

УДК 631.416.1:631.445.24:631.459.2

## АЗОТНЫЙ ФОНД ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ЭРОДИРОВАННОСТИ И ПОТЕРИ АЗОТА В ПРОЦЕССЕ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ

© 2013 г. Н.Н. Цыбулько<sup>1</sup>, А.Ф. Черныш<sup>1</sup>, И.И. Жукова<sup>1</sup>, С.С. Пунченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси  
220108 Минск, ул. Казинца, 62, Республика Беларусь  
E-mail: tsybulka@comchern.org.by

<sup>2</sup>Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка  
220050 Минск, ул. Советская, 18, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 20.03.2012 г.

Установлено, что запасы общего азота в слабо- и сильноэродированных дерново-подзолистых эродированных почвах под разными культурами снижаются на 1.36 и 1.68 т/га соответственно. С повышением эродированности почвы уменьшается содержание гидролизующихся соединений азота, степень подвижности азотного фонда, а также запасы потенциально усвояемого и минерального азота в почвенном профиле. Максимальные потери азота отмечены под пропашными культурами, составляя 13.2 кг/га/год. Возделывание яровых зерновых культур способствовало снижению смыва общего азота на 5.5 кг/га/год. В посевах озимых зерновых культур и многолетних трав потери азота составляли 1.9 и 0.3 кг/га/год соответственно.

*Ключевые слова:* азотный фонд, дерново-подзолистые почвы, потери азота, водная эрозия почв.

### ВВЕДЕНИЕ

Азот – важнейший элемент минерального питания растений, определяющий плодородие почв и продуктивность сельскохозяйственных культур. Потребность растений в азоте удовлетворяется за счет почвенных запасов и применения азотных удобрений. В гумусовых горизонтах разных типов почв содержание азота меняется от <0.05 до 2% и более [1]. Дерново-подзолистые почвы характеризуются низким содержанием органического вещества и азота. Запасы общего азота ( $N_{\text{общ}}$ ) в пахотном слое составляют: в тяжелосуглинистых почвах – 3.5–4.0, среднесуглинистых – 3.0–3.8, легкосуглинистых – 2.7–3.5 т/га [2]. В зависимости от окультуренности почвы запас  $N_{\text{общ}}$  меняется в пределах: 4.5–8.7 т/га – в суглинистых, 2.6–7.9 – в супесчаных и 2.3–6.4 т/га – в песчаных почвах [3].

Известно, что только незначительная часть почвенного азота (1–3%), находящаяся в минеральных соединениях, непосредственно доступна растениям [4]. Поэтому основным источником возмещения дефицита азота является применение азотных удобрений, которые обеспечивают повы-

шение урожайности зерновых культур на 20–40% и более, увеличивают содержание белка в зерне на 2–3% [5].

В этой связи одна из задач современной агрохимии состоит в разработке приемов рационального использования азотного фонда почв при одновременном сохранении их плодородия. Актуальным остается изучение динамики и направленности трансформации азотистых соединений и баланса азота в эродированных почвах.

Под воздействием водной эрозии происходит разрушение верхнего, наиболее плодородного гумусового слоя и формирование почв разной степени смывтости с ухудшенными водно-физическими и агрохимическими свойствами. Отрицательное влияние эрозии наиболее сильно проявляется на содержании органического вещества.

В разных почвенно-экологических условиях ежегодный вынос с жидким и твердым стоком составляет: гумуса – от 5–10 до 450–480, азота – 1–35, фосфора – 0.1–15, калия – 0.3–25, кальция – 10–25, магния – 2–11 кг/га [6–10]. Установлено, что на дерново-подзолистых эродированных почвах потери гумуса составляют в среднем 150–180 кг/га/год, достигая в отдельные годы 710 кг/га.

Ежегодный смыв азота составляет 8–10 кг/га, в отдельные годы – до 35–40 кг/га [11].

При эрозии валовые формы элементов питания теряются в основном с твердой фазой почвы, подвижные – с поверхностным стоком талых и дождевых вод [12]. Отмечено [13], что потери минерального азота ( $N_{\text{мин}}$ ) со стоком в 50–100 раз больше, чем со смывом почвы, а доля нитратов в выносе составляла 60–70%.

