

**ПОТОКИ АЗОТА В ЭРОЗИОННОМ АГРОЛАНДШАФТЕ ПРИ  
ВЫРАЩИВАНИИ ОВСА В ТРЕТЬЕЙ РОТАЦИИ СЕВООБОРОТА  
(ИССЛЕДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ <sup>15</sup>N)**

*Н.Я. Шмырева, к.б.н., О.А. Соколов, д.б.н., А.А. Завалин, ак. РАН, ВНИИА*

Показано, что в условиях дерново-подзолистой почвы (склон юго-восточной экспозиции) потребление азота удобрения (меченого <sup>15</sup>N) и азота почвы растениями, их иммобилизация снижались, а газообразные потери их повышались от приводораздельной части склона к нижней его части. Локализация азотного удобрения повышала использование азота удобрения растениями и его иммобилизацию и снижала газообразные потери азота на всех элементах склона. Наибольший урожай зерна овес формировал на приводораздельной части склона при локальном внесении азотного удобрения. Локализация азотного удобрения повышала экологическую устойчивость агрофитоценоза овса на всех элементах склона.

**Ключевые слова:** стабильный изотоп азота <sup>15</sup>N, овес, склон, эрозия, иммобилизация, газообразные потери азота.

В почвах, подверженных водной эрозии, меняются направленность и интенсивность процессов трансформации азота, создаются специфические условия его потребления растениями и формирования урожая. В предыдущих двух ротациях севооборота выяснили, что в результате эрозии дерново-подзолистой почвы снижаются потребление и использование азота растениями овса, растут газообразные потери азота удобрения, что приводит к снижению урожая зерна на 29-42% по сравнению с плакором [7, 8]. Однако, вопрос о том, как меняются потоки азота почвы при выращивании овса под действием эрозионных процессов остается открытым [3].

Цель исследований – с помощью меченого <sup>15</sup>N удобрений определить потоки и баланс азота удобрения и азота почвы при выращивании овса на эродированной дерново-подзолистой почве в третьей ротации севооборота.

**Методика** приведена в ж. «Плодородие» №6 (2014 г.) на стр. 16. Норма высева овса (сорт Скакун) – 5 млн всхожих зерен на 1 га.

**Результаты и их обсуждение.** Наибольшее количество азота удобрения овес потреблял при локальном его внесении - в 1,6 раза больше на приводораздельной части склона и в 1,5 раза - в нижней части склона по сравнению с разбросным способом применения (табл. 1).

При локальном внесении азотного удобрения растения потребляли в 1,4-1,6 раза больше азота почвы по сравнению с разбросным способом его применения по элементам склона. В условиях 3-й ротации севооборота существенно (в 1,0-1,9 раза при разбросном и в 1,0-2,3 раза при локальном способе внесения азотного удобрения) возросло потребление азота почвы овсом по сравнению с первой и второй ротациями [7, 8].

Использование азота удобрения и его иммобилизация в почве снижались, а газообразные потери возрастали от приводораздельной к нижней части склона

(табл. 2). При локальном внесении азотного удобрения использование из него азота овсом повышалось в 1,5-1,6 раза, закрепление его в почве возрастало в 1,2-1,5, а газообразные потери снижались в 1,4-3,0 раза по сравнению с разбросным способом их применения.

**1. Потребление и использование азота удобрения и азота почвы овсом в зависимости от элемента склона и способа внесения азотного удобрения**

Вариант опыта	Общий вынос азота, г/м <sup>2</sup>	В том числе N				Экстра - N		КИАУ, %
		удобрений		почвы		г/м <sup>2</sup>	%	
		г/м <sup>2</sup>	%	г/м <sup>2</sup>	%			
<i>Приводораздельная часть склона, 2-3<sup>0</sup></i>								
P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (фон)	3,54	-	-	3,54	-	-	-	-
Фон+ <sup>15</sup> N <sub>50</sub> вразброс	6,89	1,30	18	5,59	81	2,05	30	26
Фон+ <sup>15</sup> N <sub>50</sub> локально	10,98	2,10	19	8,88	80,8	5,34	49	42
<i>Нижняя часть склона, 5-7<sup>0</sup></i>								
P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (фон)	2,52	-	-	2,52	-	-	-	-
Фон+ <sup>15</sup> N <sub>50</sub> вразброс	4,77	0,95	20	3,82	80	1,30	27	19
Фон+ <sup>15</sup> N <sub>50</sub> локально	6,62	1,40	21	5,22	79	2,70	41	28

*Примечание.* КИАУ – коэффициент использования азота удобрения.

