

# Кормопроизводство

УДК 631.459

## ОЦЕНКА ПРОТИВОЭРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ПОЧВ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТА РАЗМЫВАЮЩЕЙ СКОРОСТИ ВОДНОГО ПОТОКА НА РАЗНЫХ АГРОФОНАХ

**Н. Н. Цыбулько<sup>1</sup>**, доктор сельскохозяйственных наук  
**В. Б. Цырибко<sup>2</sup>, И. И. Жукова<sup>3</sup>**, кандидаты сельскохозяйственных наук  
**И. А. Логачёв<sup>2</sup>**, младший научный сотрудник

<sup>1</sup>Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова  
Белорусского государственного университета, г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup>РУП «Институт почвоведения и агрохимии», г. Минск, Беларусь

<sup>3</sup>Белорусский государственный педагогический институт имени М. Танка, г. Минск, Беларусь

### Аннотация

Дерново-подзолистые почвы непосредственно после механической обработки характеризуются очень низкой противоэрозионной стойкостью. Величина размывающей скорости водного потока  $V_{\Delta p}$  не превышает 11,1 см/с. Устойчивость почв к размыву снижается с повышением степени их эрозионной деградации. Использование эродированных почв в почвозащитных травяно-зерновых севооборотах способствует улучшению их устойчивости к эрозии. Средне- и сильноэродированные почвы на лессовидных суглинках в зерновом севообороте отличались низкими  $V_{\Delta p}$  (16,5–18,5 см/с), а в травяно-зерновом севообороте с возделыванием люцерны – высоким и средним  $V_{\Delta p}$  (33,1 и 29,8 см/с). При органо-минеральной системе удобрения наблюдалось повышение противоэрозионной стойкости почв по сравнению с минеральной системой удобрения. Внесение известковых мелиорантов на фоне органо-минеральной системы удобрения не привело к повышению  $V_{\Delta p}$ . Установлена тесная корреляционная связь ( $r = 0,76$ ) размывающей скорости водного потока с показателем средневзвешенного диаметра водопрочных агрегатов в почве.

**Ключевые слова:** эродированные почвы, севообороты, система удобрения, противоэрозионная стойкость, размывающая скорость водного потока.

### Abstract

**N. N. Tsybulka, V. B. Tsyribka, I. I. Zhukova,  
I. A. Logachov**

### ASSESSMENT OF SOIL EROSION RESISTANCE BASED ON THE CALCULATION OF THE EROSIVE VELOCITY OF WATER FLOW ON DIFFERENT AGRICULTURAL PLANTS

Soddy-podzolic soils immediately after mechanical treatment are characterized by very low erosion resistance. The erosive velocity of the water flow does not exceed 11.1 cm/s. Soil resistance to erosion decreases with increasing degree of erosion degradation. The use of eroded soils in soil-protective grass-grain crop rotations helps improve their resistance to erosion. Moderately and highly eroded soils on loess-like loams in grain crop rotation were characterized by low  $V_{\Delta p}$  (16.5–18.5 cm/s), and in grass-grain crop rotation with alfalfa cultivation – high and medium  $V_{\Delta p}$  (33.1 and 29.8 cm/s). With the organomineral fertilizer system, an increase in the anti-erosion resistance of soils was observed compared to the mineral fertilizer system. The application of lime ameliorants against the background of an organomineral fertilizer system did not lead to an increase in  $V_{\Delta p}$ . A close correlation has been established ( $r = 0.76$ ) between the erosive velocity of water flow and the weighted average diameter of water-resistant aggregates in the soil.

**Keywords:** eroded soils, crop rotation, fertilization system, erosion resistance, erosion speed of water flow.

### Введение

Эродруемость (смываемость) почвы – один из основных факторов водной эрозии. Противоэрозионная стойкость почвы является интегральным показателем и определяется

комплексом ее свойств, таких как минералогический состав, физические и агрохимические свойства. Основными физическими свойствами почв, определяющими устойчивость

их к эрозии, являются гранулометрический, микроагрегатный и структурно-агрегатные составы, плотность, пористость и сцепление.