Цель работы – изучить современное состояние азотного фонда дерново-подзолистых почв разной степени эродированности и установить параметры потерь азота с водной эрозией в период весеннего снеготаяния и выпадения стокообразующих дождей под разными сельскохозяйственными культурами.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили на стационарных стоковых площадках Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, расположенных на выпуклом склоне южной экспозиции крутизной 5–7°. Постоянные стоковые площадки были заложены по геоморфологическому профилю от водораздельной равнины до подножья склона. Длина каждой площадки (длина линии стока) – 60 м, ширина – 12 м, общая площадь одной площадки – 720 м<sup>2</sup>.

Объектом исследования были дерново-подзолистые почвы, сформированные на легких лесовидных суглинках. На водораздельной равнине расположены незэродированные почвы, на склоне – эродированные, у подножья склона – глееватые намывные почвы. Агрохимические показатели почв разной степени смытости приведены в табл. 1.

Смыв почвы, жидкий сток и потери с эрозией азота определяли в соответствии с принятыми методиками [14, 15]. Смыв почвы (твердый сток) с территории стоковой площадки определяли суммированием стока взвешенных и донных наносов. Сток донных наносов, которые оседали в

водоприемном лотке и стокоприемнике, учитывали весовым методом, сток взвешенных наносов – фильтрованием проб, отобранных на мутность на выходе из стокоприемника.

Для установления потерь азота с жидким стоком стоковые воды отбирали в период весеннего снеготаяния и выпадения всех стокообразующих дождей. Химический анализ стоковых вод выполняли по методике [16].

В пробах определяли основные агрохимические показатели почвы по следующим методикам: гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26212-91 [17],  $pH_{\text{KCl}}$  – потенциометрическим методом [18], подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову [19],  $N_{\text{общ}}$  – по ГОСТ 26107-84 [20],  $N-NH_4$  – по ГОСТ 26489-85 [21],  $N-NO_3$  – по ГОСТ 26488-85 [22], фракционный состав азота почв – по Шконде и Королевой [23], потенциально усвояемый азот – по методу Семененко [24].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

*Азотный фонд дерново-подзолистых почв разной эродированности.* Смытые почвы существенно отличались от полнопрофильных почв меньшими запасами и содержанием гумуса, что значительно ухудшало их плодородие. Снижение запасов гумуса зависело от уменьшения его содержания и мощности гумусового горизонта, а также от приближения к поверхности менее гумусированных горизонтов почвы.

Содержание гумуса в пахотном слое почв изменялось не только в связи со смывом наиболее гумусированного верхнего горизонта и подпахивания менее гумусированного нижележащего слоя, но и вследствие намыва частиц и агрегатов с вышележащей части склона. В местах уменьшения уклона склонов при вогнутом профиле намыв в определенной мере компенсировал смыв. Поэтому слабосмытые почвы по содержанию гумуса в верхнем слое мало отличались от несмытых, и только в средне- и сильносмытых почвах его запасы резко уменьшались: на слабосмытых почвах

**Таблица 1.** Агрохимические показатели почв пахотного слоя разной степени смытости

Степень смытости почвы	$pH_{\text{KCl}}$	Гумус		$P_2O_5$	$K_2O$
		%	т/га		
Несмытая	5.75	1.83	52.3	261	230
Среднесмытая	5.60	1.54	45.2	237	190
Сильносмытая	5.51	1.09	32.8	230	170
Намытая	5.74	1.59	49.4	236	221

**Таблица 2.** Содержание органических и минеральных соединений азота в дерново-подзолистых почвах разной степени эродированности

Степень смывости почвы	N <sub>общ</sub>		N <sub>орг</sub>		N <sub>мин</sub>	
	мг/кг почвы	% от несмытой почвы	мг/кг почвы	% от N <sub>общ</sub>	мг/кг почвы	% от N <sub>общ</sub>
Пахотный слой						
Несмытая	967	100	951	98	16.2	2
Слабосмытая	689	71	674	98	14.5	2
Сильносмытая	661	68	650	98	12.1	2
Намытая	800	83	783	98	17.0	2
Подпахотный слой 20–40 см						
Несмытая	696	100	688	99	8.3	1
Слабосмытая	423	61	416	98	7.3	2
Сильносмытая	315	45	310	98	6.7	2
Намытая	568	82	559	99	8.6	1

уменьшение запасов составило 15–20%, на среднесмытых – до 40, на сильносмытых почвах – свыше 40%.

