматических ресурсов Саратовской области // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2013. Т. 13, вып. 2. С. 10–12.
4. Медведев И. Ф., Левицкая Н. Г. Направленность биосферных процессов и их влияние на продуктивность зерновых культур в агроландшафтах Поволжья // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 5. С. 17–19.
5. Медведев И. Ф., Шаббаев А. И. Эрозионные процессы на пашне Приволжской возвышенности // Почвоведение. 1991. № 11. С. 61–69.