В мировой практике эрозионных исследований известно множество прямых и косвенных методов определения эродированности почвы. Для количественной оценки этого параметра, используемого как в статистических, так и в физически обоснованных моделях смыва почв, предложено более десятка различных подходов и способов [1]. В качестве ключевых критериев, помимо свойств самой почвы, предлагаются кинетические характеристики склоновых потоков – неразмывающая скорость [2, 3], критическое касательное напряжение [4]. Для оценки эродированности применяется также показатель в виде частотного от деления интенсивности смыва на куб скорости потока, который для водных потоков численно равен половине удельной мощности потока [5–7].

В США и странах Западной Европы для оценки податливости почвы эрозии используется предложенное В. Х. Уишмейером и Д. Д. Смитом (*W. H. Wischmeier, D. D. Smith*) определение эродированности – количество смытой почвы с эталонной площадки по бесменному пару на единицу эрозионного потенциала осадков [8].

### Материалы и методы исследований

Исследования проводились в условиях центральной и северной почвенно-экологических провинций Беларуси на полевых опытных стационарах «Стоковые площадки» (Минский р-н) и «Браслав» (Браславский р-н) Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси.

Объекты исследований: дерново-подзолистая почва, сформированная на легких лессовидных суглинках, расположенная на склоне южной экспозиции крутизной 6–7°. На водораздельной равнине находятся неэродированные почвы, в верхней части склона – среднеэродированные, в средней части склона – сильноэродированные почвы (стационар «Стоковые площадки»); дерново-подзолистая почва, сформированная на моренных суглинках, расположена на склоне северо-восточной экспозиции крутизной 5–7°. На водораздельной равнине находятся неэродированные почвы, в верхней части склона – слабо- и

М. С. Кузнецовым установлена зависимость между средневзвешенным диаметром водопрочных агрегатов, сцеплением и плотностью почвы, содержанием корней растений диаметром < 1 мм и так называемой донной размывающей скоростью водного потока. Ученым предложено уравнение для определения донной размывающей скорости водного потока для почв по вышеперечисленным показателям [9, 10]. Показано, что противоэрозионная стойкость почв количественно выражается величиной размывающей скорости потока, которая непосредственно определяется размером водопрочных агрегатов и сцеплением их друг с другом. Остальные свойства почв влияют на противоэрозионную стойкость косвенно, через эти показатели. Следовательно, противоэрозионная стойкость почвы в целом обуславливается водопрочностью ее структуры [2, 11].

Цель исследований – изучить влияние севооборотов с насыщением их сельскохозяйственными культурами, имеющими разную почвозащитную способность, а также воздействие систем обработки почвы и удобрений на размывающую скорость водного потока для дерново-подзолистых почв на лессовидных и моренных суглинках, в разной степени подверженных эрозионной деградации.

среднеэродированные, в средней части склона – сильноэродированные почвы (стационар «Браслав»).

На стационаре «Стоковые площадки» на склоне южной экспозиции крутизной 6–7° изучались:

- а) зерновой севооборот (овес – яровой рапс – яровая пшеница – озимая рожь);
- б) травяно-зерновой севооборот (однолетние травы с подсевом люцерны – люцерна трехлетнего пользования).

На стационаре «Браслав» на склоне северо-восточной экспозиции крутизной 5–7° изучались:

- а) зернотравяной севооборот (горох с овсом на зеленую массу – озимая тритикале – горох с овсом на зеленую массу – озимая пшеница);
- б) травяно-зерновой севооборот (яровая пшеница с подсевом люцерны – люцерна трехлетнего пользования).

В полевом опыте на дерново-подзолистых неэродированных, слабо- и сильноэродированных почвах, сформированных на моренных суглинках, в звене зернотравяного севооборота яровая пшеница – озимая рожь – бобово-злаковые травы изучено влияние на размывающую скорость водного потока способов основной обработки почв. Изучены: отвальная вспашка на 20–22 см, безотвальная чизельная обработка на 20–22 см и дисковая обработка на 10–12 см.

