АГРОХИМИЯ, 1999, № 10, с. 41–46

УДК 631.811:631.472.56:631.4592:631.445.24(476)

ПОТЕРИ ГУМУСА И МАКРОЭЛЕМЕНТОВ, ВЫЗЫВАЕМЫЕ ВОДНОЙ ЭРОЗИЕЙ, ИЗ ДЕРНОВО-ПАЛЕВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ БЕЛОРУССИИ

© 1999 г. **В. В. Жилко, И. И. Жукова, А. Ф. Черныш, Н. Н. Цыбулька, Л. А. Тишук**

Белорусский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии
220108 Минск, ул. Казинца, 62, Белоруссия

Поступила в редакцию 07.06.99 г.

На основании многолетних данных установлены количественные показатели потерь гумуса, азота, фосфора и калия с жидким стоком и смывом почвы во время весеннего снеготаяния и в период выпадения стокообразующих дождей под пропашными, яровыми и озимыми зерновыми культурами и многолетними травами.

ВВЕДЕНИЕ

Среди распространенных видов деградации почвенного покрова в Белоруссии наиболее масштабной является водная эрозия. Эродированные и эрозионноопасные почвы на пашне занимают в республике 2322.8 тыс. га или 45.2% от общей площади угодий, а по отдельным землепользователям их удельный вес достигает 60% [1]. На обрабатываемых землях абсолютные величины потенциального (максимально возможного) смыва почвы колеблются от 0.1 до 100 и более т/га в год при средневзвешенном показателе 10.7 т/га в год.

Анализ литературных данных показывает, что в разных регионах ежегодные потери с жидким и твердым стоком гумуса могут колебаться от 5–10 до 450–480 и более кг/га, азота – в пределах 1–35, фосфора – 0.1–15, калия – 0.3–25, кальция – 10–25, магния – 2–11 кг/га [2–8]. Встречаются данные и о более значительных потерях элементов питания – фосфора до 95, калия – до 72 кг/га в год [9].

По данным Явтушенко [7] валовые формы элементов минерального питания растений теряются в основном со смываемой почвой, а подвижные – с поверхностным стоком талых и дождевых вод. Отмечено [10], что потери минерального азота с поверхностным стоком в 50–100 раз выше, чем со смывом, а доля нитратов в выносе составляла 60–70%.

Из биогенных элементов фосфор наименее подвержен водной миграции и основная масса его уносится с твердым стоком [11, 12]. Имеются данные [13], что более половины фосфора теряется в органической форме. Валовое содержание калия в почве превосходит запасы азота и фосфора, поэтому он может смываться в значительных количествах. Больше всего теряется обменного калия за счет выноса илистых частиц, обогащенных этим элементом [7].

Цель настоящей работы заключалась в установлении количественных показателей потерь гумуса, азота, фосфора и калия с жидким стоком и смывом почвы на эрозионно-опасных формах рельефа во время весеннего снеготаяния и в период выпадения стокообразующих осадков (дождей) под разными культурами.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на протяжении 1987–1996 гг. на стационаре “Стоковые площадки”, расположенном в центральной почвенно-эрозионной зоне Белоруссии (э/б “Курасовщина” Минского района) на геоморфологическом профиле: водораздельная равнина – нижняя часть склона. Склон южной экспозиции, выпуклый, с крутизной 5°–7°, длиной до 70 м. Площадь одной стоковой площадки 720 м^2.

