

УДК 631.811:631.472.56:631.4592::31.445.24(476)

ПОТЕРИ ГУМУСА И ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ИЗ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПРИ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ*

© 2004 г. Н. Н. Цыбулька¹, И. И. Жукова², В. В. Жилко³

¹Могилевский филиал Института радиологии, Белоруссия, 212004 Могилев, пр. Витебский, 34, rniur@tut.by

²Могилевский государственный университет им. А.А. Кулешова, Белоруссия, 212030 Могилев, ул. Первомайская, 44

³Институт почвоведения и агрохимии НАН Б, Белоруссия, 220108 Минск, ул. Казинца, 62

Поступила в редакцию 13.08.2003 г.

Представлены результаты многолетних исследований смыва гумуса и элементов минерального питания растений с процессами водной эрозии на дерново-палево-подзолистых почвах. Установлены количественные показатели потерь гумуса, азота, фосфора и калия из почвы с жидким и твердым стоком в период весеннего снеготаяния и выпадения стокообразующих дождей под разными сельскохозяйственными культурами.

ВВЕДЕНИЕ

Регулирование круговорота и баланса органического вещества и биогенных элементов имеет важнейшее значение в связи с необходимостью повышения плодородия почв, продуктивности земледелия и охраны окружающей среды. Проблема баланса гумуса и элементов питания наиболее острой является на эродированных почвах, которые характеризуются пониженным содержанием органического вещества и макроэлементов. На этих почвах имеется дополнительная расходная статья баланса, обусловленная процессами эрозии.

По литературным данным в разных почвенно-экологических условиях ежегодный вынос с жидким и твердым стоком гумуса может колебаться от 5–10 до 450–480 кг/га и более, азота – 1–35, фосфора – 0.1–15, калия – 0.3–25, кальция – 10–25, магния – 2–11 кг/га [2, 3, 5, 13, 15]. Приводятся данные о более значительных потерях элементов питания – фосфора до 95, калия – до 72 кг/га в год [4].

Валовые формы элементов питания растений теряются в основном со смываемой почвой, а подвижные – с поверхностным стоком талых и дождевых вод [12]. Отмечено [14], что потери минерального азота с поверхностным стоком в 50–100 раз выше, чем со смывом почвы, а доля нитратов в выносе составляла 60–70%.

Из биогенных элементов фосфор наименее подвержен водной миграции и основная масса его уносится с твердым стоком [5, 10]. Имеются дан-

ные [11], 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 [12].

Растительность всех видов является мощным противоэрозийным фактором. Приводятся данные [8], что под озимыми зерновыми культурами потери элементов питания в два раза ниже, чем на яблони.

Цель настоящей работы заключалась в установлении количественных показателей потерь гумуса, азота, фосфора и калия из дерново-палево-подзолистых почв с водной эрозией в период весеннего снеготаяния и выпадения стокообразующих дождей под разными сельскохозяйственными культурами.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на стационарных стоковых площадках, расположенных на выпуклом склоне южной экспозиции с крутизной 5–7°. Постоянные стоковые площадки заложены по геоморфологическому профилю от водораздельной равнины до подножья склона. Длина каждой площадки или длина линии стока – 60 м, ширина – 12 м, общая площадь одной площадки – 720 м². Стоковая площадка представляет собой изолированный от окружающей местности прямоугольный участок склона, огражденный по контуру, за исключением нижней стороны, бортиками высо-

* Работа выполнена в Белорусском научно-исследовательском институте почвоведения и агрохимии.

той 25–30 см и оборудованный в нижней части устройствами для учета стекающей с его поверхности воды и выносимой почвы. Ограждение площадки предотвращает попадание на нее воды, стекающей с окружающей территории. Длинные стороны площадок располагаются строго перпендикулярно горизонталям склонов. В нижней части площадки для перехвата воды, стекающей со склона, располагается водоприемный лоток под некоторым углом к горизонталям.

Объектом исследований являлись дерново-палево-подзолистые почвы, сформированные на легких лёссовидных суглинках. На водораздельной равнине расположены незероэродированные почвы, на склоне – эродированные, подножья склона – глееватые намывные почвы.

