

## ОЦЕНКА ЭМИССИИ ЗАКИСИ АЗОТА В ЗЕМЛЕДЕЛИИ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

А.А. Завалин<sup>1</sup>, ак. РАН, Т.М. Духанина<sup>1</sup>, к.б.н., М.А. Такаева<sup>2</sup>, к.т.н.

<sup>1</sup>ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» e-mail: [zavalin52@mail.ru](mailto:zavalin52@mail.ru),

<sup>2</sup>ФГБОУВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова»  
e-mail: [takayeva.75@gmail.com](mailto:takayeva.75@gmail.com)

Проанализированы используемые методы определения выбросов закиси азота при внесении минеральных и органических удобрений, рассчитаны объемы эмиссии закиси азота ( $N_2O$ ) в земледелии Чеченской Республики. Для расчётов эмиссии закиси азота при внесении азотсодержащих минеральных и органических удобрений использовали три значения эмиссионного фактора ( $ЭФ_{N_2O}$ ): 0,0137 (Российский норматив, утверждённый Минприроды), 0,0125 (Международное значение, утверждённое Межправительственной группой экспертов по изучению климата в глобальном масштабе) и дифференцированный  $ЭФ_{N_2O}$  с учетом видов возделываемых сельскохозяйственных культур, что позволило дать их сравнительную оценку.

Максимальное количество закиси азота в среднем за 2015-2020 г., при применении в земледелии ЧР азотных минеральных удобрений 45,2 т, получено при использовании значения эмиссионного фактора, принятого в Российской Федерации. Меньшее значение эмиссии закиси азота, в среднем за годы исследования, равное 41,2 т, получено при расчетах с использованием значения эмиссионного фактора, утвержденного Межправительственной группой экспертов по изучению климата в глобальном масштабе. Применение дифференцированного значения эмиссионного фактора, предложенного российскими учёными, который учитывает особенности возделывания различных сельскохозяйственных культур, даёт минимальное количество  $N_2O$ , составляющее 38,5 т.

При внесении органических удобрений, продуцирование закиси азота, рассчитанное с использованием трёх значений  $ЭФ_{N_2O}$ , изменяется от 0,35 до 0,41 т в год. Максимальное значение получено при расчёте с использованием дифференцированного  $ЭФ_{N_2O}$ , минимальное (0,35 т) – с использованием значения  $ЭФ_{N_2O}$ , рекомендованного Межправительственной группой экспертов по изучению климата в глобальном масштабе. Среднее положение занимает объём выделяемой закиси азота (0,38 т), полученный с применением значения  $ЭФ_{N_2O}$ , утверждённого Минприроды России.

Проведённые исследования позволяют заключить, что использование различных значений эмиссионного фактора для определения эмиссии закиси азота при внесении азотных минеральных удобрений в земледелии ЧР различается примерно на 10%. Максимальная эмиссия  $N_2O$  получена при использовании российского норматива, среднее её значение – при использовании международного норматива и минимальная эмиссия  $N_2O$  – при применении дифференцированного значения эмиссионного фактора.

Ключевые слова: эмиссия закиси азота, эмиссионный фактор, газообразные потери, азотсодержащие азотные и органические удобрения.

Для цитирования: Завалин А.А., Духанина Т.М., Такаева М.А. Оценка эмиссии закиси азота в земледелии Чеченской Республики// Плодородие. – 2023. – №1. – С. 34-39. DOI: 10.25680/S19948603.2023.130.08.

В настоящее время в Чеченской Республике (ЧР), по результатам государственного учёта, земельный фонд составляет более 1,62 млн га [1]. Анализ структуры земельного фонда показывает, что по состоянию на 1.01.2020 г. значительная часть территории – 62,9% приходится на категорию земель сельскохозяйственного назначения, на которых производят сельскохозяйственную продукцию. Посевные площади в ЧР (тыс. га) в 2020 г. составляли 291, в том числе под зерновые было отведено 196,6, сахарную свеклу – 1,5, подсолнечник – 13,3, картофель – 4,2, овощи – 5,5 [2]. В результате хозяйственной деятельности во всех хозяйствующих субъектах ЧР валовый сбор зерна составил 461,2 тыс. т, при урожайности зерновых 2,53 т/га; сахарной свеклы, соответственно, 27,6 тыс. т и 16,5 т/га, семян подсолнечника 13,6 тыс. т и 1,54 т/га, клубней картофеля 37,8 тыс. т и 10,0 т/га.

Важнейшим фактором функционирования агропромышленного комплекса Российской Федерации служит обеспеченность земледелия минеральными удобрениями.

