

Научная статья

УДК 631.425.2:551.58 (476)

DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-35-40

Иван Александрович Левшунов¹, Юрий Анатольевич Мажайский²,
Ольга Владимировна Черникова³✉

¹ Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки, Могилевская область, Республика Беларусь

^{2,3} Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний, Рязань, Россия

¹ cdtmkfyeirf@yandex.ru

² director@mntc.pro

³ chernikova_olga@inbox.ru

ВЕЛИЧИНА ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА НА ЗЕМЛЯХ С РАЗЛИЧНЫМИ УКЛОНАМИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ

Цель исследования – изучение влияния природных условий, таких как атмосферные осадки, их интенсивность, продолжительность и величина, наличие растительности, уклон поверхности участка и его сельскохозяйственное использование, на формирование поверхностного стока. Исследования проводились на шести стоковых площадках, расположенных на склоне различной крутизны, размер которых составлял 10×5 метров. Длинная сторона при этом располагалась вдоль уклона площадки. Площадки изолировались от окружающей территории земляными бортиками. Для определения объема поверхностного стока служили оттарированные мерные баки. На стоковых площадках выращивались свекла кормовая и многолетние травы, две из них были заняты под пар. Наблюдения за жидкими атмосферными осадками проводились на метеорологической площадке учебно-опытного комплекса «Тушково-1» УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» с использованием дождемера и плювиографа. Определены значения суммарного поверхностного стока и его вызывающие суммарные значения атмосферных осадков по годам наблюдений. Описана связь между суточными значениями жидких атмосферных осадков и суточными значениями поверхностного стока. Следует отметить, что наибольшее количество наблюдений поверхностного стока было с площадки № 6, уклон которой составляет 0,053 % и которая содержалась под паром, а наименьшее с площадки № 4, занятой под многолетние травы и уклоном 0,042 %. Что подтверждает взаимовлияние уклона и сельскохозяйственного использования поля на величину стока.

Ключевые слова: поверхностный сток, эрозия почв, осадки, рельеф, стоковая площадка, сельскохозяйственные культуры

Для цитирования: Левшунов И.А., Мажайский Ю.А., Черникова О.В. Величина поверхностного стока на землях с различными уклонами и сельскохозяйственным использованием // Вестник КрасГАУ. 2022. № 2. С. 35–40. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-35-40.

Ivan Aleksandrovich Levshunov¹, Yuri Anatolievich Mazhaisky², Olga Vladimirovna Chernikova³✉

¹ Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Mogilev Region, Republic of Belarus

^{2,3} Academy of Law and Administration of the Federal Penitentiary Service, Ryazan, Russia

¹ cdtmkfyeirf@yandex.ru

² director@mntc.pro

³ chernikova_olga@inbox.ru

SURFACE RUNOFF VALUE ON LANDS WITH DIFFERENT SLOPES AND AGRICULTURAL USE

The purpose of research is to study the influence of natural conditions, such as precipitation, its intensity, duration and magnitude, the presence of vegetation, the slope of the surface of the site and its agricultural use, on the formation of surface runoff. The studies were carried out on six runoff sites located on a slope of various steepness, the size of which was 10×5 meters. The long side was located along the slope of the site. The sites were isolated from the surrounding area by earthen sides. To determine the volume of surface runoff, calibrated measuring tanks were used. Feed beet and perennial grasses were grown on stock sites, two of them were occupied by fallow. Observations of liquid atmospheric precipitation were carried out at the meteorological site of the educational and experimental complex Tushkovo-1 of the Belarusian State Agricultural Academy using a rain gauge and a pluviograph. The values of the total surface runoff and its causing total values of atmospheric precipitation by years of observation are determined. The relationship between daily values of liquid atmospheric precipitation and daily values of surface runoff is described. It should be noted that the largest number of observations of surface runoff was from site No. 6, the slope of which is 0.053 % and kept fallow, and the smallest from site No. 4, occupied by perennial grasses and a slope of 0.042 %. This confirms the mutual influence of the slope and the agricultural use of the field on the amount of runoff.

Keywords: surface runoff, soil erosion, precipitation, relief, runoff area, agricultural crops

For citation: Levshynov I.A., Mazhayskiy Yu. A., Chernikova O.V. Surface runoff value on lands with different slopes and agricultural use // Bulliten KrasSAU. 2022;(2):35–40. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-35-40.

Введение. На современном этапе развития сельского хозяйства в Беларуси деградация почв (процесс ухудшения почв) наносит значительный как экологический, так и экономический ущерб.