Смыв почвы, жидкий сток, потери с эрозией гумуса и элементов питания определяли в соответствии с принятыми методиками [6, 7]. Смыв почвы (твердый сток) с территории стоковой площадки, определяли путем суммирования стока взвешенных и донных наносов. Сток донных наносов, которые оседали в водоприемном лотке и стокоприемнике, учитывали весовым методом, а сток взвешенных наносов – методом фильтрования проб, отбираемых на мутность на выходе из стокоприемника.

Учет стока талых и ливневых вод выполняли с помощью измерительного оборудования, расположенного в специальном павильоне в нижней части склона. Оборудование представляет собой металлические мерные баки, имеющие две сообщающиеся между собой секции, с водосливными треугольными вырезами в передней стенке. Первая секция служит верхним бьефом водослива, установленного в торцевой части бака, вторая – для приема воды, поступающей из водоприемного лотка стоковой площадки. При учете объема жидкого стока использовали самописцы уровня воды типа “Валдай”.

Для установления потерь гумуса, азота, фосфора и калия с жидким стоком стоковые воды отбирали в период весеннего снеготаяния и при выпадении всех стокообразующих дождей.

Содержание в твердом стоке (наносах) гумуса определяли по методу Тюрина, общего азота – по Кьельдалю–Иодльбауеру, подвижного фосфора и обменного калия – по Кирсанову [1]. Химический анализ стоковых вод выполняли по методике [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проявление водно-эрозионных процессов наблюдается в почвенно-климатических условиях Белоруссии в два периода: во время зимних оттепелей и весеннего снеготаяния и во время выпадения стокообразующих дождей.

Потери гумуса и элементов питания при весеннем снеготаянии. Эрозия почвы при весеннем снеготаянии – результат взаимодействия постоянных (длины, крутизны и экспозиции склона) и динамических факторов (мощности снежного покрова и запасов воды в снеге, влажности и глубины промерзания почвы к моменту начала снеготаяния, наличия или отсутствия ледяной корки, продолжительности и интенсивности таяния снега).

Весеннее снеготаяние на полях начинается при переходе среднесуточной температуры воздуха через 0°C и продолжается от нескольких дней до нескольких недель. В этот период почвы находятся под зябью, озимыми зерновыми культурами и многолетними травами.

По многолетним наблюдениям объем жидкого стока изменялся на зяби от 0.2 до 28.4 мм, под озимыми зерновыми культурами достигал 19.6, под многолетними травами – 15.7 и в среднем составлял соответственно 9.9, 11.1 и 6.6 мм (табл. 1).

Вынос гумуса и элементов питания с жидким стоком был незначительным по всем изучаемым агрофонам. Потери гумуса колебались в зависимости от объема стока от 0.1 до 10.8 кг/га на зяби, от 0.4 до 7.0 – под озимыми зерновыми культурами и от 0.1 до 5.8 кг/га – под многолетними травами. Среднемноголетние значения потерь его с жидким стоком по агрофонам были близкими – 2.3–2.5 кг/га.

Смыв азота, фосфора и калия в растворенном виде с поверхностным стоком талых вод за годы исследований не превышал 1 кг/га. Однако наблюдались случаи, когда потери калия на зяби достигали 4.3 кг/га.

Зябь является наиболее эрозионноопасной в период снеготаяния. Смыв почвы с полей, незащищенных растительностью, достигал в отдельные годы 36.1 т/га, при среднемноголетнем значении 6.9, тогда как под озимыми зерновыми культурами он колебался в пределах 1.1–5.2, а под многолетними травами – не превышал 0.6 т/га.

Потери элементов питания со смываемой почвой существенно зависели от агрофона. По зяблевой вспашке с твердым стоком ежегодно смывалось: гумуса от 1.7 до 433.1; азота – от 0.1 до 28.2; фосфора – от 0.1 до 11.9; калия – от 0.1 до 6.7 кг/га. Среднемноголетние значения их составили соответственно 78.1, 5.2, 2.2 и 1.2 кг/га. Под озимыми зерновыми культурами, хорошо защищающими почву от эрозии, среднегодовые потери были в 3–4 раза меньше, чем на зяби – гумуса – 26.3, общего азота – 1.5, подвижного фосфора – 0.6 и обменного калия – 0.3 кг/га. Возделывание многолетних трав на почвах склонов способствовало еще более заметному снижению эрозионных процессов и уменьшению смыва элементов питания. Под травами среднемноголетние потери