Производство минеральных удобрений с 2018 по 2020 г. увеличилось с 23,0 до 24,9 млн т (в пересчёте на 100% питательных веществ), в том числе фосфорных с 4,0 до 4,2 млн т, или на 5,0%, калийных – с 8,5 до 9,5 млн т, или на 11,7%. Производство азотных удобрений за этот период увеличилось на 7,7% – с 10,4 до 11,2 млн т, что в общем объеме составляет 45% [3]. Из всего объема производимых минеральных удобрений в 2020 г. в отечественном земледелии было внесено только 12% (3,0 млн т в пересчёте на 100% –ное действующее вещество), остальное вывезено за пределы страны. Вместе с тем, по оперативным данным внесение минеральных удобрений в 2022 г. составит более 4,3 млн т в действующем веществе.

Из вносимого объема минеральных удобрений на посевах сельскохозяйственных культур в 2020 г. на долю азотных приходилось 63,3% (1,9 млн т), фосфорных, включая фосмуку, – 23,3 % (0,7 млн т) и калийных – 16,6% (0,5 млн т). В последние годы наблюдается устойчивый рост удельного веса площади с внесением

минеральных удобрений во всей посевной площади в Российской Федерации с 42% (2010 г.) до 67% (2020 г.).

Внесение органических удобрений в нашей стране в последние 10-12 лет имеет тенденцию к увеличению, если в 2010 г. вносили 53,1 млн т, то в 2020 г. объем внесения достиг 70,5 млн т [3]. На 1 га посевной площади было внесено в 2019-2020 г. 1,6 т, в том числе под зерновые и зернобобовые культуры 1,2–1,3 т, сахарную свеклу 2,1–2,3 т, подсолнечник – 1 т, сою – 1,8 т, овощебахчевые культуры – 2,3–3,0 т, картофель – 3,2–3,5 т и кормовые культуры – 2,1–2,3 т. Удельный вес площади с внесением органических удобрений на всей посевной площади составляет всего 9,2–9,5%.

#### 1. Внесение минеральных и органических удобрений под посевы сельскохозяйственных культур в ЧР

Показатель	Годы					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<i>Минеральные удобрения</i>						
Внесено минеральных удобрений (в пересчете на 100% питательных веществ): всего, т в год	2452	2825	4610	10759	2630	4988
на 1 га всей посевной площади, кг	20,1	24,2	39,4	112,2	20,4	18,8
из нее:						
зерновых и зернобобовых культур (без кукурузы)	20,6	25,8	38,6	138,9	21,3	21,7
свеклы сахарной	232,0	96,7	87,0	35,8	225,9	53,4
подсолнечника	8,3	27,3	45,4	10,4	11,5	26,2
овощебахчевых культур	14,4	41,8	40,6	52,0	5,0	1,4
картофеля	99,0	135,5	188,5	42,1	11,9	1,5
кормовых культур	0,7	0,7	6,0	19,2	18,5	4,8
Удельный вес площади с внесёнными минеральными удобрениями на всей посевной площади, %	16,0	32,0	41,5	45,4	29,1	52,1
<i>Органические удобрения</i>						
Внесено органических удобрений: всего, т в год	5004	7000	6620	10275	5160	2769
на 1 га всей посевной площади, кг	42	68	59	111	52	39
из нее:						
зерновых и зернобобовых культур (без кукурузы)	83	59	71	91	-	29
свеклы сахарной	-	-	-	9	-	-
подсолнечника	-	-	-	2	65	20
овощебахчевых культур	-	-	-	-	-	41
кормовых культур	-	179	139	246	153	-
Удельный вес площади с внесёнными органическими удобрениями на всей посевной площади, %	0,2	0,6	0,8	1,0	0,4	22,8

В ЧР темпы внесения минеральных и органических удобрений существенно выше чем общероссийские [1]. С 2010 по 2020 г. внесение минеральных удобрений увеличилось с 1987 до 4988 т, или в 2,51 раза (табл. 1). Количество вносимых питательных веществ хотя и возросло с 17,4 до 18,8 кг/га, однако это явно не соответствует существующим нормативам для обеспечения бездефицитного баланса элементов питания в земледелии региона [4].

Внесение органических удобрений в ЧР составляло в среднем за шесть лет 6138 т/год (табл. 2).