**2. Потоки и баланс азота удобрения при выращивании овса на различных элементах склона в зависимости от способа внесения азотного удобрения**

Вариант опыта	Использовано растениями		Закреплено в 100 см слое почвы		Потери	
	1	2	1	2	1	2
Фон+ <sup>15</sup> N <sub>50</sub> вразброс	1,30	0,95	1,38	1,27	2,32	2,78
Фон+ <sup>15</sup> N <sub>50</sub> локально	2,10	1,40	2,15	1,55	0,75	2,05
	42	28	43	31	15	41

*Примечание.* 1 – приводораздельная часть склона 2-3<sup>0</sup>, 2 – нижняя часть склона 5-7<sup>0</sup>.

Над чертой – г/м<sup>2</sup>, под чертой - % от внесенного азота.

В третьей ротации севооборота с <sup>15</sup>N растения использовали примерно такое же количество азота удобрения, что и во 2-й ротации [8]. При этом в почве закреплялось больше азота удобрения, что привело к снижению газообразных потерь этого элемента.

При выращивании овса в нижней части склона при разбросном способе внесения терялось наибольшее количество азота удобрения - 56% от применяемой дозы. Это связано, по-видимому, с температурно-влажностным режимом почвы в нижней части склона, а также с изменением структуры микробиоценоза.

Локальное размещение азотных удобрений имеет преимущество перед разбросным [9]. Прибавка от локализации удобрений под зерновые культуры составляет в среднем 1,7-3,6 ц/га [2].

На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве склона юго-восточной экспозиции на фоне фосфорных и калийных удобрений (P<sub>50</sub>K<sub>50</sub>) урожайность зерна овса снижалась от приводораздельной части склона к нижней в 1,2 раза, а при разбросном и локальном способах

внесения сульфата аммония, соответственно, в 1,3 и 1,5 раза (табл. 3). Наибольший урожай зерна овса (403 г/м<sup>2</sup>) получен на приводораздельной части склона при ло-

кальном внесении азотного удобрения. При этом растения потребляли больше экстра-азота (49% от общего выноса азота с урожаем).

### 3. Продуктивность овса в зависимости от элемента склона и способа внесения азотного удобрения

Вариант опыта	Урожайность зерна, г/м <sup>2</sup>	Прибавка		Прибавка от локализации		Сырой белок, %	Урожай солом, г/м <sup>2</sup>	Прибавка		Прибавка от локализации	
		г/м <sup>2</sup>	%	г/м <sup>2</sup>	%			г/м <sup>2</sup>	%	г/м <sup>2</sup>	%
<i>Приводораздельная часть склона, 2-3<sup>0</sup></i>											
P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (фон)	182	-	-	-	-	7,52	204	-	-	-	-
Фон+ <sup>15</sup> N <sub>50</sub> вразброс	294	112	62	-	-	9,40	334	130	64	-	-
Фон+ <sup>15</sup> N <sub>50</sub> локально	403	221	121	109	37	10,83	474	270	132	140	42
<i>Нижняя часть склона, 5-7<sup>0</sup></i>											
P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (фон)	142	-	-	-	-	6,84	159	-	-	-	-
Фон+ <sup>15</sup> N <sub>50</sub> вразброс	219	77	54	-	-	8,26	265	106	67	-	-
Фон+ <sup>15</sup> N <sub>50</sub> локально	273	131	92	54	25	9,23	333	174	109	68	26
P, %	2						3				
НСР <sub>0,5</sub> , г/м <sup>2</sup> : ср	14						25				
рельеф	8						14				
удобрений	10						17				

Эффективность локального способа внесения (по сравнению с разбросным) менялась в зависимости от части склона. На приводораздельной части склона прибавка урожая зерна от локального внесения азотного удобрения по сравнению с разбросным способом составляла 109 г/м<sup>2</sup>, или 37%, а в нижней части склона 54 г/м<sup>2</sup>, или 25%.

Таким образом, в период вегетации на всех элементах склона выявлена высокая эффективность локального способа внесения азотного удобрения по сравнению с разбросным способом.

Использование изотопа азота <sup>15</sup>N позволяло определить интенсивность процессов внутрипочвенного цикла азота (минерализация ↔ иммобилизация ↔ реиммобилизация) при выращивании сельскохозяйственных культур на склоне [3-5].

При выращивании овса наиболее выражена минерализация почвенного азота при разбросном применении азотного удобрения (табл. 4).