При одинаковой эродированности более низким содержанием гумуса характеризовались почвы, расположенные на склонах южных экспозиций, что объяснялось в основном более бедным растительным покровом и большей интенсивностью смыва почв, чем на склонах северных экспозиций.

Величина содержания общего азота в почвах находилась в тесной зависимости от содержания гумуса, поэтому распределение его по элементам склона подчинялось той же закономерности, что и распределение гумуса: чем более эродированы были почвы, тем меньше они содержали общего азота.

Содержание N<sub>общ</sub> в пахотном слое неэродированной почвы составляло 967 мг/кг, в подпахотном 20–40 см слое – 696 мг/кг. По сравнению с несмытой почвой в слабосмытой содержание общего азота снижалось в пахотном и подпахотном слоях соответственно на 29 и 39%. В сильносмытой почве снижение достигало 32 и 55% соответственно. В намытой почве содержание N<sub>общ</sub> по сравнению с несмытой также было меньше, что обусловлено намывом менее плодородной почвы с вышележащего склона (табл. 2).

Известно, что преобладающая часть N<sub>общ</sub> в почвах содержится в виде органических соединений (N<sub>орг</sub>) и только небольшое его количество (1–3% от валового) – в минеральных формах, непосредственно доступных растениям. Показано, что азотный фонд дерново-подзолистых легкосуглинистых почв также был представлен преимущест-

венно органическими соединениями, которые составили 98–99% от N<sub>общ</sub>, тогда как на долю N<sub>мин</sub> приходилось всего 1–2%.

С увеличением степени эродированности почвы наблюдали снижение содержания в пахотном и подпахотном слоях органических и минеральных форм азота, тогда как величина соотношения между ними в зависимости от смывости почвы практически не изменялась.

Органические соединения азота, составляя его потенциальный запас в почве, под воздействием абиотических и биотических почвенных процессов могут в той или иной степени трансформироваться в минеральные соединения, являясь потенциальным источником азотного питания растений. Абиотическая мобилизация азота проявляется в виде десорбции обменно-поглощенного и освобождения фиксированного N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> при увеличении влажности почвы и концентрации одно- и двухвалентных катионов, при наличии условий, способствующих диспергированию глинистых частиц и органоминеральных коллоидов. Однако основным процессом является биотическая минерализация органических соединений азота, связанная с деятельностью почвенных микроорганизмов [25].

В пахотном слое дерново-подзолистых почв N<sub>орг</sub> обычно представлен преимущественно негидролизруемыми и трудногидролизруемыми формами. Негидролизруемые соединения включают наиболее стойкие органические вещества – гумины, меланины, битумы, а также необменный аммоний; трудногидролизруемые формы – амины,

**Таблица 3.** Фракционный состав органических соединений азота почв разной степени эродированности

Степень смытости почвы	Легкогидролизуемый			Трудногидролизуемый			Негидролизуемый		
	мг/кг почвы	в % от		мг/кг почвы	в % от		мг/кг почвы	в % от	
		N <sub>общ</sub>	N <sub>орг</sub>		N <sub>общ</sub>	N <sub>орг</sub>		N <sub>общ</sub>	N <sub>орг</sub>
Пахотный слой 0–20 см									
Несмытая	68.3	7	7	127	13	13	756	78	80
Слабосмытая	55.7	8	8	51.6	8	8	567	82	84
Сильносмытая	47.9	7	7	41.0	6	6	561	85	87
Намытая	65.5	8	8	88.5	11	11	629	79	81
Подпахотный слой 20–40 см									
Несмытая	55.7	8	8	76.5	11	11	556	80	81
Слабосмытая	41.7	10	10	42.3	10	10	332	79	80
Сильносмытая	31.1	10	10	28.9	9	9	250	79	81
Намытая	57.6	10	10	62.8	11	11	439	77	79