Основной объём вносимых органических удобрений относится к посевам подсолнечника, овощебахчевых и кормовых культур [1]. Источником накопления органических удобрений служит поголовье животных в сель-

скохозяйственных организациях и частных владениях. Количество голов крупного рогатого скота на территории ЧР в последние годы составляло около 10 тыс. голов в сельскохозяйственных организациях, однако подавляющее количество – 188 тыс. голов содержится в хозяйствах населения и 55,2 тыс. голов в крестьянских фермерских хозяйствах. Всего крупного рогатого скота в ЧР в 2020 г. было 253,2 тыс. голов. Аналогично распределялись по категориям хозяйств овцы и козы. Исходя из того, что подавляющее поголовье животных в ЧР относится к категории крупного рогатого скота (253,2 тыс. голов), овец и коз (284,5 тыс. голов) рассчитан примерный выход навоза от этих животных в год. Для расчетов применяли нормативы выхода навоза (помета), получаемого от одного животного [5]. В результате использования указанных сведений рассчитан среднегодовой объём образующегося навоза в хозяйствах всех категорий в ЧР (табл. 2). Общий среднегодовой выход навоза (по данным 2019-2020 г.) чуть более 2 млн т. Из этого количества основная доля (85%) приходится на навоз от крупного рогатого скота, на долю от других групп животных – около 15% всего объёма получаемого навоза.

#### 2. Выход навоза от сельскохозяйственных животных в ЧР

Вид	Норма выхода в год, т	Количество животных, тыс. голов	Выход навоза, т
Крупный рогатый скот	7,0	253,0	1771000
Лошади	4,2	2,1	8820
Овцы и козы	0,7	284,5	199150
Птицы	0,07	1248,1	87367
Всего	-	-	2066337

Доля объёма вносимых органических удобрений в хозяйствах ЧР (2769 т) по отношению к общему количеству получаемого от содержания сельскохозяйственных животных составляет менее 1%. Оставшееся количество не используемого на удобрение навоза представляет собой источник продуцирования метана и аммиака [6]. Различия между производимыми объёмами и количеством внесённых органических удобрений в земледелии ЧР могут быть связаны, с одной стороны с недостаточно точным предоставлением статистических сведений, с другой, с длительным пребыванием крупного рогатого скота на пастбищном содержании, когда навоз остается на поверхности почвы.

Таким образом, согласно данным, полученным из опубликованных источников, в ЧР площади сельскохозяйственных угодий составляют около 1 млн га, из них около 300 тыс. га занимают посевные площади. Из общей посевной площади около 200 тыс. га занято зерновыми культурами, на остальной площади высевают подсолнечник, картофель, сахарную свеклу, овощи.

Увеличение урожайности сельскохозяйственных культур, рост валовых сборов растениеводческой продукции, сохранение и повышение плодородия почв напрямую связаны с внесением в почву минеральных и органических удобрений. В последние годы в ЧР наметилась положительная тенденция к увеличению объёмов применения на полях минеральных и органических удобрений. Удобрения вносят в первую очередь под экономически выгодные культуры: сахарную свеклу, подсолнечник и зерновые, недостаточно их применяют под овощебахчевые и картофель.

С учётом нормативов выноса элементов питания сельскохозяйственных культур 1 т основной продукции [7], рассчитаны объёмы накопления азота, фосфора и калия в урожае растениеводческой продукции в 2020 г. Максимальное количество из накопленных NPK в урожае, занимает азот (61%), затем следует фосфор (21%) и калий (18%). Суммарный вынос NPK с урожаем ведущих сельскохозяйственных культур в ЧР в 2020 г. составил 16718,3 т (табл. 3).

**3. Вынос элементов питания с урожаями основной продукции сельскохозяйственных культур в ЧР (по данным 2020 г.), т**

Культуры	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Зерновые	8578,3	2997,8	2213,8
Подсолнечник	335,9	118,3	111,5
Ряпс озимый и яровой	982,7	322,6	198,3
Картофель	127,7	46,4	201,2
Овощи	146,6	55,8	174,1
Плодовые, ягодные и виноград	44,4	11,2	51,5
<i>Всего</i>	10215,6	3552,2	2950,5
Суммарный вынос NPK	16718,3		

Учитывая, что в статистических данных отсутствуют сведения о составе вносимых минеральных удобрений (азот, фосфор и калий), по экспертной оценке, можно принять следующее их соотношение 70 : 25 : 5, тогда (условно) было внесено 3491,6 т азота, 1247,0 т фосфора и 249,4 т калия (в сумме 4988 т). С учётом среднего содержания в навозе азота (0,45%), фосфора (0,23%) и калия (0,50%) [8] рассчитано количество внесённых элементов питания в почву. В 2020 г. в результате применения органических удобрений в земледелие ЧР поступило азота 12,46 т, фосфора 6,37 и калия 13,8 т. Однако, учитывая динамику применения органических удобрений в ЧР с 2015 по 2020 г. (см. табл. 1), которая весьма неустойчива по годам, рассчитано поступление элементов питания в среднем за 6 лет. Среднегодовое внесение органических удобрений за 2015-2020 г. составляет 7138 т. С этим количеством внесённых органических удобрений в почву поступило азота 32,1 т, фосфора 16,4 и калия 35,7. В сумме поступление трёх элементов питания составляет 84,2 т. Принимая во внимание то, что действие органических удобрений на урожайность возделываемых культур и плодородие почвы проявляется в течение как минимум трёх лет, при расчётах учитывали среднегодовое их поступление с органическими удобрениями.