Почва стационара дерново-палево-подзолистая легкосуглинистая, на легком лессовидном суглинке. На водораздельной равнине расположены несмытые почвы, в верхней части склона – слабо-среднесмытые, в средней части – среднесильносмытые и в нижней части склона – глееватые намытые. Агрохимическая характеристика пахотных горизонтов почв следующая: несмытой – $pH_{сол}$ 5.64, содержание гумуса 1.7%, общего азота 0.096%, подвижного P_2O_5 299 и обменного K_2O – 251 мг/кг почвы; слабо-среднесмытой – $pH_{сол}$ 5.54, содержание гумуса 1.6%, общего азота 0.069%, P_2O_5 257 и K_2O 242 мг/кг почвы; средне-сильносмытой – $pH_{сол}$ 5.35, содержание гумуса 1.2%, общего азота 0.065%, P_2O_5 295 и K_2O 202 мг/кг почвы.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ

Таблица 1. Потери гумуса и макроэлементов с процессами водной эрозии во время весеннего снеготаяния

Агрофон	Число наблюдений, годы	Жидкий сток, мм	Потери с жидким стоком, кг/га				Смыв почвы, т/га	Потери с твердым стоком, кг/га			
			гумус	$N_{общ}$	P_2O_5	K_2O		гумус	$N_{общ}$	P_2O_5	K_2O
Зябь	10	8.2	0.8	0.1	0.1	0.6	0.5	7.3	0.6	0.5	0.6
		11.2	4.3	0.3	0.2	1.1	46.0	345.0	30.8	13.4	5.1
		2.2	0.7	0.1	0.1	0.3	3.3	31.1	2.2	1.0	0.8
		22.9	6.4	0.3	0.2	1.4	0.9	13.0	0.9	0.6	1.0
		37.5	4.2	0.2	0.2	1.8	6.4	91.2	4.3	1.5	1.6
		7.7	3.1	0.2	0.1	0.5	4.1	39.2	2.7	1.4	1.2
		17.1	0.7	0.1	0.2	0.8	2.0	20.0	1.4	0.8	0.6
		14.8	4.4	0.2	0.1	0.7	3.0	30.3	2.0	1.2	0.7
		20.1	4.7	0.4	0.2	1.3	12.8	116.6	8.6	3.1	2.2
		14.6	2.3	0.1	0.2	0.7	5.6	67.8	3.8	1.3	1.1
	В среднем	15.6	3.2	0.2	0.2	1.0	8.5	76.2	5.8	2.5	1.5
Озимая рожь	3	13.3	4.0	0.2	0.1	0.5	5.1	62.4	3.5	1.6	0.6
		17.7	7.0	0.3	0.2	0.7	4.6	51.9	3.1	1.0	0.9
		17.4	1.4	0.1	0.2	0.4	1.6	21.6	1.1	0.5	0.2
	В среднем	16.1	4.1	0.2	0.2	0.5	3.8	45.3	2.6	1.0	0.6
Многолетние травы	7	44.0	4.9	0.3	0.3	4.7	0.1	1.1	0.1	0.1	0.1
		8.1	2.1	0.1	0.1	0.4	0.3	3.5	0.2	0.1	0.1
		3.1	2.2	0.1	0.1	0.4	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
		15.6	5.7	0.3	0.2	1.0	0.5	8.8	0.4	0.1	0.9
		1.8	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
		3.8	2.3	0.2	0.1	0.8	1.0	9.0	0.8	0.4	0.3
		10.6	4.3	0.2	0.1	0.9	0.2	2.1	0.1	0.3	0.7
	В среднем	12.4	3.2	0.2	0.1	1.2	0.3	3.6	0.3	0.2	0.3

Учет стока воды с каждой стоковой площадки проводили с помощью самописцев "Валдай". Количество смытой почвы определяли способом подсчета унесенной твердой фракции по средним пробам воды, отобранным во время весеннего снеготаяния и в период выпадения стокообразующих дождей, суммируя с почвой из лотков. Под периодом стокообразующих дождей понимается промежуток времени с апреля по сентябрь месяцы.