В полевом опыте на дерново-подзолистых неэродированных, средне- и сильноэродированных почвах, сформированных на лессовидных суглинках, изучено влияние систем удобрения на показатель размывающей скорости водного потока. Исследования проводили в зерновом севообороте: озимая пшеница – овес – яровой рапс – яровая пшеница – озимая рожь.

Схема опыта включала следующие варианты систем удобрения и известкования почв:

1) минеральная система удобрения, где применяли только минеральные (NPK) удобрения под возделываемые культуры;

2) минеральная система удобрения + известкование; применяли минеральные (NPK) удобрения и доломитовую муку после озимой пшеницы в дозе 6,5 т/га;

3) органоминеральная система удобрения; применяли минеральные (NPK) удобрения и органические удобрения в дозах 40 т/га после озимой пшеницы и после ярового рапса;

4) органоминеральная система удобрения + известкование; применяли минеральные (NPK) удобрения, органические удобрения в дозах 40 т/га после озимой пшеницы и после ярового рапса, доломитовую муку после озимой пшеницы в дозе 6,5 т/га.

Дозы минеральных удобрений под культуры севооборота: овес –  $N_{90}P_{60}K_{80}$ , яровой рапс –  $N_{130}P_{60}K_{90}$ , яровая пшеница –  $N_{120}P_{60}K_{90}$ , озимая рожь –  $N_{130}P_{60}K_{90}$ .

Размывающую скорость водного потока (см/с) для почв рассчитывали по модифицированному уравнению М. С. Кузнецова [2], которое имеет вид:

$$V_{\Delta p} = 1,76 \sqrt{\frac{2g(p - p_w)Kd}{3,5p_w}}$$

где  $V_{\Delta p}$  – размывающая скорость водного потока, см/с;

$g$  – ускорение силы тяжести (9,81 м/с<sup>2</sup>);

$p$  – плотность твердой фазы почвы, г/см<sup>3</sup>;

$p_w$  – плотность воды, г/см<sup>3</sup>;

$d$  – средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов при водном просеивании, мм;

$K$  – коэффициент защиты (для зерновых и зерно-бобовых смесей – 4,8; для трав – 14).

Структурно-агрегатный анализ почв для определения средневзвешенного диаметра водопрочных агрегатов при водном просеивании выполняли по методу Н. И. Саввинова [12]. Для оценки состояния противоэрозийной стойкости почвы использовали шкалу М. С. Кузнецова [13] (табл. 1).

Таблица 1. Классификация почв по противоэрозийной стойкости\*

Противоэрозийная стойкость почвы	Размывающая скорость водного потока, м/с	Почвы, горизонты
Очень низкая	< 15	Рыхлые пахотные горизонты, без растительности
Низкая	15–20	Пахотные горизонты под зерновыми культурами (плотность почвы < 1,2 кг/м <sup>3</sup> )
Средняя	20–30	Пахотные горизонты под зерновыми культурами (плотность почвы > 1,2 кг/м <sup>3</sup> )
Высокая	30–50	Пахотные горизонты под травами и зернобобовыми смесями и подпахотные горизонты почв
Очень высокая	> 50	Пахотные горизонты под хорошо развитыми многолетними травами и луговой растительностью

Примечание. \*Данные приведены для потока глубиной 1 см.

### Результаты исследований и их обсуждение

В научной литературе существуют противоречивые данные относительно влияния механических обработок на противоэрозионную стойкость почв. Приводятся результаты, что безотвальные обработки способствуют повышению содержания в почве эрозионно-устойчивых агрегатов по сравнению с отвальной вспашкой [14]. В других работах доказано, что показатели устойчивости к эрозии зависят от обработки до определенного предела [15] или обработка не оказывает на них непосредственного воздействия [16].