**Таблица 4.** Запас общего, органического и минерального азота в слое 0–40 см дерново-подзолистых почв разной степени эродированности

Степень смытости почвы	N <sub>общ</sub>	N <sub>орг</sub>	В том числе			N <sub>усв</sub>	N <sub>мин</sub>	Степень подвижности азота, %
			H <sub>г</sub>	T <sub>г</sub>	L <sub>г</sub>			
	т/га	кг/га						
Несмытая	4.60	4.54	3.63	574	339	103	70.3	21
Слабосмытая	3.24	3.18	2.63	269	281	97.8	63.3	19
Сильносмытая	2.92	2.78	2.35	203	229	86.2	50.5	16.5
Намытая	3.79	3.72	2.97	420	333	107	73.6	22

Примечание. H<sub>г</sub> – негидролизуемый, T<sub>г</sub> – трудногидролизуемый, L<sub>г</sub> – легкогидролизуемый азот.

часть гуминов, амидов и необменно поглощенного аммония [26].

Ближайшим резервом N<sub>мин</sub> являются легкогидролизуемые органические вещества (амины, часть амидов), на долю которых в дерново-подзолистых почвах приходится 5–7% от содержания N<sub>общ</sub> [4]. Минерализации подвергается 10–15% легкогидролизуемых соединений почвенного азота, позволяя в благоприятных погодных условиях накапливать в дерново-подзолистых почвах 15–20 мг N<sub>мин</sub>/кг [27].

Установлено, что под влиянием водной эрозии, ведущей к потере плодородного слоя и вовлечению в обработку подпахотных горизонтов, происходили изменения фракционного состава почвенного азота. По сравнению с несмытой почвой содержание легкогидролизуемой фракции в пахотном слое слабосмытой почвы снижалось на 12.6 мг/кг, трудногидролизуемой – на 75.2, негидролизуемой – на 189 мг/кг почвы. Более существенное уменьшение отмечено в сильносмытой почве: легкогидролизуемых соединений – на 30%,

трудногидролизуемых – на 68, негидролизуемых фракций – на 26% (табл. 3). Аналогичная закономерность выявлена и для подпахотного 0–40 см слоя почвы.

Следует отметить, что относительное содержание легкогидролизуемого азота практически не зависело от степени эродированности почвы и составляло 7–8% от N<sub>орг</sub> в пахотном слое и 8–10% – в подпахотном. В то же время с переходом от несмытой к сильносмытой почве наблюдали уменьшение удельной доли трудногидролизуемой фракции с 13 до 6% и увеличение негидролизуемой фракции с 80 до 87%: т. е. повышение смытости почвы способствовало снижению степени подвижности органических соединений почвенного азота.

Запас N<sub>общ</sub> в слое 0–40 см дерново-подзолистой легкосуглинистой неэродированной почвы составлял в среднем 4.60 т/га. По сравнению с несмытой почвой в слабо- и сильносмытой почвах запасы общего азота уменьшались соответственно на 1.36 и 1.68 т/га, или на 30 и 37% соответс-