В образцах исходной почвы и продуктах смыва (наносах) определяли: pH – в KCl-вытяжке, гумус – по Тюрину, общий азот – по Кьельдалю–Иодльбауеру, подвижный фосфор и обменный калий – по Кирсанову [14]. В пробах стоковых вод – подвижный фосфор, обменный калий, гумус и общий азот согласно [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На дерново-подзолистых почвах Белоруссии проявления водной эрозии обуславливаются током талых вод и ливневыми осадками. Соответственно этому в течение года развитие ее происходит в два периода – во время весеннего снеготаяния и при выпадении стокообразующих дождей. Величина потерь гумусовых веществ и элементов минерального питания растений из почвы зависит от объема жидкого стока, смыва твердой фазы почвы (интенсивности эрозионных процессов) и содержания питательных веществ в пахотном горизонте.

Ранней весной почвы склонов находятся в основном под зябью, озимыми зерновыми культурами и многолетними травами. По нашим многолетним данным, при снеготаянии объем жидкого стока колеблется на зяби от 7.7 до 37.5 мм, под озимыми зерновыми культурами – от 13.3 до 17.7; под многолетними травами – от 1.8 до 44.0 мм и в среднем составляет соответственно 15.6, 16.1 и 12.4 мм.

Смыв почвы во время весеннего снеготаяния с полей, не защищенных растительностью (зябь), достигает в отдельные годы 46.0 т/га при среднегодовой величине 8.5 т/га. Под озимыми зерновыми культурами потери твердой фазы почвы значительно ниже, чем с зяби и изменяются в пределах 1.6–5.1 т/га. На многолетних травах смыв почвы незначительный – 0.1–1.0 т/га.

Во время снеготаяния с процессами эрозии больше всего выносилось гумуса и азота, меньше – фосфора и калия (табл. 1).

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

Таблица 2. Потери гумуса и макроэлементов с процессами эрозии в период выпадения стокообразующих дождей

Культура	Число наблюдений, годы	Жидкий сток, мм	Потери с жидким стоком, кг/га				Смыв почвы, т/га	Потери с твердым стоком, кг/га			
			гумус	$N_{общ}$	P_2O_5	K_2O		гумус	$N_{общ}$	P_2O_5	K_2O
Пропашные (картофель)	5	6.4	1.4	0.1	0.1	1.1	16.2	404.1	10.9	16.7	8.7
		7.8	1.6	0.2	0.1	2.0	11.1	86.9	7.4	4.5	2.8
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		9.7	4.1	0.2	0.1	0.6	24.0	307.1	16.1	6.0	4.3
		7.4	3.0	0.2	0.1	1.7	5.5	51.0	3.7	1.1	0.6
	В среднем	6.3	2.0	0.2	0.1	1.1	11.4	169.8	7.6	5.7	3.3
Яровые зерновые (ячмень, овес)	5	2.8	1.1	0.1	0.1	0.7	0.5	5.6	0.3	0.2	0.1
		5.0	2.2	0.1	0.1	0.7	5.0	63.9	3.4	1.9	1.2
		7.8	1.4	0.1	0.1	0.3	1.6	14.5	1.1	0.3	0.2
		3.0	1.4	0.2	0.2	0.5	1.2	7.9	0.8	0.4	0.2
		2.4	0.2	0.1	0.1	0.2	4.5	27.5	3.0	1.2	0.4
	В среднем	4.2	1.3	0.1	0.1	0.5	2.6	23.9	1.7	0.8	0.4
Озимые зерновые (рожь)	3	6.8	4.6	0.1	<0.1	1.3	0.3	4.7	0.2	0.5	0.4
		0.3	0.2	0.1	<0.1	0.1	0.1	0.9	0.1	0.2	0.1
		3.1	1.5	<0.1	<0.1	0.9	0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1
	В среднем	3.4	2.1	0.1	<0.1	0.8	0.2	2.0	0.1	0.2	0.2
Многолетние травы	3	3.8	1.4	<0.1	<0.1	0.1	0.1	1.1	<0.1	<0.1	<0.1
		1.4	0.6	<0.1	<0.1	0.2	0.0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
		0.7	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	В среднем	2.0	0.7	<0.1	<0.1	0.1	0.03	0.4	<0.1	<0.1	<0.1