В наших исследованиях определение донной размывающей скорости водного потока ( $V_{\Delta p}$ ) показало, что рыхлый пахотный горизонт почвы непосредственно после проведения механической обработки характеризуется очень низкой устойчивостью к смыву и размыву (менее 15 см/с). Величина  $V_{\Delta p}$  колебалась по вариантам с отвальной и безотвальными чизельной и дисковой обработками в пределах 9,4–11,1 см/с. Этот показатель, незначительно более высокий, зафиксирован на безотвальных обработках, что обусловлено защитным влиянием послеуборочных растительных остатков на скорость водного потока (табл. 2).

Результаты исследований свидетельствуют, что устойчивость почв к смыву и размыву существенно зависит от степени их эрозионной деградации и использования.

Так, дерново-подзолистые почвы на лессовидных суглинках, не подверженные эрозии, в зерновом севообороте отличались средней противоэрозионной стойкостью по шкале М. С. Кузнецова. Донная размывающая скорость водного потока для них колебалась в

пределах 20,3–26,5 см/с (в среднем 23,4 см/с). Средне- и сильноэродированные почвы имели низкую устойчивость с  $V_{\Delta p}$  18,5 и 16,5 см/с соответственно.

В травяно-зерновом севообороте с трехлетним возделыванием люцерны посевной неэродированная и среднеэродированная почвы характеризовались высокой устойчивостью, а сильноэродированная почва – средней устойчивостью к смыву. Размывающие скорости водного потока составили соответственно 40,1, 33,1 и 29,8 см/с (табл. 3).

Дерново-подзолистые почвы, сформированные на моренных суглинках, отличались более высокой противоэрозионной устойчивостью по сравнению с почвами на лессовидных суглинках. В зернотравяном севообороте при возделывании зерновых культур и однолетних бобово-злаковых трав  $V_{\Delta p}$  неэродированной почвы изменялась по годам от 26,2 до 29,0 см/с, слабо- и среднеэродированной почв – от 23,3 до 26,5, сильноэродированной почвы – от 20,5 до 23,7 см/с, а в среднем составила соответственно 27,0, 24,2 и 22,1 см/с. Следовательно, почвы по величине размывающей скорости водного потока относились по шкале М. С. Кузнецова к средней противоэрозионной стойкости.

В травяно-зерновом севообороте при трехлетнем возделывании люцерны посевной наблюдалось существенное повышение устойчивости почв к смыву. На всех эродированных почвах значения размывающей скорости водного потока были высокими (> 30 см/с), а под люцерной 2-го и 3-го годов пользования она достигала 60 см/с и выше, что соответствует очень высокой противоэрозионной стойкости почвы.

Таблица 2. Влияние обработок почвы в звене севооборота яровая пшеница – озимая рожь – бобово-злаковые травы на размывающую скорость водного потока, см/с

Основная обработка почвы	Эродированность почвы		
	неэродированная	слабо-эродированная	сильно-эродированная
Отвальная вспашка на 20–22 см	10,4	10,1	9,4
Безотвальная чизельная на 20–22 см	11,1	10,4	9,9
Поверхностная дисковая на 10–12 см	11,1	10,3	9,7

Таблица 3. Размывающая скорость водного потока  
для дерново-подзолистых почв в разных севооборотах, см/с