**Таблица 5.** Потери азота при водной эрозии в период весеннего снеготаяния и выпадении стокообразующих дождей

Агрофон, культура (число лет наблюдений)	Жидкий сток, мм	Смыв почвы, т/га	Потери азота, кг/га		
			с жидким стоком	с твердым стоком	общие
Потери с водной эрозией в период весеннего снеготаяния					
Зябь (7)	<u>0.2–28.4</u>	<u>0.4–36.1</u>	<u>0.1–0.4</u>	<u>0.3–28.2</u>	<u>0.4–28.4</u>
	9.9	6.9	0.2	5.2	5.4
Озимые зерновые (6)	<u>0–19.6</u>	<u>1.1–5.2</u>	<u>0.1–0.4</u>	<u>0.7–3.5</u>	<u>0.8–3.9</u>
	11.1	2.2	0.2	1.5	1.7
Многолетние травы (4)	<u>0–15.7</u>	<u>0–0.6</u>	<u>0–0.3</u>	<u>0–0.4</u>	<u>0–0.7</u>
	6.6	0.2	0.1	0.1	0.2
Потери с водной эрозией при выпадении стокообразующих дождей					
Пропашные (2)	<u>6.8–7.4</u>	<u>5.5–9.6</u>	<u>0.2</u>	<u>3.7–11.5</u>	<u>3.9–11.7</u>
	6.8	7.5	0.2	7.6	7.8
Яровые зерновые (7)	<u>0.2–10.6</u>	<u>0.8–6.8</u>	<u>0.1–0.3</u>	<u>0.5–4.0</u>	<u>0.6–4.3</u>
	4.5	3.2	0.1	2.2	2.3
Озимые зерновые (6)	<u>0.3–4.3</u>	<u>0.1–0.6</u>	<u>0.1–0.2</u>	<u>0.1–0.4</u>	<u>0.2–0.6</u>
	3.1	0.2	0.1	0.2	0.3
Многолетние травы (4)	<u>0.7–3.8</u>	<u>0–0.1</u>	<u>0.1</u>	<u>0–0.1</u>	<u>0–0.2</u>
	1.5	0.03	0.1	0.1	0.2

Примечание. Над чертой – интервал изменения за годы наблюдений, под чертой – средняя многолетняя величина.

твенно. В намытой почве запас азота, по сравнению с несмытой почвой, также был меньше, что обусловлено намывом менее плодородной почвы с вышележащей части склона (табл. 4).

Суммарный запас легко- и трудногидролизующих соединений азота составляет гидролизуемый азотный фонд, доля которого относительно общего азота (в %) характеризует подвижность азотного фонда почвы. По мере повышения эродированности почвы отмечено снижение запасов гидролизующих соединений азота и степени подвижности азотного фонда с 21.2 до 16.5%, а также запасов потенциально усвояемого ( $N_{\text{усв}}$ ) и минерального азота в почвенном профиле. Запасы  $N_{\text{усв}}$  снизились со 102.5 кг/га в несмытой почве до 86.2 кг/га в сильносмытой почве,  $N_{\text{мин}}$  – с 70.3 до 50.5 кг/га.

*Потери азота при водной эрозии почвы.* Водно-эрозионные процессы в почвенно-климатических условиях Беларуси происходят в течение двух периодов: во время зимних оттепелей и весеннего снеготаяния и во время выпадения стокообразующих дождей. Эрозия почвы при снеготаянии – результат взаимодействия постоянных (длины, крутизны и экспозиции склона) и динамических (мощности снежного покрова и запасов воды в снеге, влажности и глубины промерзания почвы к началу снеготаяния, наличия или отсутствия ледяной корки, продолжительности и интенсивности

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

По многолетним наблюдениям объем стока талых вод изменялся на зяби от 0.2 до 28.4 мм, под озимыми зерновыми культурами достигал 19.6 мм, под многолетними травами – 15.7 мм и в среднем составил соответственно 9.9, 11.1 и 6.6 мм. Потери азота с поверхностным стоком талых вод были незначительными на всех агрофонах и не превышали 1 кг/га (табл. 5).

Зябь является наиболее эрозионно опасной в период снеготаяния. Смыв почвы с полей, незащищенных растительностью, достигал в отдельные годы 36.1 т/га при средней многолетней величине 6.9 т/га, тогда как в посевах озимых зерновых культур он изменялся в пределах 1.1–5.2 т/га, в посевах многолетних трав – не превышал 0.6 т/га.

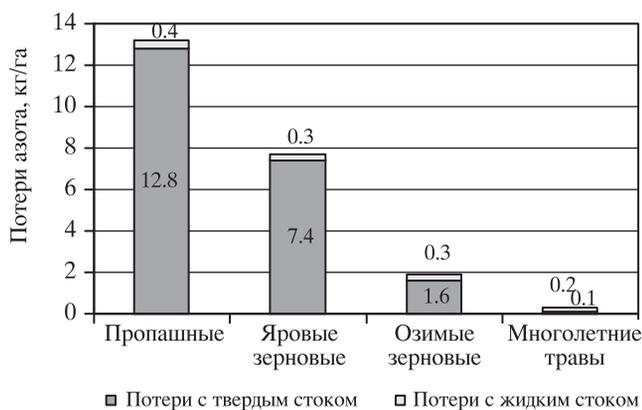
Вынос азота со смываемой почвой существенно зависел от агрофона. По зяблевой вспашке с твердым стоком ежегодно терялось от 0.1 до 28.2 кг  $N_{\text{общ}}$ /га. Средняя многолетняя величина потерь составила 5.2 кг/га. Под озимыми зерновыми культурами, хорошо защищающими почву от эрозии, среднегодовые потери были в 3.5 раза меньше,