Количественные показатели потерь питательных веществ при смыве почвы существенно зависели от агрофона. На зяби с твердой фазой почвы ежегодно терялось гумуса от 7.3 до 345.0 кг/га, азота – от 0.6 до 30.8, фосфора – от 0.5 до 13.4 и калия – от 0.6 до 5.1 кг/га, при среднегодовых значениях соответственно 76.2, 5.8, 2.5 и 1.5 кг/га. Под озимыми зерновыми культурами потери были в 1.5–2.7 раза меньше, чем на зяби: гумуса 21.6–62.4 кг/га, общего азота – 1.1–3.5, подвижного фосфора – 0.5–1.6 и обменного калия – 0.2–0.9 кг/га.

Возделывание многолетних трав на почвах склонов способствовало заметному снижению интенсивности эрозионных процессов и уменьшению потерь питательных веществ. Под травами с твердой фазой почвы гумуса и азота выносилось в 12 раз, подвижного фосфора – в 9 и обменного калия – в 2 раза меньше, чем на почве, не защищенной растительностью (зябь). Абсолютные величины потерь колебались по годам в пределах: гумус – 0.2–9.0 кг/га, азот – 0.1–0.8, фосфор – 0.1–0.4, калий – 0.1–0.9 кг/га.

Вынос питательных веществ с жидким стоком по всем изучаемым агрофонам был незначительным. Гумуса терялось от 0.7 до 7.0 кг/га, азота, фосфора и калия – от 0.1 до 1.8 кг/га.

Анализ потерь питательных веществ с жидким стоком и смывом почвы показал, что во время весеннего снеготаяния на зяби и под озимыми зерновыми культурами основная масса гумуса (92–96%), общего азота (93–97%) и подвижного фосфора (83–93%) выносилась с твердой фазой почвы. Обменного калия с почвой терялось 54–60%.

Под многолетними травами структура потерь была несколько иная. Так как смыв почвы под ними незначительный (в среднем 0.3 т/га), то с мелкоземом гумуса выносилось 53, азота – 60, фосфора – 67%. Калий, как наиболее водорастворимый элемент, смывался, главным образом, жидким стоком (80%).

Объем жидкого стока в период стокообразующих дождей под всеми изучаемыми культурами был ниже, чем во время весеннего снеготаяния и колебался от 0 до 9.7 мм. В этот период эрозионные процессы наиболее интенсивно протекали под пропашными культурами, где смыв почвы достигал 24.0 т/га при среднегодовой величине 11.4 т/га. Яровые зерновые характеризовались более высокой почвозащитной способностью, чем пропашные – величина потерь почвы под ними составляла 0.5–5.0 т/га (в среднем 2.6 т/га). На посевах озимых зерновых смыв твердой фазы почвы при выпадении ливневых осадков не превышал 0.3 т/га, а под многолетними травами он фактически отсутствовал.

Потери питательных веществ с жидким стоком были незначительными (табл. 2). Величина потерь гумуса изменялась в зависимости от возде-

Таблица 3. Суммарные потери гумуса и макроэлементов под разными культурами и распределение их по сезонам года

Агрофон	Культура	Во время весеннего снеготаяния				В период выпадения стокообразующих дождей			
		гумус	$N_{общ}$	P_2O_5	K_2O	гумус	$N_{общ}$	P_2O_5	K_2O
Зябь	Пропашные	79.4 / 32	6.0 / 47	2.7 / 32	2.5 / 36	171.8 / 68	7.8 / 53	5.8 / 68	4.4 / 64
	Яровые зерновые	79.4 / 76	6.0 / 77	2.7 / 75	2.5 / 73	25.2 / 24	1.8 / 23	0.9 / 25	0.9 / 27
Озимые зерновые	Озимые зерновые	49.0 / 92	2.8 / 93	1.2 / 86	1.1 / 52	4.1 / 8	0.2 / 7	0.2 / 14	1.0 / 48
Многолетние травы	Многолетние травы	6.8 / 86	0.5 / 91	0.3 / 86	1.5 / 94	1.1 / 14	<0.1 / 9	<0.1 / 14	0.1 / 6

Примечание. Над чертой – потери в кг/га, под чертой – в процентах от общего выноса с водной эрозией.