Типы севооборота	Культуры севооборота	Степень эродированности почвы			
		неэродированная	слабо-эродированная	средне-эродированная	сильно-эродированная
<i>Дерново-подзолистая почва, сформированная на легких лессовидных суглинках</i>					
Зерновой севооборот	Овес	23,0	–	16,5	16,4
	Яровой рапс	20,3	–	16,4	16,2
	Яровая пшеница	23,7	–	20,5	16,7
	Озимая рожь	26,5	–	20,5	16,7
	<b>Среднее за севооборот</b>	<b>23,4</b>	<b>–</b>	<b>18,5</b>	<b>16,5</b>
Травяно-зерновой севооборот	Однолетние травы + люцерна	39,9	–	28,1	27,7
	Люцерна 1-го года пользования	39,9	–	34,4	27,7
	Люцерна 2-го года пользования	40,4	–	35,0	28,6
	Люцерна 3-го года пользования	40,4	–	35,0	35,0
	<b>Среднее за севооборот</b>	<b>40,1</b>	<b>–</b>	<b>33,1</b>	<b>29,8</b>
<i>Дерново-подзолистая почва, сформированная на моренных суглинках</i>					
Зерно-травяной севооборот	Однолетние травы	26,2	23,4	23,3	23,7
	Озимая тритикале	26,2	23,4	23,3	20,5
	Однолетние травы	26,5	26,5	26,5	23,7
	Озимая пшеница	29,0	23,7	23,7	20,5
	<b>Среднее за севооборот</b>	<b>27,0</b>	<b>24,2</b>	<b>24,2</b>	<b>22,1</b>
Травяно-зерновой севооборот	Яровая пшеница + люцерна	30,7	29,0	26,1	23,5
	Люцерна 1-го года пользования	44,4	44,9	45,2	39,9
	Люцерна 2-го года пользования	63,9	57,2	60,6	45,2
	Люцерна 3-го года пользования	60,6	57,2	45,2	45,2
	<b>Среднее за севооборот</b>	<b>49,9</b>	<b>47,1</b>	<b>44,3</b>	<b>38,4</b>

Изучено влияние минеральной и органо-минеральной систем удобрения без известкования и с внесением известковых мелиорантов в зерновом севообороте на противоэрозийную стойкость дерново-подзолистых почв на лессовидных суглинках, в разной степени подверженных водной эрозии. В среднем за севооборот при минеральной системе удоб-

рения размывающая скорость водного потока неэродированной почвы была на уровне 23,4 см/с, среднеэродированной почвы – 18,5 и сильноэродированной почвы – 16,5 см/с. По годам этот показатель колебался. Известкование почв на фоне минеральной системы удобрения незначительно повышало противоэрозийную устойчивость почв (табл. 4).

Таблица 4. Размывающая скорость водного потока для дерново-подзолистых почв при разных системах удобрения в севооборотах, см/с

Система удобрения	Культуры севооборота				Среднее за севооборот
	овес	яровой рапс	яровая пшеница	озимая рожь	
<i>Неэродированная почва</i>					
Минеральная	23,0	20,3	23,7	26,5	<b>23,4</b>
Минеральная + + известкование почвы	25,7	19,9	23,7	26,5	<b>24,0</b>
Органо-минеральная	30,4	19,9	23,5	29,0	<b>25,7</b>
Органо-минеральная + + известкование почвы	34,4	23,0	23,7	23,7	<b>26,2</b>
<i>Среднеэродированная почва</i>					
Минеральная	16,5	16,4	20,5	20,5	<b>18,5</b>
Минеральная + + известкование почвы	16,5	16,5	20,5	20,5	<b>18,5</b>
Органо-минеральная	20,1	20,1	20,5	26,5	<b>21,8</b>
Органо-минеральная + + известкование почвы	20,3	20,1	20,5	26,5	<b>21,9</b>
<i>Сильноэродированная почва</i>					
Минеральная	16,4	16,2	16,7	16,7	<b>16,5</b>
Минеральная + + известкование почвы	16,4	16,4	20,5	16,7	<b>17,5</b>
Органо-минеральная	16,5	16,5	20,5	23,7	<b>19,3</b>
Органо-минеральная + + известкование почвы	16,4	16,5	20,5	20,5	<b>18,5</b>

Применение органо-минеральной системы удобрения способствовало некоторому улучшению устойчивости почв к смыву. Размывающая скорость водного потока составила в среднем за севооборот на неэродированной почве 25,7 см/с, на среднеэродированной почве – 21,8 и на сильноэродированной почве – 18,5 см/с. Внесение известковых мелиорантов на фоне органо-минеральной системы удобрения не привело к повышению  $V_{\Delta p}$ .

Результаты изучения влияния разных севооборотов и систем удобрения на водоустойчивость макроструктуры (соотношение агрегатов диаметром  $\geq 0,25$  мм при водном и сухом просеивании) в разной степени эродированных дерново-подзолистых почв, сформированных на лессовидных и моренных суглинках, представлены в [17]. Выполненный корреляционно-регрессионный анализ сопряженных данных показал, что между значениями во-

доустойчивости почвенной макроструктуры и размывающей скоростью водного потока для дерново-подзолистых почв существует корреляционная связь средней силы ( $r = 0,52$ ), которая описывается уравнением  $y = 0,4728x + 17,17$  (рис. 1).