По данным выноса с урожаем, поступления NPK с минеральными и органическими удобрениями рассчитан баланс элементов питания в земледелии ЧР [4]. Состояние баланса всех трёх элементов минерального питания в земледелии ЧР отрицательное (табл. 5). Таким образом, в настоящее время баланс элементов питания резко отрицательный, внесение элементов питания с минеральными и органическими удобрениями в 3,3 раза меньше их выноса с урожаем, что формирует условия для снижения плодородия почвы.

**4. Баланс элементов питания в земледелии ЧР (2020 г.), т**

Показатель	Поступление			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Сумма
Поступило с удобрениями:				
минеральными	3491,6	1247,0	249,4	4988,0
органическими	32,1	16,4	35,7	84,2
<i>Всего</i>	3523,7	1263,4	285,1	5072,2
Вынос с урожаем	10215,6	3552,2	2950,5	16718,3
Баланс	-6691,9	-2288,8	-2665,4	-11646,1

**Цель исследований** – провести анализ поступления элементов питания в земледелии Чеченской Республики и рассчитать объёмы эмиссии закиси азота при внесении минеральных и органических удобрений с использованием различных методов определения.

**Методика.** В Российской Федерации для расчёта эмиссии закиси азота (N<sub>2</sub>O) при применении азотных минеральных и органических удобрений используют методику, утверждённую Минприроды России [9]. В последние годы проведён ряд научно-исследовательских работ по уточнению данной методики [4,10]. Продуцирование закиси азота в земледелии при применении минеральных и органических удобрений предложено рассчитывать по значению эмиссионного фактора (ЭФ<sub>N<sub>2</sub>O</sub>) [11]. Значение эмиссионного фактора с учетом доз и форм азотных удобрений, сроков и способов внесения, реакции почвенной среды, содержания в почве гумуса, общего, нитратного и аммонийного азота, влажности почвы и ряда других факторов изменяется в очень широком диапазоне. Основным источником эмиссии закиси азота из почвы служат все виды вносимых азотсодержащих минеральных и органических удобрений, а также побочные продукты (органические отходы) сельскохозяйственного производства. Обобщение большого числа экспериментальных данных, полученных в мире и Российской Федерации, показало, что показатель ЭФ<sub>N<sub>2</sub>O</sub> составляет около 1% от дозы азота, внесённого в почву [11]. Межправительственной группой экспертов по изменению климата (IPCC или МГЭИК) значение этого коэффициента было принято за стандарт, который позднее был уточнён и составил 1,25%.

По российской методике, утверждённой Минприроды России, значение эмиссионного фактора (ЭФ<sub>N<sub>2</sub>O</sub>) принято равным 0,0137 от внесённой дозы азотсодержащего удобрения. Однако, согласно рекомендациям Межправительственной группы экспертов по изменению климата, в глобальном масштабе используют коэффициент 0,0125, что меньше используемого ЭФ<sub>N<sub>2</sub>O</sub> на территории Российской Федерации. Для расчётов ЭФ<sub>N<sub>2</sub>O</sub> предложено [11] применять дифференцированное значение этого показателя с учётом возделываемых культур. Связано это с тем, что при выращивании пропашных культур (картофель, сахарная свекла, овощи), в отличие от культур сплошного посева, например зерновых, многолетних трав газообразные потери азота удобрений по данным опытов с использованием стабильного изотопа азота <sup>15</sup>N существенно больше [4].

Исходя из этого, при расчётах эмиссии закиси азота в земледелии ЧР использовали три значения эмиссионного фактора: Российский норматив, утверждённый Минприроды, Международное значение эмиссионного фактора, утверждённое Межправительственной группой экспертов по изучению климата в глобальном масштабе и дифференцированное значение эмиссионного фактора с учетом видов возделываемых сельскохозяйственных культур. Значение ЭФ<sub>N<sub>2</sub>O</sub> принято для зерновых – 0,0068, сахарной свеклы – 0,0093, картофеля – 0,0196, овощебахчевых – 0,0077 [11].

При расчётах эмиссии закиси азота по дифференцированному эмиссионному фактору учитывали объёмы внесения азотных удобрений (70% от общей дозы применения минеральных удобрений) (см. табл. 4) и посевные площади сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий [1, 2].