### 4. Потоки азота почвы и азота удобрения при выращивании овса на различных элементах склона в зависимости от способа внесения азотного удобрения, г/м<sup>2</sup>

Показатель	Приводораздельная часть склона, 2-3 <sup>0</sup>		Нижняя часть склона, 5-7 <sup>0</sup>	
	вразброс	локально	вразброс	локально
Вынос азота почвы растениями	5,59	8,88	3,82	5,22
Остаточный минеральный азот	1,79	3,00	0,70	1,00
Иммобилизованный/реимобилизованный азот почвы	5,93	9,09	5,10	5,03
Газообразные потери азота почвы	9,97	3,17	11,18	7,64
Минерализованный азот	23,28	24,14	20,80	18,89
Нетто-минерализованный азот	15,56	12,05	15,00	12,86
Реимобилизованный азот	7,72	12,09	5,80	6,03
Использованный азот удобрения растениями	1,30	2,10	0,95	1,40
Иммобилизованный азот удобрения	1,38	2,15	1,27	1,55
Газообразные потери азота удобрения	2,32	0,75	2,78	2,05

При разбросном способе внесения азотного удобрения усиливались гетеротрофные микробиологические процессы: доля газообразных потерь азота достигала 43% на водоразделе и 54% от минерализованного азота почвы в нижней части склона. При локальном применении азотного удобрения доля потерь азота снижалась

до 13% на водораздельной части и до 40% в нижней части склона. При разбросном применении азотного удобрения доля газообразных потерь азота достигала 72% при выращивании озимой ржи на этом же склоне (Соколов и др., 2016). При локальном внесении азотного удобрения она снижалась до 50%. При выращивании овса доля нетто-минерализации (НМ) азота почвы на приводораздельной части склона составила 67%, а в нижней части склона повышалась до 72%. Локальное применение азотного удобрения уменьшило долю НМ до 50% на водоразделе и до 68% в нижней части склона за счет существенного снижения газообразных потерь азота почвы. Реиммобилизация азота почвы уменьшалась в нижней части склона и повышалась при локализации азотного удобрения. Потребление азота почвы овсом снижалось в нижней части склона и повышалось при локальном применении азотного удобрения.

По показателям интегральной оценки функционирования системы агрофитоценоза овса на приводораздельной части склона и при локальном применении азотного удобрения находился в наиболее устойчивом состоянии (зона гомеостаза) по сравнению с нижней частью склона (зона стресса) и при разбросном их внесении (зона стресса резистентности) (табл.5). Локализация азотного удобрения повышала устойчивость агрофитоценоза овса на всех элементах склона в третьей ротации севооборота.

### 5. Показатели интегральной оценки функционирования агроэкосистемы при выращивании овса на различных элементах склона

Элемент склона	Способ внесения азотного удобрения ( <sup>15</sup> N <sub>50</sub> )	РИ, М, %	НМ : РИ
Приводораздельная часть склона, 2-3 <sup>0</sup>	Вразброс	33	2,0
	Локально	50	1,0
Нижняя часть склона, 5-7 <sup>0</sup>	Вразброс	28	2,6
	Локально	32	2,1

Метеорологические условия для произрастания овса сорта Скакун в 2012 г. были неблагоприятными. ГТК за период вегетации растений составил 1,5 (при среднемноголетнем 1,7). Наблюдался дефицит осадков в мае, июле, августе, а в июне их выпало в 1,7 раза больше по сравнению со среднемноголетним значением. При этом температура воздуха была ниже в 1,1 раза в мае - июне, а в июле в 1,1 раза выше.

Потоки азота почвы определяли согласно методике [6, 10].

**Выводы.** В условиях дерново-подзолистой средне-суглинистой почвы (склон юго-восточной экспозиции) потребление азота удобрения и азота почвы растениями, их иммобилизация снижались, а газообразные потери повышались от приводораздельной к нижней части склона.

Локализация азотного удобрения повышала использование азота удобрения растениями и его иммобилизацию и снижала газообразные потери азота на всех элементах склона. Локализация азотного удобрения усиливала дополнительное усвоение азота почвы растениями.

Наибольший урожай зерна (403 г/м<sup>2</sup>) овес формировал на приводораздельной части склона при локальном внесении азотного удобрения. При локальном применении азотного удобрения содержание белка в зерне овса повышалось на 0,97-1,43% по сравнению с разбросным способом его внесения.

Низкое использование азота растениями, падение иммобилизации азота в почве и повышение газообразных потерь азота снижали устойчивость агрофитоценоза овса в нижней части склона. Локализация азотного удобрения повышала экологическую устойчивость агрофитоценоза на всех элементах склона.