Установлена тесная корреляционная взаимосвязь ( $r = 0,76$ ) размывающей скорости водного потока для дерново-подзолистых почв с показателем средневзвешенного диаметра водопрочных агрегатов (рис. 2). При средневзвешенном диаметре водопрочных

агрегатов 0,2–0,4 мм размывающая скорость водного потока может изменяться от 15 до 30 см/с, что соответствует по шкале М. С. Кузнецова низкой и средней противоэрозионной стойкости почвы. При диаметре агрегатов от 0,5 до 0,8 мм величина размывающей скорости водного потока (30–50 см/с) соответствует высокой противоэрозионной стойкости почвы. Очень высокой противоэрозионной стойкостью обладают почвы со средневзвешенным диаметром водопрочных агрегатов  $> 0,8$  мм и  $V_{\Delta p} > 50$  см/с.

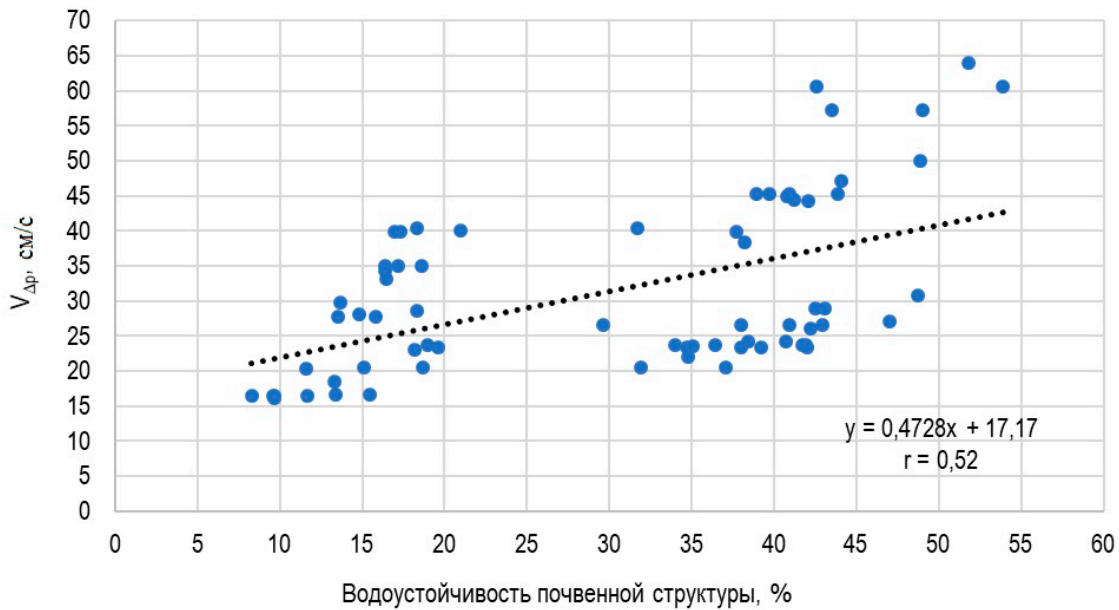


Рис. 1. Зависимость размывающей скорости водного потока ( $V_{\Delta p}$ ) от водоустойчивости макроструктуры почвы