чем на зяби, и составили 1.5 кг/га. Возделывание многолетних трав на почвах склонов способствовало еще более заметному снижению эрозионных процессов и уменьшению смыва. Средние многолетние потери азота составили всего 0.4 кг/га.

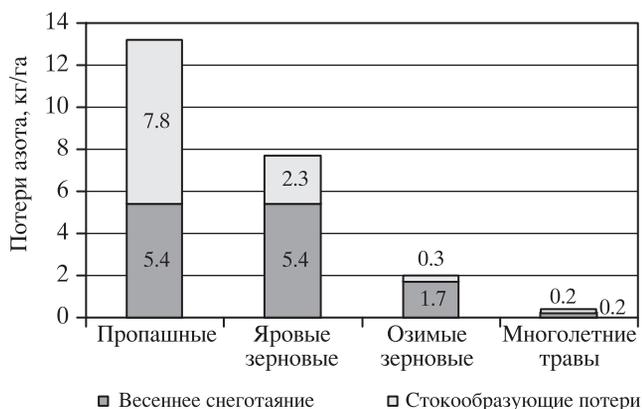
Суммарные средние многолетние потери азота (с жидким и твердым стоком) при весеннем снеготаянии составили на зяби 5.4 кг/га. Под озимыми зерновыми культурами и многолетними травами, благодаря корневой системе и надземной массе, более надежно предохранявшим почву от смыва, потери были незначительными – 1.7 и 0.2 кг/га соответственно.

Данные стока талых вод в зависимости от агротехнических фонов показали, что азот на зяби и под озимыми зерновыми культурами терялся в основном (на 88–96%) с твердым стоком; под многолетними травами – относительно одинаково и с жидким, и с твердым стоком.

Интенсивность эрозионных процессов в период стокообразующих дождей зависела от частоты, продолжительности и интенсивности осадков.



**Рис. 1.** Структура среднегодовых суммарных потерь азота (с жидким и твердым стоком) под посевами разных групп культур.



**Рис. 2.** Структура суммарных потерь азота по сезонам года под посевами разных групп культур.

В летний период эрозионные процессы наиболее интенсивно происходили под пропашными культурами, где смыв почвы достигал 9.6 т/га при средней многолетней величине 7.5 т/га. Яровые зерновые культуры характеризовались более высокой почвозащитной способностью, чем пропашные. Смыв почвы под ними составил 0.8–6.8 т/га при среднемноголетней величине 3.2 т/га. В посевах озимых зерновых смывалось не более 0.6 т почвы/га, в посевах многолетних трав смыв практически отсутствовал.

По наблюдениям авторов, объем жидкого стока за период выпадения дождей на всех изученных агрофонах был меньше, чем при весеннем снеготаянии, и изменялся от 0.2 до 10.6 мм с максимумом под пропашными культурами – 7.1 мм и минимумом под многолетними травами – 1.5 мм. Потери азота с жидким стоком практически не изменялись в зависимости от возделываемых культур и в целом были незначительными – 0.1–0.2 кг/га.

Смыв азота с твердым стоком был значительно больше, особенно под пропашными культурами, и изменялся от 3.7 до 11.5 кг/га при средней многолетней величине 7.6 кг/га.

Под яровыми культурами в среднем ежегодно смывалось от 0.5 до 4.6 кг N/га. Под посевами озимых зерновых культур потери азота были незначительными – 0.1–0.4 кг/га, под многолетними травами его смыв практически отсутствовал.