Таблица 1. Потери гумуса и элементов питания с водной эрозией при весеннем снеготаянии

Агрофон Число лет наблюдений	Жидкий сток, мм	Потери с жидким стоком, кг/га			
		гумус	N _{общ}	P ₂ O ₅	K ₂ O
<u>Зябрь</u> 7	<u>0.2–28.4*</u> 9.9	<u>0.1–10.8</u> 2.3	<u>0.1–0.4</u> 0.2	<u>0.05–0.04</u> 0.1	<u>0.1–4.3</u> 0.9
<u>Озимые зерновые</u> 6	<u>0–19.6</u> 11.1	<u>0.4–7.0</u> 2.3	<u>0.1–0.4</u> 0.2	<u>0.05–0.2</u> 0.1	<u>0.2–0.7</u> 0.3
<u>Многолетние травы</u> 4	<u>0–15.7</u> 6.6	<u>0–5.8</u> 2.5	<u>0–0.3</u> 0.1	<u>0–0.2</u> 0.1	<u>0–0.9</u> 0.5
Агрофон Число лет наблюдений	Смыв почвы, т/га	Потери с твердым стоком, кг/га			
		гумус	N _{общ}	P ₂ O ₅	K ₂ O
<u>Зябрь</u> 7	<u>0.4–36.1</u> 6.9	<u>1.7–433.1</u> 78.1	<u>0.3–28.2</u> 5.2	<u>0.1–11.9</u> 2.2	<u>0.1–6.7</u> 1.2
<u>Озимые зерновые</u> 6	<u>1.1–5.2</u> 2.2	<u>11.6–62.4</u> 26.3	<u>0.7–3.5</u> 1.5	<u>0.2–1.6</u> 0.6	<u>0.1–0.9</u> 0.3
<u>Многолетние травы</u> 4	<u>0–0.6</u> 0.2	<u>0–8.9</u> 2.8	<u>0–0.4</u> 0.1	<u>0–0.3</u> 0.1	<u>0–0.9</u> 0.4

* Примечание. Над чертой – интервал изменения за годы наблюдений, под чертой – среднемноголетнее значение.

гумуса были в 28 раз, азота – в 52, фосфора – в 22 и калия – в 3 раза меньше, чем на почве, незащищенной растительностью (зябрь). Абсолютные величины смыва не превышали: гумуса – 8.9, азота – 0.4, фосфора – 0.3, калия – 0.9 кг/га.

Анализ структуры потерь питательных веществ с жидким и твердым стоком при снеготаянии показал, что на зяби и под озимыми зерновыми культурами основная масса гумуса (92–97), общего азота (88–96) и подвижного фосфора (86–96%) теряется с твердым стоком. Обменный калий выносится с почвой на 50–57%.

Под многолетними травами структура потерь несколько иная. Так как смыв почвы под ними незначительный (в среднем 0.2 т/га), то вынос с ней гумуса составляет 53, азота и фосфора – по 50%. Калий смывается больше с жидким стоком в растворенной форме (56%).

Суммарные среднемноголетние потери гумуса (с жидким и твердым стоком) при весеннем снеготаянии составили на зяби 80.4, под озимыми зерновыми культурами – 28.6, под многолетними травами – 5.3 кг/га.

Азота, фосфора и калия смывалось на зяби в целом при снеготаянии 5.4, 2.3 и 2.1 кг/га, соответственно. Озимые зерновые культуры и особенно многолетние травы благодаря корневой системе и надземной массе более надежно предохраняли почву от смыва элементов питания. На полях, занятых озимыми зерновыми культурами,

потери сократились примерно в 3.5 раза, а на полях с многолетними травами – в 11 раз и более, за исключением калия, потери которого уменьшились лишь в 2 раза и составили 0.9 кг/га.