Актуальность данной проблемы не только не уменьшается, но приобретает все большее развитие [1].

За последние несколько десятков лет интенсивность развития процессов эрозии в мире выросла в несколько десятков раз по сравнению со среднеисторической величиной.

Разрушение водой и ветром верхнего слоя почвы и вместе с ним части подстилающей породы называют термином «эрозия почв».

Значительное развитие почвенной эрозии в Беларуси вызывает сочетание таких факторов, как особенности рельефа, характеристика почвенного покрова и характер пород, образующих почву, а также деятельность человека [2–4].

От 6 до 8 % в Республике Беларусь, по различным данным, занимают эродированные почвы на пашне.

Кроме того, при неправильном сельскохозяйственном использовании на части пахотных земель, которые относятся к эрозионно опасным, могут проявляться признаки эрозии, что значительно увеличивает вышеприведенный процент.

В некоторых районах хорошо выражена динамика увеличения и расширения площади земель, подверженных эрозионным процессам.

На таких площадях экономический и экологический ущерб от эрозии почвы носит существенный характер.

Данные различных исследователей показывают, что каждый год с единицы водосборной площади (1 га) вместе со стоком поверхностной воды теряется примерно до 15 тонн твердой фазы и до 180 кг гумусового вещества, до 10 кг азота, до 5 кг фосфора и калия соответственно.

Вынос гумуса и питательных элементов, ухудшение таких свойств почв, как агрофизические, агрохимические, негативно сказываются на производительности эродированных почв.

В зависимости от степени эродированности отмечается тенденция к недобору урожая по таким традиционным культурам, как зерновые (до 40 %), пропашные (до 60 %), лен (до 40 %), многолетние травы (до 30 %).

Вынос, вымывание питательных, минеральных веществ в условиях холмистого рельефа и недалеко расположенных от пахотных угодий водотоков приводят к тому, что в воду попадают фосфаты, нитриты, пестициды, что вызывает определенную степень экологического ущерба, тем самым ухудшая качество воды в поверхностных водных объектах.

Северо-восточная часть Беларуси характеризуется тяжелыми почвами и холмистым рельефом, ввиду этого деградация почв от ветровой и водной эрозии носит выраженный характер.

По данным различных авторов, на территории Беларуси эродированные земли занимают примерно 3 % площади, а из земель, используемых в сельском хозяйстве, на долю водной эрозии приходится до 5 % [5, 6].

Процент площади земель в Могилевской области, подверженных водной эрозии, по данным РУП «Институт почвоведения и агрохимии», составляет около 21 %.

Такой вид эрозии, как водная, причиняет как экологический ущерб, так и экономический. Последствия ее видны в ухудшении биологических свойств, физических и агротехнических, кроме этого, нарушается целостность почвенного покрова.

Исследования различных авторов указывают, что при текущем использовании эрозионных земель с 1 га каждый год выносятся в среднем до 10 тонн твердой фазы почвы, до 150 килограмм гумусовых веществ, около 10 килограмм азота, примерно 4 килограмма фосфора и калия, до 5 килограмм кальция и магния. Все это отрицательно влияет на почвенные процессы.

При этом недоборы урожая по основным сельскохозяйственным культурам на землях, подверженных эрозии, в зависимости от ее степени, составляют от 5 до 60 %.

Вероятность возникновения эрозии на территории северо-восточной части Беларуси определяют такие природные факторы, как климат, уклоны местности, гранулометрический состав почвы, произрастающая растительность, а также такой антропогенный фактор, как сельскохозяйственное использование земель.

Одной из основных причин возникновения такого вида эрозии почвы, как водная эрозия, является поверхностный сток, который формируется на участке при определенном сочетании режима осадков и рельефа местности [7].

На территории северо-восточной части Беларуси поверхностный сток может формироваться в зоне достаточного увлажнения на склоновых землях при небольших длительных дождях и особенно сильно – при ливневых осадках.

Северо-восточная часть Беларуси, в частности Оршанско-Могилевское плато, характеризуется длинными склонами, почвами дерново-подзолистыми и пылевато-суглинистыми. Данные почвы развиты на мощных лессовидных суглинках, характеризуются небольшой водопроницаемостью. Водообеспеченность характеризуется относительно большим количеством талых вод в весенний сезон и интенсивными дождями в летний [8].