В период стокообразующих дождей под пропашными и яровыми зерновыми культурами более 90% азота терялось со смываемой почвой (твердый сток) и 10% – с жидким стоком. Под озимыми зерновыми культурами и многолетними травами потери распределялись в равных долях.

Суммарный среднемноголетний смыв (с твердым и жидким стоком) азота за период выпадения стокообразующих дождей под пропашными культурами составил 7.8 кг/га. При возделывании яровых зерновых культур он был в 3.4 раза меньше, под озимыми зерновыми культурами и многолетними травами не превышал 1 кг/га.

Анализируя структуру потерь азота с водной эрозией, можно отметить, что под пропашными, яровыми и озимыми зерновыми культурами основные потери элемента (на 95–97%) происходили с твердым стоком, т. е. со смываемой почвой, с жидким стоком были незначительными – 3–5% (рис. 1). Под пропашными культурами азот в большей степени (59%) смывался в период стокообразующих дождей. При возделывании яровых и озимых зерновых культур  $N_{\text{общ}}$  терялся преимущественно во время весеннего снеготаяния, под

многолетними – в одинаковых количествах с талыми водами и ливневыми осадками (рис. 2).

Многолетние исследования показали, что смыв почвы и, следовательно, потери азота существенно зависели от характера использования склоновых земель. Максимальные потери происходили при возделывании пропашных культур и составляли в среднем 13.2 кг/га/год. Возделывание яровых культур сплошного сева (яровые зерновые и зернобобовые) способствовало снижению смыва азота в среднем на 5.5 кг/га/год. Озимые зерновые культуры большую часть года защищают почву от эрозии, многолетние травы – круглый год, поэтому потери азота под ними были существенно меньше – 1.9 и 0.3 кг/га/год соответственно.

### ВЫВОДЫ

1. Азотный фонд дерново-подзолистых легкосуглинистых почв разной степени эродированности зависит от содержания органического вещества в почве и представлен преимущественно органическими соединениями, которые составляют 98–99% от общего азота, на минеральный азот приходится 1–2%. По сравнению с несмытой почвой на слабосмытой содержание общего азота снижалось в пахотном слое на 29 и 39%, в подпахотном слое – на 32 и 55% соответственно. Уменьшалось также содержание органических и минеральных форм азота, тогда как соотношение между ними практически не изменялось.

2. Под влиянием водной эрозии, ведущей к потере плодородного слоя и вовлечению в обработку подпахотных горизонтов, происходили изменения фракционного состава азота. С переходом от несмытой к сильносмытой почве уменьшались запасы гидролизуемых соединений азота и степень подвижности азотного фонда с 21.2 до 16.5%, а также запасы потенциально усвояемого и минерального азота в почвенном профиле.

3. Интенсивность эрозии и смыв азота существенно зависели от характера использования склоновых земель. Максимальные потери азота происходили под пропашными культурами (в среднем 13.2 кг/га/год). Под яровыми культурами сплошного сева они уменьшались в среднем на 5.5 кг/га/год, под озимыми зерновыми культурами и многолетними травами, которые основную часть года защищают почву от эрозии, потери были незначительными – 1.9 и 0.3 кг/га.

4. Под пропашными культурами до 59% потерь азота приходилось на период стокообразующих дождей. В посевах яровых и озимых зерновых культур азот смывался преимущественно во вре-