лываемых культур от 0.7 до 2.1 кг/га. Азота, фосфора и калия выносилось с поверхностным жидким стоком 0.1–1.1 кг/га.

Вынос гумуса и биогенных элементов с твердым стоком был существенно выше, чем с жидким, особенно под пропашными культурами. В отдельные годы под картофелем гумуса терялось до 404.1 кг/га, азота – 16.1, фосфора – 16.7 и калия 8.7 кг/га, при среднегодовых значениях соответственно 169.8, 7.6, 5.7 и 3.3 кг/га.

Под яровыми зерновыми среднегодовая величина выноса гумуса с мелкоземом составила 23.9 кг/га. Однако в отдельные годы его смывалось до 63.9 кг/га. Общего азота терялось от 0.3 до 3.4 кг/га, подвижного фосфора – от 0.2 до 1.9 и обменного калия – от 0.1 до 1.2 кг/га.

Потери питательных веществ с твердой фазой почвы на посевах озимых зерновых культур были незначительными: гумуса – 0.2–4.7 кг/га, азота – до 0.2, фосфора – до 0.5 и калия – до 0.4 кг/га, а под многолетними травами смыв их фактически отсутствовал.

Следовательно, под пропашными и яровыми зерновыми культурами из общего количества питательных веществ (гумуса 95–99, азота – 94–97 и фосфора 89–98%), выносимых с процессами эрозии в период выпадения стокообразующих дождей, основная масса гумуса терялась с твердой фазой почвы. Обменного калия смывалось с мелкоземом на пропашных – 75%, на яровых зерновых – 44%. Под озимыми зерновыми со смывом почвы доля выноса гумуса, азота и фосфора составляла 49–50%, а калия – только 20%.

Многие авторы [2, 3, 16] отмечают, что на склоновых землях под влиянием жидкого стока и смыва почвы пахотный горизонт теряет в основном пылеватую и илистую фракции, т.е. наиболее мелкоземистые частицы, которые обладают высокой поглотительной способностью и содержат много питательных веществ. В результате этого содержание гумуса и элементов питания в наносах (смытой почве) выше, чем в верхнем слое исходной почвы.

В то же время в работе [17] отмечено преобладание в наносах фракций крупной и мелкой пыли, а илистой фракции обнаружено меньше, чем в верхнем слое почвы, на 4.6%. Кроме того, содержание гумуса, общего и гидролизуемого азота в продуктах смыва (наносах) было примерно такое же, как и в исходной почве.

В наших исследованиях также не установлено закономерного увеличения содержания питательных веществ в смытом мелкоземе по сравнению с верхним слоем почвы. Так, содержание гумуса в пахотном горизонте слабо-средне- и средне-сильносмытой почв колебалось по годам соответственно от 1.59 до 1.72 и от 0.88 до 1.10%, а в наносах – от 0.90 до 1.49%. Общего азота в почве в среднем по склону содержалось 0.065–0.069%, в смытом мелкоземе – 0.065–0.068%. Количество подвижного фосфора и обменного калия в исходной почве изменялось соответственно от 236.5 до 316.0 и от 175.1 до 269.2 мг/кг, а в продуктах смыва – от 263.1 до 307.6 и от 153.8 до 289.4 мг/кг почвы.

Подсчеты суммарных среднегодовых потерь питательных веществ с процессами водной эрозии показали их существенную зависимость от интенсивности использования склоновых земель. При возделывании пропашных и яровых зерновых культур, размещаемых по зяблевой вспашке, в целом ежегодно терялось гумуса 251.2 и 104.6 кг/га, общего азота – 13.8 и 7.8, подвижного фосфора – 8.5 и 3.6, обменного калия – 6.9 и 3.4 кг/га соответственно.