Вышеперечисленные факторы представляют собой основание для возникновения процессов эрозии. Непосредственная и основная причина возникновения процессов эрозии, на наш взгляд, это хозяйственная деятельность человека, кото-

рая характеризуется распашкой территории, уничтожением естественной растительности.

Таким образом, проявлению эрозионных процессов, возникающих при поверхностном стоке в условиях холмистого рельефа, способствуют осадки, их интенсивность, расчлененный характер рельефа, распаханность территории и не всегда достаточно обоснованное использование земель в сельском хозяйстве.

Цель исследования – изучение влияния природных условий, таких как атмосферные осадки, их интенсивность, продолжительность и величина, наличие растительности, уклон поверхности участка и его сельскохозяйственное использование на формирование поверхностного стока.

Объекты и методы. Для дальнейшего выявления параметров и закономерностей поверхностного стока с северо-восточной части Беларуси в условиях минеральных почв нами были устроены стоковые площадки и организованы на них специальные исследования. Стоковые площадки находились на землях учебно-опытного комплекса «Тушково-1», в Горецком районе Могилевской области.

Одной из задач полевых исследований являлось систематическое наблюдение за метеорологическими условиями и поверхностным стоком.

Исследования проводились на шести стоковых площадках, расположенных на склоне различной крутизны. Площадки изолировались от окружающей территории земляными бортиками. Для определения объема поверхностного стока служили оттарированные мерные баки.

На стоковых площадках выращивались сельскохозяйственные культуры. На площадках 1 и 2 с уклоном 0,057 и 0,024 % выращивалась свекла. Площадки 3 и 4 были заняты под многолетними травами, уклон площадок 0,075 и 0,042 %. Площадки 5 и 6 содержались под паром, уклон площадок 0,025 и 0,053 %.

Для определения гранулометрического состава почв стоковых площадок были выполнены почвенные разрезы. Морфологические признаки почвенных слоев определялись в полевых условиях.

Характеристика почвенного разреза № 1 (дерново-подзолистая среднеподзоленная с признаками временного избыточного увлажнения почва на легких мощных лессовидных суглинках):

A1 0-35 – перегнойный горизонт светлосерого цвета с коричневым оттенком, свежий, суглинок легкий, плотный, корни растений на глубину 25–30 см;

A2 35-45 – подзолистый горизонт светло-серого цвета, суглинок легкий, бесструктурный, свежий, уплотненный, переход в следующий горизонт с затеками;

A2B1 45-60 – подзолисто-иллювиальный горизонт, светло-коричневого цвета, с затеками горизонта A2, легкий суглинок, переход в следующий горизонт B2 ясный;

B2 60-145 – иллювиальный горизонт, светло-коричневого цвета, супесь связная, плотный, пунктуации марганца, переход в горизонт B3 ясный;

B3 145-180 – иллювиальный горизонт, коричневого цвета, влажный, супесь легкая, комковатый плотный, переход в горизонт B4g ясный;

B4g 180-200 – иллювиальный горизонт, светло-серый с голубым оттенком, с желтыми пятнами, суглинок средний, влажный, структура глыбистая.

Характеристика почвенного разреза № 2 (дерново-подзолистая слабоподзоленная с признаками временного избыточного увлажнения почва на легком моренном суглинке):

Ap 0-25 – пахотный горизонт, темно-серого цвета, суглинок легкий, пылеватый, свежий, комковатый, уплотненный, корни растений на глубину 20 см, переход в следующий горизонт ясный;

A2B1 25-70 – подзолисто-иллювиальный горизонт, темно-коричневого цвета, легкий моренный суглинок, структура глыбистая, свежий, уплотненный, с включением мелких камней, пунктуации марганца, переход в следующий горизонт ясный;

B2 70-160 – иллювиальный горизонт, суглинок легкий моренный, коричневого цвета, влажный, структура глыбистая, уплотненный, с включением камней;

B3 160-200 – легкий моренный суглинок, красно-бурого цвета, плотный, глыбистый, свежий, включение камней.

После проведения соответствующих лабораторных анализов [9, 10] давалось более полное и уточненное название генетическим горизонтам почвенных разрезов.

Расположение уровня грунтовых вод в месте проведения исследований составляет более 5 м.

Согласно рекомендациям [11] и учитывая опыт других исследователей, размеры стоковых площадок составили 10 м в длину и 5 м в ширину. При этом длинная сторона располагалась вдоль уклона поверхности исследуемого участка.