Данные стока талых вод в зависимости от агротехнических фонов показали, что максимальный сток наблюдался на посевах озимых зерновых, максимальный смыв – по зяблевой вспашке. Гумус, азот и фосфор на зяби и под озимыми зерновыми культурами теряются в основном с твердым стоком. Под многолетними травами гумус больше выносится с твердым стоком, азот и фосфор – в относительно одинаковом количестве и с жидким и твердым. Обменный калий на зяби больше теряется с твердым стоком, на многолетних травах – с жидким стоком, а на посевах озимых – в равном количестве и с жидким и с твердым стоком.

Потери гумуса и элементов питания при стокообразующих дождях. Интенсивность эрозионных процессов в период стокообразующих дождей зависит от частоты, продолжительности и интенсивности осадков. В летний период эрозионные процессы наиболее интенсивно протекали под пропашными культурами, где смыв почвы достигал 9.6, при среднемноголетней величине 7.5 т/га. Яровые зерновые культуры характеризовались более высокой почвозащитной способностью, чем пропашные. Смыв почвы под ними составил 0.8–6.8, при среднемноголетнем значе-

Таблица 2. Потери гумуса и макроэлементов с водной эрозией при выпадении стокообразующих дождей

Культура Число лет наблюдений	Жидкий сток, мм	Потери с жидким стоком, кг/га			
		гумус	N _{общ}	P ₂ O ₅	K ₂ O
<u>Пропашные</u> 2	<u>6.8–7.4*</u> 6.8	<u>1.7–3.0</u> 2.4	<u>0.2</u> 0.2	<u>0.1</u> 0.1	<u>1.0–1.7</u> 1.4
<u>Яровые зерновые</u> 7	<u>0.2–10.6</u> 4.5	<u>0.1–1.6</u> 1.0	<u>0.1–0.3</u> 0.1	<u>0.1–0.2</u> 0.1	<u>0.1–0.7</u> 0.4
<u>Озимые зерновые</u> 6	<u>0.3–4.3</u> 3.1	<u>0.2–4.8</u> 1.8	<u>0.1–0.2</u> 0.1	<u>0.1</u> 0.1	<u>0.1–0.9</u> 0.6
<u>Многолетние травы</u> 4	<u>0.7–3.8</u> 1.5	<u>0.1–1.4</u> 0.5	<u>0.1</u> 0.1	<u>0.1</u> 0.1	<u>0.1–0.2</u> 0.1
Культура Число лет наблюдений	Смыв почвы, т/га	Потери с твердым стоком, кг/га			
		гумус	N _{общ}	P ₂ O ₅	K ₂ O
<u>Пропашные</u> 2	<u>5.5–9.6</u> 7.5	<u>51.0–263.4</u> 157.2	<u>3.7–11.5</u> 7.6	<u>1.1–5.8</u> 3.5	<u>0.6–3.1</u> 1.9
<u>Яровые зерновые</u> 7	<u>0.8–6.8</u> 3.2	<u>7.9–63.9</u> 25.4	<u>0.5–4.0</u> 2.2	<u>0.3–1.7</u> 1.2	<u>0.1–1.2</u> 0.4
<u>Озимые зерновые</u> 6	<u>0.1–0.6</u> 0.2	<u>0.2–11.6</u> 3.8	<u>0.1–0.4</u> 0.2	<u>0.1–0.2</u> 0.1	<u>0.1</u> 0.1
<u>Многолетние травы</u> 4	<u>0–0.1</u> 0.03	<u>0–1.1</u> 0.3	<u>0–0.1</u> 0.1	<u>0–0.1</u> 0.1	<u>0–0.1</u> 0.1

* Примечание. Над чертой – интервал изменения за годы наблюдений, под чертой – среднегодовое значение.

нии 3.2 т/га. На посевах озимых зерновых смывалось не более 0.6 т/га почвы, а под многолетними травами смыв практически отсутствовал.

По нашим наблюдениям объем жидкого стока за период выпадения дождей по всем изучаемым агрофонам был ниже, чем при весеннем снеготаянии, и колебался от 0.2 до 10.6 мм (табл. 2). Максимальная его величина отмечалась под пропашными культурами – 7.1, минимальная – под многолетними травами – 1.5 мм.