Суммарные потери при возделывании озимых зерновых культур были существенно ниже и составили гумуса – 53.1 кг/га в год, азота – 3.0, фосфора – 1.4, калия – 2.1 кг/га в год. На многолетних

Таблица 4. Размеры потерь гумуса и макроэлементов с водно-эрозионными процессами

Культура	Общие потери				В том числе							
					с жидким стоком				с твердым стоком			
	гумус	$N_{общ}$	P_2O_5	K_2O	гумус	$N_{общ}$	P_2O_5	K_2O	гумус	$N_{общ}$	P_2O_5	K_2O
Пропашные по зяби	251.2	13.8	8.3	6.9	5.2 / 2	0.4 / 3	0.3 / 4	2.1 / 30	246.0 / 98	13.4 / 97	8.2 / 96	4.8 / 70
Яровые зерновые по зяби	104.6	10.5	3.6	3.4	4.5 / 4	0.3 / 4	0.3 / 8	1.5 / 44	100.1 / 96	7.5 / 96	3.3 / 92	1.9 / 56
Озимые зерновые	53.5	3.0	1.4	2.1	6.2 / 12	0.3 / 10	0.2 / 14	1.3 / 62	47.3 / 88	2.7 / 90	1.2 / 86	0.8 / 38
Многолетние травы	7.9	0.5	0.3	1.6	3.9 / 49	0.2 / 40	0.1 / 33	1.3 / 81	4.0 / 51	0.3 / 60	0.2 / 67	0.3 / 19

Примечание. Над чертой – потери в кг/га в год, под чертой – в процентах от общего выноса с водной эрозией.

травах общий смыв питательных веществ был незначительным.

Для научного обоснования элементов почвозащитных систем земледелия важно знать не только общие размеры выноса питательных веществ с эрозионными процессами, но и распределение их по сезонам года. Установлено, что при размещении пропашных культур по зяблевой вспашке, основная масса гумуса, общего азота, подвижного фосфора и обменного калия терялась в период выпадения стокообразующих дождей (табл. 3). При возделывании яровых зерновых (размещаемых по зяби) – во время весеннего снеготаяния.

Под озимыми зерновыми потери гумуса, азота и фосфора также в основном происходили при снеготаянии, когда наземная масса и корневая система растений еще слабо сформированы. Калий смывался как под действием талых вод (52% общих потерь), так и ливневых осадков (48% общих потерь).

На многолетних травах эрозионные процессы фактически отсутствовали, а то незначительное количество питательных веществ, которое терялось, смывалось, главным образом, во время весеннего снеготаяния.

Из общего количества выносимых с водной эрозией гумуса, общего азота и подвижного фосфора преобладающая доля их смывалась с твердой фазой почвы (табл. 4). Обменный калий же с мелкоземом терялся в большей степени на пропашных и яровых зерновых культурах, т.е. где был более высокий смыв почвы, а под озимыми зерновыми и многолетними травами он в основном выносился с жидким стоком.

ВЫВОДЫ

1. На дерново-палево-подзолистых почвах центральной почвенно-эрозионной зоны Белоруссии при возделывании пропашных и яровых зерновых культур, размещаемых по зяблевой вспашке, на южных склонах рельефа ежегодно терялось соответственно: гумуса 251.2 и 104.6 кг/га, общего азота – 13.8 и 7.8, подвижного фосфора – 8.5 и 3.6, обменного калия – 6.9 и 3.4 кг/га. Под озимыми зерновыми культурами потери были существенно ниже и составили: гумуса – 53.1 кг/га в год, азота – 3.0, фосфора – 1.4, калия – 2.1 кг/га в год. Возделывание многолетних трав фактически предотвращало смыв питательных веществ.