**Результаты и их обсуждение.** Использование различных значений показателя эмиссионного фактора позволяет дать более объективную оценку продуцирования  $N_2O$  с учетом складывающихся конкретных условий региона. Во-первых, внесение азотных удобрений в земледелии ЧР в период 2015-2020 г. возросло в 1,5-4,5 раза. Во-вторых, в рассматриваемый период значительно различались объёмы внесения азотных и

других минеральных удобрений под отдельные сельскохозяйственные культуры. Эти обстоятельства связаны с различными причинами, на первом месте стоят экономические факторы, прежде всего цены на минеральные удобрения. Размеры эмиссии закиси азота по годам изменились в несколько раз при внесении минеральных азотных удобрений (табл. 5).

5. Эмиссия закиси азота при использовании азотных минеральных и органических удобрений, т							
Показатель	Годы						Среднее
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Минеральные удобрения							
Внесено N <sub>уд</sub> , т в д. в.	1716,4	1977,5	3227,0	7531,3	1841,1	3491,6	3297,5
Эмиссия N <sub>2</sub> O:							
ЭФ <sub>N2O</sub> = 0,0137	23,5	27,1	44,2	103,2	25,2	47,8	45,2
ЭФ <sub>N2O</sub> = 0,0125	21,5	24,7	40,3	94,1	23,0	43,6	41,2
ЭФ <sub>N2O</sub> дифференцированный, всего	24,1	25,5	35,2	85,3	19,2	41,2	38,5
в том числе:							
зерновые	9,8	13,9	23,8	67,6	14,6	28,7	26,4
сахарная свекла	5,4	1,8	2,2	0,9	1,3	3,9	2,6
подсолнечник	0,5	2,4	5,4	1,0	1,3	1,7	2,0
картофель	4,5	1,8	1,4	2,6	0,8	1,0	2,0
овощебахчевые	0,47	0,86	0,16	1,08	0,18	0,05	0,47
кормовые	0,17	0,11	0,46	0,96	0,62	0,89	0,53
прочие	3,2	4,6	1,8	11,1	0,4	5,1	4,4
Органические удобрения							
Внесено N в составе органических удобрений, т	22,5	31,5	29,8	46,2	23,2	12,5	27,6
Эмиссия N <sub>2</sub> O:							
ЭФ <sub>N2O</sub> = 0,0137	0,31	0,43	0,41	0,63	0,32	0,17	0,38
ЭФ <sub>N2O</sub> = 0,0125	0,28	0,39	0,37	0,58	0,29	0,16	0,35
ЭФ <sub>N2O</sub> дифференцированный, всего	0,30	0,52	0,50	0,74	0,23	0,19	0,41
в том числе:							
зерновые	0,30	0,27	0,36	0,48	0	0,17	0,26
сахарная свекла	0	0	0	0,0017	0	0	0,0003
подсолнечник	0	0	0	0,002	0,063	0,011	0,013
кормовые	0	0,257	0,140	0,254	0,166	0	0,136

При использовании каждого из трёх значений эмиссионного фактора продуцирование закиси азота увеличивается при возрастании количества внесённого азота в виде минеральных удобрений, поскольку эмиссия  $N_2O$  рассчитана по статистическим значениям показателя эмиссионного фактора ( $\Phi_{N_2O}$ ). За 2015-2020 г. эмиссия закиси азота при расчёте по российскому значению  $\Phi_{N_2O}$  была выше, чем при расчёте по международному значению  $\Phi_{N_2O}$ , что связано с большим значением эмиссионного фактора в первом случае. Использование дифференцированного значения  $\Phi_{N_2O}$  выявило ещё меньшую эмиссию закиси азота по сравнению с использованием международного значения  $\Phi_{N_2O}$ .

При возделывании пропашных культур, когда осуществляют многообразные технологические операции по обработке почвы, происходит большая минерализация её органического вещества, и как следствие возрастает продуцирование газообразных соединений азота, включая эмиссию  $N_2O$ . При выращивании всех сельскохозяйственных культур эмиссия закиси азота возрастала при внесении более высокого количества азотных минеральных удобрений (см. табл. 5). Максимальное количество закиси азота образуется при возделывании зерновых культур, поскольку под эти культуры вносили больше минеральных азотных удобрений. За зерновыми культурами следуют пропашные культуры: сахарная свёкла, подсолнечник и картофель.