Наблюдения за основными метеоэлементами, в частности за жидкими атмосферными осадками, проводились при помощи таких приборов, как дождемер и плювиограф, на метеорологической площадке учебно-опытного комплекса «Тушково-1» УО «БГСХА».

Результаты и их обсуждение. Суммарные значения месячных величин осадков и их сравнение со средними многолетними значениями для данного района наблюдений представлены в таблице 1.

По данным таблицы 1 видно, что наибольшее количество осадков за среднемноголетний период наблюдалось в седьмом и восьмом месяцах. При этом больше всего осадков выпало в первый год исследований и составило 394 мм.

Таблица 1

Осадки по месяцам и процент от среднемноголетних значений

Период наблюдения	Месяц										Сумма осадков, мм
	V		VI		VII		VIII		IX		
	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	
1-й год	99	180	139	181	63	72	87	107	6	10	394
2-й год	39	71	67	87	51	58	105	130	112	181	374
3-й год	78	142	84	109	169	192	30	37	25	40	386
Средне-многолетний год	55		77		88		81		62		363

В таблице 2 представлены суммарные значения осадков ($\sum P$), при выпадении которых наблюдался поверхностный сток, а также количество (n) таковых наблюдений. Из таблицы 2 видно, что наибольшее количество наблюдений

поверхностного стока было с площадки № 6, а наименьшее с площадки № 4. Эти наблюдения подтверждают выводы других исследователей о влиянии уклона и сельскохозяйственного использования поля на величину стока.

**Значения суммарного поверхностного стока (ΣC_n)
со стоковых площадок**

Номер площадки	1-й год			2-й год			3-й год		
	ΣP , мм	ΣC_n , мм	n	ΣP , мм	ΣC_n , мм	n	ΣP , мм	ΣC_n , мм	n
1	209,9	2,86	17	219,9	1,98	12	169,0	2,26	9
2	180,1	1,30	14	210,1	0,64	10	192,6	1,00	6
3	155,0	0,90	14	188,2	0,66	7	178,7	1,56	5
4	180,1	0,70	12	89,2	0,29	3	153,9	0,70	4
5	181,1	2,32	15	212,7	1,01	11	217,0	1,80	8
6	255,2	8,75	19	176,7	6,10	10	213,6	10,78	14

Одинаковые уклоны, но разные сельскохозяйственные культуры в нашем случае уменьшили суммарный поверхностный сток с площадки № 1 по сравнению с площадкой № 6 примерно на 65 %.

С увеличением уклона сельскохозяйственного поля, но с одинаковыми культурами (площадки № 1 и № 2), значение суммарного поверхностного стока также изменилось, а именно – увеличилось примерно на 60 %.

Нами была предпринята попытка подобрать подходящую зависимость для описания связи суточного поверхностного стока с суточными значениями осадков. Учитывая максимальные значения коэффициентов корреляции, подходящая зависимость носила линейный характер [8]

$$C_n = a \cdot x, \quad (1)$$

где x – суточные значения осадков, мм; a – коэффициент, значение которого представлено в таблице 3.

Таблица 3

Значения коэффициента a и коэффициента корреляции зависимости (1)

Коэффициент	Номер площадки					
	1	2	3	4	5	6
a	0,0118	0,0047	0,006	0,0039	0,0087	0,0365
R^2	0,63	0,53	0,60	0,61	0,66	0,57

Заключение. По результатам исследований следует, что не все суточные атмосферные осадки вызывают поверхностный сток. Как показал анализ наблюдений, при одних и тех же значениях атмосферных осадков значения суточного поверхностного стока могут быть различны в силу изменения таких основных факторов, как интенсивность атмосферных осадков и влажность почвы.

Список источников

1. Желязко В.И., Лукашевич В.М. Научно-практические и экологические аспекты орошения земель в Беларуси // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 2. С. 36–40.
2. Ильин С.П., Рыбкин В.Н., Сильченков И.С. Формирование и охрана компонентов окружающей среды: учеб. пособие. М.: МГУП, 2007. 143 с.
3. Желязко В.И. Основы природообустройства. Горки: БГСХА, 2020. 245 с.
4. Левшунов И.А. Зависимость поверхностного стока от основных почвенно-климатических факторов в условиях северо-восточной части Беларуси // Вестник БГСХА. 2016. № 3. С. 123–125.
5. Цыбулька Н.Н. Эродированные почвы: распространение, свойства, плодородие // Мелиорация. Минск, 2006. № 2. С. 146–158.
6. Modeling dynamics of stored soil moisture at stage of control of structures of amelioration systems / A. Volchak [et al.] // Engineering for Rural Development, 2020. № 19. С. 114–120.
7. Семенова В.В., Бадмаева С.Э. Оптимизация водного режима чернозема обыкновенного