С жидким стоком в большей мере смывались гумус и калий. Среднегодовое потери гумуса изменялись в зависимости от возделываемых культур от 0.5 под многолетними травами до 3.0 кг/га под пропашными культурами. Под озимыми и яровыми зерновыми культурами его смывалось в среднем 1.0–1.8 кг/га в год. В отношении калия такая же закономерность: наибольшие потери под пропашными культурами, затем озимыми зерновыми, яровыми зерновыми и наименьшие – под многолетними травами. Потери общего азота и подвижного фосфора под всеми возделываемыми культурами были практически одинаковыми.

Смыв гумуса и элементов минерального питания с твердым стоком был выше, чем с жидким,

особенно под пропашными культурами. Среднегодовое потери при их возделывании составили: гумуса – 157.2, азота – 7.6, фосфора – 3.5 и калия – 1.9 кг/га.

Под яровыми культурами в среднем ежегодно смывалось 25.4 кг/га гумуса, хотя в отдельные годы и до 63.9 кг/га. Общего азота терялось от 0.5 до 4.6, фосфора – от 0.3 до 1.9 и калия – от 0.1 до 1.2 кг/га.

Под посевами озимых зерновых культур потери всех элементов питания были незначительными: гумуса – 0.2–11.6, азота – 0.1–0.4, фосфора – 0.1–0.2 и калия – до 0.1 кг/га. Под многолетними травами смыв их практически отсутствовал.

В период стокообразующих дождей, как и при снеготаянии, под пропашными и яровыми зерновыми культурами более 90% гумуса, азота и фосфора теряется со смываемой почвой (твердый сток). Доля потерь калия с твердым стоком под этими культурами составляет 50–58%.

Относительный смыв с твердым стоком под озимыми зерновыми составил: гумуса – 68, азота и фосфора – 50, калия – 14%, под многолетними травами: гумуса – 38, элементов питания – 50%.

Таблица 3. Суммарные потери гумуса и макроэлементов с водно-эрозионными процессами, кг/га в год

Возделываемые культуры	Суммарные потери			В том числе								
				с жидким стоком			с твердым стоком					
	Гумус	N _{общ}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус	N _{общ}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус	N _{общ}	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пропашные	240.0	13.2	5.9	5.4	4.7	0.4	0.2	2.3	235.3	12.8	5.7	3.1
Яровые зерновые	106.8	7.7	3.6	2.9	3.3	0.3	0.2	1.3	103.5	7.4	3.4	1.6
Озимые зерновые	34.2	1.9	0.9	1.3	4.1	0.3	0.2	0.9	30.1	1.6	0.7	0.4
Многолетние травы	6.1	0.3	0.3	1.1	3.0	0.2	0.1	0.6	3.1	0.1	0.2	0.5

Суммарные среднесезонные потери (с твердым и жидким стоком) гумуса за период выпадения стокообразующих дождей под пропашными культурами составили 159.6 кг/га. При возделывании яровых зерновых культур потери его были меньше в 6 раз – 26.4 кг/га. Под озимыми зерновыми культурами и многолетними травами вынос гумуса с ливневыми осадками был незначительным – 5.6 и 0.8 кг/га, соответственно.

Суммарные потери элементов питания при стокообразующих дождях были выше, чем при снеготаянии. На пропашных культурах азота теряется в среднем ежегодно 7.8, фосфора – 3.6 и калия – 3.3 кг/га. При возделывании яровых зерновых культур смыв макроэлементов был в 3–4 раза меньше, а под озимыми зерновыми культурами и многолетними травами не превышал 1 кг/га.

Таким образом, многолетние данные стока дождевых вод в зависимости от возделываемых культур показали, что максимальный сток и смыв наблюдался под пропашными культурами, минимальный – под многолетними травами. Основные потери гумуса, азота и фосфора под пропашными и яровыми зерновыми культурами наблюдаются с твердым стоком. Под многолетними травами гумус больше смывается с жидким, а азот и фосфор – в равных количествах с жидким и твердым стоком. В отношении калия несколько иная картина: под пропашными культурами данный элемент больше выносился с почвой, под озимыми зерновыми культурами – с жидким стоком, под яровыми зерновыми и многолетними травами его потери с жидким и твердым стоком одинаковы.