Внесение органических удобрений в качестве источника азота существенно изменилось по годам исследуемого периода (2015-2020 г.). Максимальное количе-

ство азота, поступившего в почву, отмечено в 2018 г., минимальное – в 2020 г. Определены размеры эмиссии закиси азота, которая поступает в атмосферу от применяемого количества органических удобрений в земледелии ЧР (см. табл. 5). Объёмы применения органических удобрений в ЧР невелики, и в несколько раз меньше получаемого навоза и помёта от сельскохозяйственных животных и птицы, эмиссия закиси азота из вносимого азота существенна, в несколько раз меньше по сравнению с минеральными азотными удобрениями.

При расчётах эмиссии закиси азота по значению эмиссионного фактора, равному 0,0137, в атмосферу в среднем за 2015-2020 г. выделялось 0,38 т  $N_2O$ . Размеры выделения закиси азота значительно различались по годам наблюдений, от минимального в 2020 г., до максимального в 2018 г., что связано с различным количеством вносимых органических удобрений. Расчёты продуцирования  $N_2O$  по значению  $\Phi_{N_2O}$ , равному 0,0125, свидетельствуют, что его количество из-за различных объёмов поступления азота с органическими удобрениями в годы исследований изменялось. В среднем за 6 лет среднегодовое продуцирование закиси азота на 8,5% больше значения, полученного при использовании российского  $\Phi_{N_2O}$ . Проведены расчёты эмиссии закиси азота при внесении органических удобрений по дифференцированному значению  $\Phi_{N_2O}$ , учитывающему особенности выращивания сельскохозяйственных культур. Под пропашными культурами, где преимущественно вносят органические удобрения, усиливается минерализация и как следствие возрастает эмиссия закиси азота. Учёт этого фактора, а так же количе-

ства внесённого азота в составе органических удобрений обеспечил некоторый рост объёмов выделения закиси азота по сравнению с результатами, полученными при применении российского и международного значений эмиссионного фактора.

Размеры выбросов закиси азота при внесении органических удобрений, рассчитанные по трём значениям эмиссионного фактора, изменялись незначительно, увеличение к минимальному значению, полученному при использовании ЭФ<sub>N<sub>2</sub>O</sub> дифференцированного, составляет 17%. Если в первом случае увеличение можно оценивать как тенденцию, то во втором – это характеризуется как достоверное увеличение. При общем продуцировании закиси азота, рассчитанном по дифференцированному значению эмиссионного фактора (0,41 т в год), значительное его количество (0,26 т) приходится на посевы зерновых, под которые были внесены органические удобрения. После зерновых второе место по продуцированию закиси азота занимают кормовые культуры (0,136 т), затем подсолнечник (0,013 т) и сахарная свёкла (0,0003 т).

**Заключение.** Для расчётов эмиссии закиси азота (N<sub>2</sub>O) при внесении азотсодержащих минеральных и органических удобрений использовали три значения эмиссионного фактора (ЭФ<sub>N<sub>2</sub>O</sub>): 0,0137 (Российский норматив, утверждённый Минприроды), 0,0125 (Международное значение, утверждённое Межправительственной группой экспертов по изучению климата в глобальном масштабе) и дифференцированный ЭФ<sub>N<sub>2</sub>O</sub> с учетом видов возделываемых сельскохозяйственных культур, что позволило дать сравнительную оценку продуцированию этого парникового газа в земледелии ЧР. Установлено, что использование различных значений для определения эмиссии N<sub>2</sub>O при внесении азотных минеральных удобрений в земледелии Чеченской Республики различается примерно на 10%. Максимальная эмиссия N<sub>2</sub>O получена при использовании российского норматива, среднее её значение – при использовании международного норматива и минимальная эмиссия N<sub>2</sub>O – при применении дифференцированного значения ЭФ<sub>N<sub>2</sub>O</sub>.

Показатель эмиссии закиси азота при применении в земледелии ЧР азотных минеральных удобрений изменяется при использовании различных значений эмиссионного фактора (ЭФ<sub>N<sub>2</sub>O</sub>). Максимальное количество закиси азота в среднем за 6 лет (2015-2020 гг.) 45,2 т получено при использовании значения эмиссионного фактора, принятого в Российской Федерации (ЭФ<sub>N<sub>2</sub>O</sub> = 0,0137). Меньшее значение эмиссии закиси азота, составляющее в среднем за годы исследования 41,2 т, получено при расчетах с использованием значения эмиссионного фактора, равного 0,0125, утвержденного

Межправительственной группой экспертов по изучению климата в глобальном масштабе. Применение дифференцированного значения эмиссионного фактора, предложенного российскими учёными, который учитывает особенности возделывания различных сельскохозяйственных культур, даёт минимальное количество N<sub>2</sub>O, составляющее 38,5 т.