- лесостепной зоны Красноярского края // Вестник КрасГАУ. 2020. № 1. С. 40–46.
8. Практика рекультивации загрязненных земель: учеб. пособие / под. ред. Ю.А. Мажайского. Рязань: РГАТУ, 2012. 604 с.
 9. Производство комплексных воднобалансовых наблюдений на пунктах опорной сети: метод. указания управления гидрометслужбы № 84 / Гос. гидрологич. ин-т. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 160 с.
 10. Полевая и лабораторная практика по почвоведению: учеб. пособие / В.С. Аношко [и др.]; под ред. В.С. Аношко. 3-е изд., перераб. и доп. Минск: БГУ, 2003.
 11. Почвы Белорусской ССР / под ред. Т.Н. Кулаковской, П.П. Rogovogo, Н.И. Смеяна. Минск: Ураджай, 1974. 328 с.
5. faktorov v usloviyah severo-vostochnoj chasti Belarusi // Vestnik BGSMA. 2016. № 3. S. 123–125.
 5. *Cybul'ka N.N.* `Erodivovannye pochvy: rasprostranenie, svojstva, plodorodie // Melioraciya. Minsk, 2006. № 2. S. 146–158.
 6. Modeling dynamics of stored soil moisture at stage of control of structures of amelioration systems / A. Volchak [et al.] // Engineering for Rural Development, 2020. № 19. S. 114–120.
 7. *Semenova V.V., Badmaeva S.`E.* Optimizaciya vodnogo rezhima chernozema obyknovennogo lesostepnoj zony Krasnoyarskogo kraja // Vestnik KrasGAU. 2020. № 1. S. 40–46.
 8. Praktika rekul'tivacii zagryaznennyh zemel': ucheb. posobie / pod. red. Yu.A. Mazhajskego. Ryazan': RGATU, 2012. 604 s.
 9. Proizvodstvo kompleksnyh vodnobilansovyh nablyudenij na punktah opornoj seti: metod. ukazaniya upravleniya gidrometsluzhby № 84 / Gos. gidrologich. in-t. L.: Gidrometeoizdat, 1973. 160 s.
 10. Polevaya i laboratornaya praktika po pochvovedeniyu: ucheb. posobie / V.S. Anoshko [i dr.]; pod red. V.S. Anoshko. 3-e izd., pererab. i dop. Minsk: BGU, 2003.
 11. Pochvy Belorusskoj SSR / pod red. T.N. Kulakovskoj, P.P. Rogovogo, N.I. Smeyana. Minsk: Uradzhaj, 1974. 328 s.

References

1. *Zhelyazko V.I., Lukashevich V.M.* Nauchno-prakticheskie i `ekologicheskie aspekty orosheniya zemel' v Belarusi // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2021. № 2. S. 36–40.
2. *Il'in S.P., Rybkin V.N., Sil'chenkov I.S.* Formirovanie i ohrana komponentov okruzhayuschej sredy: ucheb. posobie. M.: MGUP, 2007. 143 s.
3. *Zhelyazko V.I.* Osnovy prirodooobustrojstva. Gorki: BGSMA, 2020. 245 s.
4. *Levshunov I.A.* Zavisimost' poverhnostnogo stoka ot osnovnyh pochvenno-klimaticheskikh

Статья принята к публикации 28.11.2021 / The article accepted for publication 28.11.2021.

Информация об авторах:

Иван Александрович Левшунов, старший преподаватель кафедры мелиорации и водного хозяйства
Юрий Анатольевич Мажайский, профессор кафедры тылового обеспечения уголовно-исполнительной системы, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Ольга Владимировна Черникова, старший преподаватель кафедры тылового обеспечения уголовно-исполнительной системы, старший лейтенант внутренней службы, кандидат биологических наук

Information about the authors:

Ivan Aleksandrovich Levshunov, Senior Lecturer at the Department of Land Reclamation and Water Management
Yuri Anatolievich Mazhaisky, Professor at the Department of Logistics of the Penitentiary System, Doctor of Agricultural Sciences, Professor
Olga Vladimirovna Chernikova, Senior Lecturer at the Department of Logistics of the Penitentiary System, Senior Lieutenant of the Internal Service, Candidate of Biological Sciences