мя весеннего снеготаяния, под многолетними травами – в одинаковых количествах с талыми водами и ливневыми осадками. Под пропашными, яровыми и озимыми зерновыми культурами азот терялся в основном (на 95–97%) с твердым стоком.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудеяров В.Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений. М.: Наука, 1989. 216 с.
2. Кулаковская Т.Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев. Мн.: Ураджай, 1978. 272 с.
3. Семеновко Н.Н. Азотный режим дерново-подзолистых почв и рациональное применение азотных удобрений: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Мн.: Институт почвоведения и агрохимии, 1992. 48 с.
4. Семеновко Н.Н., Невмержуцкий Н.В. Азот в земледелии Беларуси. Мн.: БИТ “Хата”, 1997. 196 с.
5. Семеновко, Н.Н. Адаптивные системы применения азотных удобрений. Мн.: БИТ “Хата”, 2003. 164 с.
6. Гусаров В.Г., Карандашева Г.Г. Потери питательных веществ в зависимости от интенсивности эрозии // Бюл. ВИУА. 1987. № 81. С. 45–48.
7. Гусаров В.Г. Смыв и потери питательных веществ дерново-подзолистыми почвами юга Московской области // Эродированные почвы и эффективность почвозащитных мероприятий. Научн. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1987. С. 28–33.
8. Липкина Г.С. Почвенно-экологические условия и применение удобрений. М.: ВНИИТЭИагропром, 1990. 57 с.
9. Явтушенко В.Е. Агроэкологическое обоснование систем удобрения на почвах склонов: Дис. ... д-ра с.-х. наук. М., 1991. 442 с.
10. 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.
11. Жукова И.И. Развитие эрозионных процессов на дерново-подзолистых пылевато-суглинистых почвах центральной провинции Беларуси при возделывании различных сельскохозяйственных культур: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Мн., 2001. 18 с.
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. Миграция азота в смывом выщелоченном черноземе // Химизация сел. хоз-ва. 1989. № 9. С. 27–29.

14. Методические рекомендации по учету поверхностного стока и смыва почв при изучении водной эрозии. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 88 с.
15. Принципы организации и методы стационарного изучения почв. М.: Наука, 1976. 415 с.
16. Руководство по химическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 270 с.
17. Почвы. Определение органического вещества в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26212-91. Введ. 1993.07.01. Минск: Изд-во стандартов, 1992. 6 с.
18. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение рН по методу ЦИНАО: ГОСТ 26483-85. Введ. 07.01.86. Мн: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1987. 4 с.
19. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26207-91. Введ. 07.01.93. Мн: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1992. 6 с.
20. Почвы. Методы определения общего азота: ГОСТ 26107-84. Введ. 07.01.85. Мн: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1985. 6 с.
21. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО: ГОСТ 26489-85. Введ. 01.07.86. Мн: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1986. 6 с.
22. Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО: ГОСТ 26488-85. Введ. 01.07.86. Мн: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1986. 5 с.
23. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
24. Почвы. Метод определения потенциально усвояемого азота. РСТ Беларуси 908-91. МСХП РБ. Мн., 1991. 14 с.
25. Семенов В.М. Современные проблемы и перспективы агрохимии азота // Пробл. агрохим. и экол. азота. 2008. № 1. С. 55–63.
26. Шконде Э.И., Королева И.Е. О природе и подвижности почвенного азота // Агрохимия. 1964. № 10. С. 17–36.
27. Сулейменов С.З. Азотомобилизующая способность почв Западной Сибири и Северного Казахстана: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Новосибирск, 2009. 20 с.

## Nitrogen Pool in Eroded Soddy-Podzolic Soils and Nitrogen Loss Due to Water Erosion

N.N. Tsybyl'ka<sup>1</sup>, A.F. Chernysh<sup>1</sup>, I.I. Zhukova<sup>1</sup>, S.S. Punchenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Soil Science and Agrochemistry,  
National Academy of Sciences of Belarus,  
ul Kazintsa 62, Minsk, 220108 Belarus,  
E-mail: Tsybulka@comchern.org.by*

<sup>2</sup>*Tank Belarusian State Pedagogical University,  
ul. Sovetskaya 18, Minsk, 220050 Belarus*

It was found that the total nitrogen pool in weakly and highly eroded soddypodzolic soils under different crops decreased by 1.36 and 1.68 t/ha, respectively. When the degree of soil erosion increased, the content of hydrolysate nitrogen decreased, as well as the degree of nitrogen mobility and the reserves of potentially accessible and mineral nitrogen in the soil profile. The maximum loss of nitrogen (13.2 kg/ha annually) was observed in the soil under row crops. The cultivation of spring grain crops reduced the erosion of soil by 5.5 t/ha annually. In the plantations of winter grain crops and perennial grasses, the loss of nitrogen was 1.9 and 0.3 kg/ha per year, respectively.

*Key words: nitrogen pool, soddy-podzolic, nitrogen loss, water erosion of soils.*