#### Литература

1. Помазкина Л.В. Агрохимия азота в таежной зоне Прибайкалья. - Новосибирск: Наука, 1985. - 176 с.
2. Сендряков И.Ф., Овчинникова Н.Г., Вахраев Ю.И., Медведев С.С. Рекомендации «Локальное внесение минеральных удобрений в различных почвенно-климатических зонах СССР при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур». -М.: АгроНИИТЭП, 1988. - С.5-26.
3. Соколов О.А., Завалин А.А., Сычев В.Г., Шмырева Н.Я., Цуриков Л.Н. Потоки азота в агрофитоценозе на эродированных почвах. -М.: ВНИИА, 2016. - 96 с.
4. Соколов О.А., Шмырева Н.Я., Завалин А.А. Потоки азота при выращивании озимой ржи на эродированных почвах (исследования с <sup>15</sup>N) // Проблемы агрохимии и экологии. - 2016. - №3. - С.44-47.
5. Сычев В.Г., Соколов О.А., Завалин А.А., Шмырева Н.Я. Роль азота в интенсификации продукционного процесса сельскохозяйственных культур. Экологические аспекты роли азота в продукционном процессе. -М.:ВНИИА, 2012. - С.187-189.
6. Турчин Ф.В. Использование азотных удобрений урожаем и их превращение в почве// Журнал Всесоюз. хим. общ.-ва. - 1965. - Т.10. - №4. - С.400-401.
7. Шмырева Н.Я., Цуриков Л.Н., Макаров Н.Б., Прохин Л.В., Масакова Л.И. Оценка использования азота удобрений в эрозийном ландшафте с помощью <sup>15</sup>N // Плодородие. - 2008. - №4. - С.41-43.
8. Шмырева Н.Я., Соколов О.А., Цуриков Л.Н. Использование азота удобрений овсом при различных способах внесения азотного удобрения в эрозийном ландшафте // Плодородие. - 2015. - №1. - С.40-42.
9. Явтушенко В.Е. Агроэкологическое обоснование систем удобрения на почвах склонов. Дис. ... док. с.-х. н. - М., 1991. - 47 с.
10. Fried M., Dean L. Concerning the measurement of available soil nutrients. Soil Sci., 1952. V. 13. №4. P.263-271.

### NITROGEN FLUXES IN EROSIONAL AGROLANDSCAPE UNDER OATS GROWN IN THE THIRD CYCLE OF CROP ROTATION (<sup>15</sup>N STUDY)

*N.Ya. Shmyreva, O.A. Sokolov, A.A. Zavalin, Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia, info@vniia-pr.ru*

*The consumption of fertilizer nitrogen (labeled with <sup>15</sup>N) and of soil nitrogen by plants and its immobilization in soddy-podzolic soil on the slope of eastern exposure decreased, and the gaseous nitrogen loss increased when going from the near-watershed part of the slope to its lower part. The localization of nitrogen fertilizer increased the utilization of fertilizer nitrogen by plants and its immobilization and decreased the gaseous nitrogen loss on all elements of the slope. The highest yield of oat grain was obtained on the near-watershed part of the slope at the local application of nitrogen fertilizer. The localization of nitrogen fertilizer increased the environmental stability of oat agrophytocoenosis on all elements of the slope.*

*Keywords: stable nitrogen isotope <sup>15</sup>N, oat, slope, erosion, immobilization, gaseous nitrogen loss.*

УДК 631.45:631.153.3:651.95

### ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ БИОЛОГИЗАЦИИ НА СКОРОСТЬ РАЗЛОЖЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТОВ

*Н.Н. Хрюкин, А.В. Дедов, д.с.-х.н., М.А. Несмеянова, к.с.-х.н., Воронежский ГАУ им. императора Петра I 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, 1 [marina-nesmeyanova2012@yandex.ru](mailto:marina-nesmeyanova2012@yandex.ru)*

*На основании анализа результатов исследований по разложению биомассы культур в порядке их чередования в севообороте показана целесообразность замены чистого пара на сидеральный (донник жёлтый, эспарцет) или занятый (люцерна синяя), а также использования бинарного посева озимой пшеницы с люцерной синей. В зернотравянопропашном севообороте продуктивность культур была максимальной – от 5,75 до 5,78 т к.е/га, что было больше на и 1-3%, чем в севообороте с сидеральными эспарцетовым и донниковыми парами, и на 7% , чем в зернопаропропашном севообороте.*

*Ключевые слова: растительные остатки, разложение, приемы биологизации, бинарные посевы, многолетние травы, севооборот.*

Многолетнее отчуждение питательных веществ урожаем сельскохозяйственных культур без соответствующего возврата и уменьшение объема применяемых удобрений на фоне экономических трудностей привели к значительному снижению плодородия черноземов. Остановить данный негативный процесс можно путем введения научно обоснованных севооборотов, рационального применения удобрений, более широкого использования биологических приемов повышения плодородия почвы [1-4].

В ЦЧЗ России разложение послеуборочных остатков сельскохозяйственных культур изучали более 30 лет [2-4, 7, 11, 13], но многие аспекты этой проблемы остаются не исследованными.

**Методика.** В 2009 г. кафедрой земледелия Воронежского ГАУ были заложены модельный полевой и мно-