Общие потери гумуса и элементов питания с эрозией. Многолетние исследования показали, что смыв гумуса и элементов минерального питания существенно зависят от характера использования склоновых земель. При возделывании пропашных культур ежегодные потери гумуса составляют 240.0 кг/га, который теряется в основном с твердым стоком – 235.3 (табл. 3). Возделывание яровых культур сплошного сева (яровые зерновые и зернобобовые) способствует снижению смыва гумуса до 106.8 кг/га в год.

Озимые зерновые культуры большую часть года защищают почву от эрозии, а многолетние травы – круглый год, поэтому потери гумуса под ними гораздо ниже – 34.2 и 6.1 кг/га в год, соответственно.

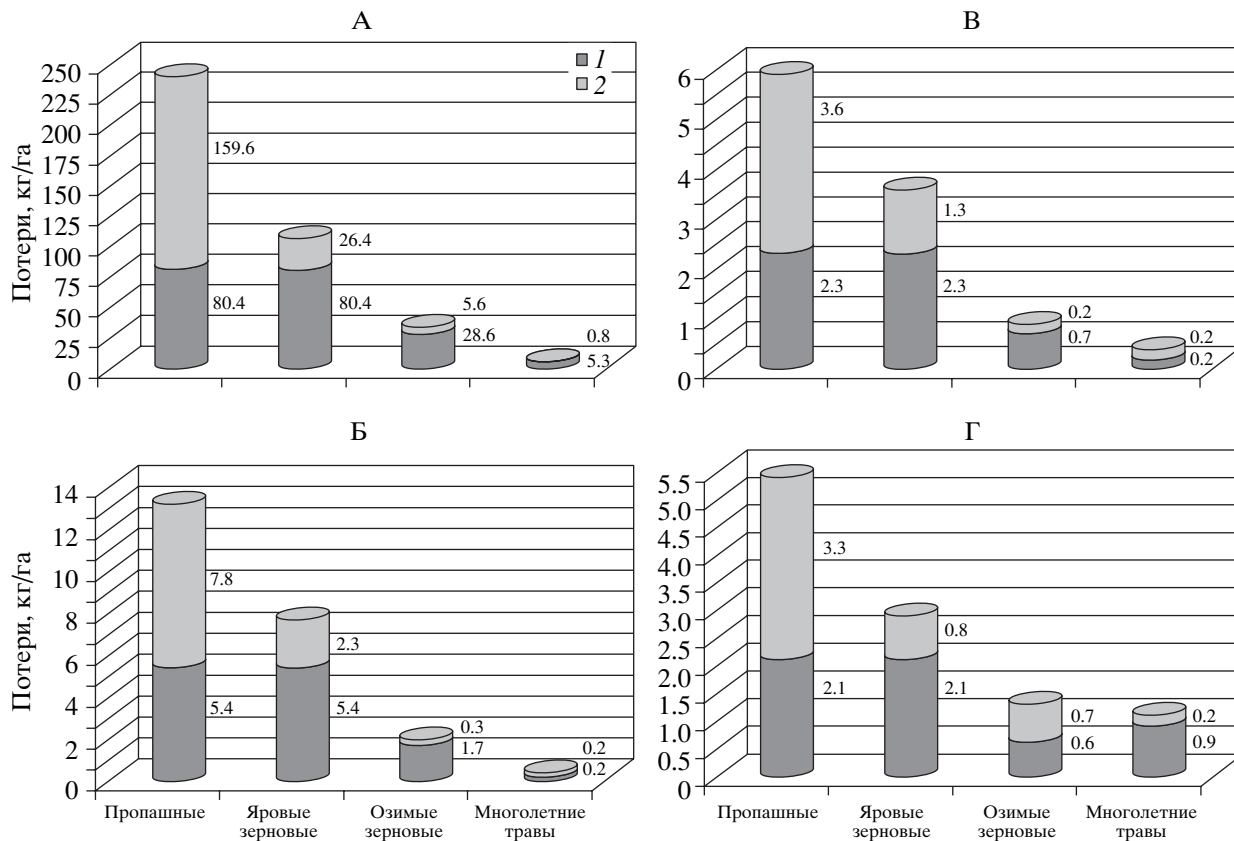
Элементы питания также смываются в основном при возделывании пропашных и яровых зерновых культур. Под культурами, хорошо защищающими почву от эрозии (озимыми зерновыми и многолетними травами), потери их незначительные – 0.3–1.9 кг/га в год.