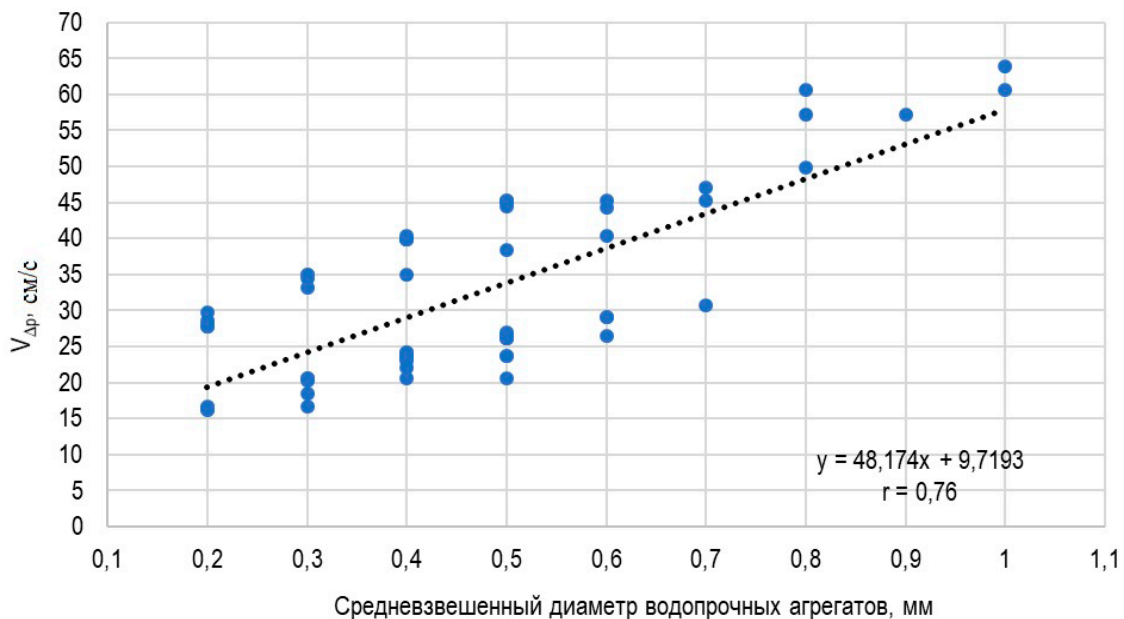


Рис. 2. Зависимость размывающей скорости водного потока ( $V_{\Delta p}$ ) от средневзвешенного диаметра водопрочных агрегатов в почве

**Выводы**

1. Дерново-подзолистые почвы непосредственно после проведения их механической обработки характеризуются очень низкой устойчивостью к смыву и размыву. Величина размывающей скорости водного потока составляет при отвальной и безотвальных чизельной и дисковой обработках 9,4–11,1 см/с. Незначительно выше этот показатель на безотвальных обработках, что обусловлено защитным влиянием послеуборочных растительных остатков. Устойчивость почв к размыву снижается с повышением степени их эрозионной деградации.

2. Использование эродированных почв в почвозащитных травяно-зерновых севооборотах способствует повышению их противоэрозионной стойкости. Средне- и сильноэродированные почвы на лессовидных суглинках в зерновом севообороте отличались низкими значениями  $V_{\Delta p}$  (16,5–18,5 см/с), а в травяно-зерновом севообороте с трехлетним возделыванием люцерны – высоким и средним  $V_{\Delta p}$  (33,1 и 29,8 см/с).

3. На фоне применения органоминеральной системы удобрения в севообороте наблю-

далось незначительное повышение противоэрозионной стойкости почв по сравнению с минеральной системой удобрения. Размывающая скорость водного потока составила в среднем на неэродированной почве 25,7 см/с, на среднеэродированной почве – 21,8 и на сильноэродированной почве – 18,5 см/с. Внесение известковых мелиорантов на органоминеральной системе удобрения не привело к повышению  $V_{\Delta p}$ .

4. Установлена тесная корреляционная связь ( $r = 0,76$ ) размывающей скорости водного потока для дерново-подзолистых почв с показателем средневзвешенного диаметра водопрочных агрегатов. При средневзвешенном диаметре водопрочных агрегатов 0,2–0,4 мм размывающая скорость водного потока может изменяться от 15 до 30 см/с, что соответствует низкой и средней противоэрозионной стойкости почвы. При диаметре агрегатов от 0,5 до 0,8 мм величина  $V_{\Delta p}$  соответствует высокой противоэрозионной стойкости почвы. Очень высокой противоэрозионной стойкостью обладают почвы со средневзвешенным диаметром водопрочных агрегатов  $> 0,8$  мм и  $V_{\Delta p} > 50$  см/с.