При внесении органических удобрений продуцирование закиси азота, рассчитанное с использованием трёх значений ЭФ<sub>N<sub>2</sub>O</sub>, изменяется от 0,35 до 0,41 т в год. Максимальное значение получено при расчёте с использованием дифференцированного ЭФ<sub>N<sub>2</sub>O</sub>, минимальное (0,35 т) – с использованием значения ЭФ<sub>N<sub>2</sub>O</sub>, рекомендованного Межправительственной группой экспертов по изучению климата в глобальном масштабе. Среднее положение занимает объём выделяемой закиси азота (0,38 т), полученный с применением значения ЭФ<sub>N<sub>2</sub>O</sub>, утверждённого Минприроды России.

В этой связи возникает вопрос о возможном изменении российского коэффициента расчёта эмиссии закиси азота, поскольку он даёт завышенные результаты по сравнению с международной методикой, принятой Межправительственной группой экспертов по изучению климата в глобальном масштабе. В пользу этого предложения свидетельствуют результаты определения эмиссии закиси азота при использовании дифференцированного значения эмиссионного фактора.

#### Литература

1. Чеченская Республика в цифрах / Краткий статистический сборник. – Грозный: Чеченстат, 2021. – 156 с.
2. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021/ Статистический сборник// Росстат, 2021. – 1112 с.
3. Сельское хозяйство России. 2021/ Статистический сборник// Росстат, 2021. – 100 с.
4. Завалин А.А. Биологический и минеральный азот в земледелии России. -М.: ВНИИА, 2022. – 256 с.
5. Голубев И.Г., Иванская И.А., Коваленко Л.Ю., Лопатников М.В. Рециклинг отходов в АПК /Справочник. - М.: ФГБНУ «Росинформгротех», 2011. – 298 с.
6. Сычёв В.Г., Соколов О.А., Завалин А.А., Шмырёва Н.Я. Экология применения органических удобрений. - М.: ВНИИА, 2017. – 336 с.
7. Нормативы выноса элементов питания сельскохозяйственных культур. - М.: ЦИНАО, 1991. – 66 с.
8. Сычёв В.Г., Соколов О.А., Завалин А.А., Шмырёва Н.Я. Роль азота в интенсификации продукционного процесса сельскохозяйственных культур. Экологические аспекты роли азота в продукционном процессе. - М.: ВНИИА, 2012. Т. 2. – 272 с.
9. Методические рекомендации по проведению добровольной инвентаризации объёмов выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации. // Минприроды России, 2015. – 30 с.
10. Кудяров В.Н. Современное состояние углеродного баланса и предельная способность почвы к поглощению углерода на территории России // Почвоведение. -2015. - № 9. - С. 1049-1060.
11. Кудяров В.Н. Эмиссионный фактор азота при применении азотных удобрений в земледелии России // Агрохимия. – 2021. – №11. – С. 3-15.

#### VALUATION OF NITROUS OXIDE EMISSIONS IN AGRICULTURE OF THE CECHEEN REPUBLIC

<sup>1</sup>A.A. Zavalin, Academician of the Russian Academy of Sciences, <sup>1</sup>T.M. Dukhanina, PhD, <sup>2</sup>M.A. Takaeva, Ph.D.

<sup>1</sup>FGFNU "VNII Agrochemistry" e-mail: zavalin52@mail.ru,

<sup>2</sup>FGBOU VO "Chechen State University. A.A. Kadyrov" e-mail: takayeva.75@gmail.com

An analysis is given of the methods used for determining nitrous oxide emissions during the application of mineral and organic fertilizers, and the volumes of nitrous oxide emissions in agriculture of the Chechen Republic are calculated. To calculate the emission of nitrous oxide when applying nitrogen-containing mineral and organic fertilizers, three values of the emission factor were used: 0.0137 (Russian standard approved by the Ministry of Natural Resources), 0.0125 (International value approved by the Intergovernmental Group of Experts on Global Climate Studies) and differentiated taking into account types of cultivated crops, which made it possible to give their comparative assessment.

The maximum amount of nitrous oxide on average over 6 years (2015-2020) when using nitrogen mineral fertilizers in the agriculture of the Czech Republic, 45.2 tons, was obtained using the value of the emission factor adopted in the Russian Federation (0.0137). The lower value of nitrous oxide emissions, averaging 41.2 tons over the years of the study, was calculated using the emission factor value of 0.0125 approved by the Intergovernmental Panel on Global Climate Studies. The use of a differentiated value of the emission factor proposed by Russian scientists, which takes into account the peculiarities of the cultivation of various agricultural crops, gives a minimum amount of  $N_2O$ , which is 38.5 tons.