Из элементов питания в наибольшей степени смыву подвержен азот, которого теряется в среднем ежегодно 7.7–13.2, тогда как фосфора и калия – 2.9–5.9 кг/га.

Анализируя структуру смыва с водной эрозией гумуса и элементов питания по сезонам года можно отметить, что основная доля потерь гумуса, азота, фосфора и калия под пропашными культурами наблюдается в период выпадения стокообразующих дождей (рисунок). При возделывании яровых и озимых зерновых культур они смываются преимущественно во время весеннего снеготаяния, за исключением калия на озимых зерновых. Под многолетними травами гумус и калий теряются в основном при снеготаянии, а азот и фосфор – в одинаковых количествах с талыми водами и ливневыми осадками.

ВЫВОДЫ

1. Развитие водной эрозии на дерново-палево-подзолистых почвах, смыв гумуса и элементов питания существенно зависят от характера использования склоновых земель. Максимальный смыв гумуса, азота, фосфора и калия наблюдается под пропашными культурами. Среднесезонные значения потерь их составляют соответственно 240.0, 13.2, 5.9 и 5.4 кг/га в год. Возделывание яровых культур сплошного сева (яровые зерновые) способствует снижению по сравнению с пропашными культурами смыва гумуса и элементов питания в 1.7–2.2 раза. Под культурами, хорошо защищающими почву от эрозии (озимы-



Динамика потерь гумуса (А), азота (Б), фосфора (В) и калия (Г) с весенним снеготаянием (1) и со стокообразующими дождями (2).

ми зерновыми и многолетними травами), потери их незначительные.

2. Из элементов питания растений в наибольшей степени смыву подвержен азот, которого под пропашными и яровыми зерновыми культурами теряется в среднем 7.7–13.2 кг/га в год, тогда как фосфора и калия – 2.9–5.9.

3. Основная доля потерь гумуса и макроэлементов под пропашными культурами наблюдается при стокообразующих дождях, под зерновыми культурами – при весеннем снеготаянии. Под многолетними травами гумус и калий теряются в основном с талыми водами, а азот и фосфор – в одинаковых количествах с талыми водами и ливневыми осадками.

4. При эрозии почвы талыми водами основное количество гумуса и элементов питания смывается с твердым стоком по всем агрофонам. При эрозии ливневыми дождями под пропашными и яровыми зерновыми культурами они также теряются преимущественно с твердым стоком, а под озимыми зерновыми и многолетними травами – примерно в одинаковых количествах с жидким и твердым стоком.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Гусаров В.Г., Карандашева 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. Лидов В.П. Процессы водной эрозии в зоне дерново-подзолистых почв. М.: Изд-во МГУ, 1981. 168 с.
5. Липкина Г.С. Почвенно-экологические условия и применение удобрений. М.: ВНИИТЭИагропром, 1990. 57 с.
6. Методические рекомендации по учету поверхностного стока и смыва почв при изучении водной эрозии. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 88 с.
7. Принципы организации и методы стационарного изучения почв. М.: Наука, 1976. 415 с.
8. Пухачев А.П. Почвозащитная роль сельскохозяйственных культур и некоторых приемов зяблевой обработки в Предкамье Татарской АССР. Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Воронеж, 1982. 20 с.
9. Руководство по химическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 270 с.

10. *Шикула Н.Л., Ломакин М.М.* Потери питательных веществ из серых оподзоленных почв с поверхностным стоком // Почвоведение. 1978. № 4. С. 113–120.
11. *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.
12. *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. 1989. С. 61–73.
13. *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.
14. *Явтушенко В.Е., Рындич Л.П.* Миграция азота в смытом выщелоченном черноземе // Химизация сельского хозяйства. 1989. № 9. С. 27–29.
15. *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.

Losses of Humus and Nutrients from Soddy-Podzolic Soils as a Result of Water Erosion

N. N. Tsybul'ka, I. I. Zhukova, and V. V. Zhilko

Results of long-term studies on the removal of humus and nutrients by water erosion processes from soddy pale-podzolic soils are presented. Quantitative indices for humus, nitrogen, phosphorus, and potassium losses with the solid and liquid runoff during spring snowmelt and heavy rains are determined for soils under different crops.