**Библиографический список**

1. Лисецкий, Ф. Н. Современные проблемы эрозиоведения / Ф. Н. Лисецкий, А. А. Светличный, С. Г. Черный. – Белгород : Константа, 2012. – 456 с.
2. Кузнецов, М. С. Противоэрозионная стойкость почв / М. С. Кузнецов. – Москва : Изд-во МГУ, 1981. – 135 с.
3. Мирцхулава, Ц. Е. Основы физики и механики эрозии русел / Ц. Е. Мирцхулава. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1988. – 304 с.
4. Foster, G. R. Modeling the erosion process / G. R. Foster // Hydrologic modeling of small watersheds : monograph / American Society of Agricultural Engineers ; ed. by C. T. Haan, H. P. Johnson, D. L. Brakensiek. – 1982. – Ch. 5. – P. 297–380.
5. Ларионов, Г. А. Вероятностная модель размыва почв и связных грунтов / Г. А. Ларионов, С. Ф. Краснов // Почвоведение. – 2000. – № 2. – С. 235–242.
6. Определение гидрофизических параметров почвы в модели эрозии / Г. А. Ларионов, А. В. Горобец, Н. Г. Добровольская, З. П. Кирюхина, С. Ф. Краснов, Л. Ф. Литвин // Почвоведение. – 2010. – № 4. – С. 488–494.
7. Nearing, M. A. Soil Detachment by Shallow Flow at Low Slopes / M. A. Nearing, J. M. Bradford, S. C. Parker // Soil Science Society of America Journ. – 1991. – Vol. 55, Iss. 2. – P. 339–344. <https://doi.org/10.2136/sssaj1991.03615995005500020006x>
8. Wischmeier, W. H. Predicting rainfall erosion losses : a guide to conservation planning / W. H. Wischmeier, D. D. Smith // Agriculture Handbook, N 537. – Washington, DC, 1978. – 58 p.



9. Кузнецов, М. С. Скорость потока, размывающая почву, как характеристика ее противоэрозионной стойкости / М. С. Кузнецов // Эрозия почв и русловые процессы. – 1978. – Вып. 6. – С. 86–106.
10. Кузнецов, М. С. Противоэрозионная стойкость некоторых почв Таджикистана / М. С. Кузнецов, О. А. Базаров // Почвоведение. – 1993. – № 4. – С. 96–103.
11. Булыгин, С. Ю. Параметры эрозионной стойкости почв лесостепной зоны Украины / С. Ю. Булыгин, Г. А. Можейко // Почвоведение. – 1995. – № 6. – С. 768–774.
12. Теория и методы физики почв : коллект. монография / Е. В. Шеин [и др.] ; под общ. ред. Е. В. Шеина и Л. О. Карпачевского. – Москва : Гриф и К, 2007. – 616 с.
13. Кузнецов, М. С. Эрозия и охрана почв / М. С. Кузнецов, Г. П. Глазунов. – Москва : Изд-во МГУ, 2004. – 350 с.
14. Дрогозов, С. Е. Восстановление структуры эродированных почв / С. Е. Дрогозов // Почвоведение. – 1993. – № 6. – С. 45–51.
15. Швебс, Г. И. Теоретические вопросы почвозащитного земледелия / Г. И. Швебс // Вестн. с.-х. науки. – 1986. – № 8. – С. 11–13.
16. Булыгин, С. Ю. К оценке влияния механической обработки на почву / С. Ю. Булыгин, Т. Д. Комарова // Почвоведение. – 1990. – № 6. – С. 135–138.
17. Цыбулько, Н. Н. Влияние севооборотов и систем удобрения на водоустойчивость структуры дерново-подзолистых почв, подверженных эрозии / Н. Н. Цыбулько, В. Б. Цырибко, И. А. Логачёв // Мелиорация. – 2024. – № 1 (107). – С. 56–64.

Поступила 25 июня 2024 г.