When applying organic fertilizers, the production of nitrous oxide, calculated using three values of the emission factor, varies from 0.35 to 0.41 tons per year. The maximum value was obtained when calculating using a differentiated emission factor, the minimum (0.35 t) using the value recommended by the Intergovernmental Panel on Global Climate Studies. The middle position is occupied by the volume of emitted nitrous oxide (0.38 t), obtained using the value of the emission factor approved by the Ministry of Natural Resources of Russia.

The conducted studies allow us to conclude that the use of different values of the emission factor to determine the emission of nitrous oxide when applying nitrogen mineral fertilizers in the agriculture of the Czech Republic differs by about 10%. The maximum  $N_2O$  emission was obtained using the Russian standard, its average value was obtained using the international standard, and the minimum  $N_2O$  emission was obtained using a differentiated value of the emission factor.

**Key words:** nitrous oxide emission, emission factor, gaseous losses, nitrogen-containing nitrogen and organic fertilizers.

УДК 631.45:631.5:631.8

DOI: 10.25680/S19948603.2023.130.09

## ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТИ АГРОЦЕНОЗА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ

**Е.Т. Наумченко, к.с.-х.н., Е.В. Банецкая,  
ФГБНУ Федеральный научный центр «Всероссийский НИИ сои»  
675027, Амурская обл., г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, д. 19  
e-mail: bev@vniiso.ru**

Проведена сравнительная оценка показателей плодородия почвы пятипольного полевого севооборота по окончании 3-й (15 лет) и 11-й (55 лет) ротаций. Установлено, что длительное применение минеральной системы удобрения ( $N_{42}P_{48}$ ) сопровождалось увеличением гидролитической и обменной кислотности, в то время как использование органоминеральной системы не привело к ухудшению физико-химических свойств почвы. Обе системы удобрения повысили обеспеченность почвы подвижным фосфором, а также степень его подвижности. Применение в течение 55 лет минеральных удобрений совместно с навозом увеличило содержание гумуса, его подвижных форм и обогащенность азотом. Улучшение агрохимических показателей способствовало росту продуктивности севооборота на 3,9-4,1 т к.е/га. Выявлено, что изменение продуктивности севооборота на 73 % определялось варьированием показателей гумуса, почвенной кислотности и содержания подвижного  $P_2O_5$  в слое почвы 0-20 см.

**Ключевые слова:** плодородие, севооборот, длительное использование удобрений, подвижный фосфор, гумус, продуктивность.

Для цитирования: Наумченко Е.Т., Банецкая Е.В. Оценка изменения плодородия почвы и продуктивности агроценоза при длительном внесении удобрений// Плодородие. – 2023. – №1. – С. 39-41.  
DOI: 10.25680/S19948603.2023.130.09.

Одним из главных показателей состояния почвы является ее агрохимическая характеристика, позволяющая оперативно оценить влияние агрогенных факторов и выработать способы воспроизводства плодородия. Основными приемами повышения эффективности плодородия являются севооборот и удобрения. Для разработки научных основ эффективного применения оптимальных доз удобрений в севооборотах большое значение имеет получение информации об изменении плодородия почв в условиях длительных стационарных опытов. В стационарном 5-польном полевом (соево-зерновом) севообороте проводят изучение эффективности применения различных систем удобрения и осуществляют мониторинг плодородия почвы.

**Цель исследований** – оценить изменение эффективного плодородия луговой черноземовидной почвы по основным агрохимическим показателям и продуктивность полевого севооборота при длительном применении удобрений.

**Методика.** Исследования по влиянию длительного внесения удобрений на агрохимические свойства про-

водили в стационарном опыте ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои, заложенном в 1962-1964 г. под руководством доктора сельскохозяйственных наук В.Т. Куркаева. Опыт входит в Географическую сеть опытов с удобрениями РФ (№ 039 реестра Геосети) и представляет собой 5-польный севооборот: 1 – овес; 2 – соя; 3 – пшеница; 4 – соя; 5 – пшеница. В длительном опыте рассматривали влияние систем применения минеральных удобрений со среднегодовой нагрузкой на 1 га севооборотной площади за ротацию:  $P_{30}$ ,  $N_{24}$ ,  $N_{24}P_{30}$ ,  $N_{42}P_{48}$  и органической –  $N_{24}P_{30} + 4,8$  т навоза.

Почва опытного участка луговая черноземовидная маломощная тяжелосуглинистая. В почвенных образцах определяли рН потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85), гидролитическую кислотность методом Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-84), подвижный фосфор методом А.Т. Кирсанова (ГОСТ 26207-91), степень подвижности фосфора методом Н.П. Карпинского и В.Б. Замятиной [6], гумус по методу И.В. Тюрина в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой [6], его активных компонентов – по мето-