2. На пропашных культурах, при размещении их по зяблевой вспашке, основная масса гумуса (68%), общего азота (53%), подвижного фосфора (68%) и обменного калия (64%) терялась в период выпадения стокообразующих дождей, а на яровых зерновых культурах, наоборот, около 76% гумуса, 77% азота, 75% фосфора и 73% калия выносилось во время весеннего снеготаяния. Под озимыми зерновыми эрозионные потери гумуса, азота и фосфора происходили, в основном, во время снеготаяния. Калий смывался как талыми водами (52% от общих потерь), так и ливневыми дождями (48% от общих потерь). На многолетних травах незначительное количество потерь питательных веществ наблюдали, главным образом, во время снеготаяния.

3. Преобладающая доля гумуса, общего азота и подвижного фосфора из общего выноса их водной эрозией терялась с твердой фазой почвы. Обменный калий выносился с мелкоземом в большей степени на пропашных и яровых зерновых культурах, а на озимых зерновых и многолетних травах его основные потери происходили с жидким стоком.

4. В опыте не было установлено увеличения содержания питательных веществ в наносах по сравнению с верхним слоем исходной почвы. Содержание гумуса, общего азота, подвижного фос-

фора и обменного калия в пахотном горизонте почвы было фактически такое же, как и в продуктах смыва (наносах).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Земля Беларуси 1997 / Под ред. Кузнецова Г.И. Минск, 1997. 42 с.
2. *Гусаров В.Г., Карандашова Г.Г.* Потери питательных веществ в зависимости от интенсивности эрозии // Бюл. ВИУА. 1987. № 81. С. 45–48.
3. *Гусаров В.Г.* Смыв и потери питательных веществ дерново-подзолистыми почвами юга Московской области // Эродированные почвы и эффективность почвозащитных мероприятий / Науч. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1987. С. 28–33.
4. *Гусаров В.Г.* Потери питательных веществ при различных почвозащитных обработках зяби // Бюл. ВИУА. 1987. № 81. С. 49–51.
5. *Рындич Л.П., Явтушенко В.Е.* Смыв питательных веществ из выщелоченного чернозема в почвозащитном севообороте // Почвоведение. 1987. № 4. С. 117–123.
6. *Явтушенко В.Е., Рындич Л.П.* Вынос калия, кальция и магния поверхностным стоком талых вод из смытого выщелоченного чернозема // Бюл. ВИУА. 1987. № 81. С. 52–60.
7. *Явтушенко В.Е.* Влияние природных и антропогенных факторов водной эрозии на потери питательных веществ в Черноземной зоне // Повышение эффективности удобрений в интенсивном земледелии / Тр. ВИУА. М., 1989. С. 61–73.
8. *Явтушенко В.Е., Макарова Н.Б.* Потери органического вещества и элементов питания растений из почвы в результате водной эрозии // Агрохимия. 1996. № 4. С. 117–123.
9. *Лидов В.П.* Процессы водной эрозии в зоне дерново-подзолистых почв. М.: Изд-во МГУ, 1981. 168 с.
10. *Явтушенко В.Е., Рындич Л.П.* Миграция азота в смытом выщелоченном черноземе // Химизация сел. хоз-ва. 1989. № 9. С. 27–29.
11. *Липкина Г.С.* Почвенно-экологические условия и применение удобрений. М.: ВНИИТЭИагропром, 1990. 57 с.
12. *Шикула Н.Л., Ломакин М.М.* Потери питательных веществ из серых оподзоленных почв с поверхностным стоком // Почвоведение. 1978. № 4. С. 113–120.
13. *Юркин С.Н., Макаров Н.Б., Пименов Е.А.* Потери азота, фосфора и калия из почвы и удобрений с поверхностным стоком // Агрохимия. 1978. № 11. С. 133–141.
14. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
15. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 56 с.
16. *Чернышев Е.П., Иванова Н.Б.* Потери органических и минеральных веществ почвами центра и юга Русской равнины при снеготаянии // Почвоведение. 1993. № 2. С. 73–83.
17. *Константинов И.С.* Защита почв от эрозии при интенсивном земледелии. Кишинев: Штиинца, 1987. 240 с.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГПУ