

**М. А. Ереско<sup>1</sup>, Н. В. Клебанович<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Белорусский научно-исследовательский центр «Экология», Минск, Беларусь,  
e-mail: kisa\_marina@mail.ru*<sup>2</sup>*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: n\_klebanovich@inbox.ru***О НЕОБХОДИМОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НОРМАТИВОВ  
ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ АЗОТА В ПОЧВАХ**

Проанализированы результаты исследований содержания в почвах различных форм азота. На основе обобщения литературных и экспериментальных данных подтверждена их значительная вариабельность, обусловленная внешними и внутренними факторами почвенной системы: сезон года, режим увлажнения, гранулометрический состав, содержание гумуса и др. Показана необъективность подхода, при котором проводится определение только одной из существующих форм нахождения азота в почве. Приведена практика проведения контроля в области охраны окружающей среды в части выявления нарушений норм содержания азота аммонийного в почвах промышленных предприятий и привлечения природопользователей к административной ответственности. Предложены направления оптимизации нормирования содержания форм азота. Освещены проблемы терминологии применительно к употреблению понятий «почва» и «земля». Рекомендовано раздельное их применение и более строгая регламентация.

**Ключевые слова:** почва, азот аммонийный, азот нитратный**M. A. Yeresko<sup>1</sup>, N. V. Klebanovich<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Belarusian Research Center «Ecology», Minsk, Belarus,  
e-mail: kisa\_marina@mail.ru*<sup>2</sup>*Belarusian State University, Minsk, Belarus,  
e-mail: n\_klebanovich@inbox.ru***ABOUT THE NEED TO IMPROVE THE MAXIMUM ALLOWABLE CONCENTRATIONS  
OF NITROGEN MINERAL FORMS IN SOIL**

The article analyzes the results of studies of the content of various forms of nitrogen in soils. Their significant variability due to external and internal factors of the soil system has been experimentally confirmed: the season of the year, the moistening regime, the granulometric composition, the humus content, etc. The approach has been shown to be inadequate, in which only one of the existing forms of nitrogen in the soil is determined. The practice of control in the field of environmental protection in terms of detecting violations of the norms of nitrogen ammonium in soils in industrial enterprises and the involvement of nature users in administrative responsibility are given. The directions of optimization of the normalization of the content of nitrogen forms are proposed. The problems of terminology are described with reference to the use of the concepts «soil» and «land». It is recommended that they be separated and more strictly regulated.

**Keywords:** soil, ammonium nitrogen, nitrate nitrogen**М. А. Ерэсько<sup>1</sup>, М. В. Клебановіч<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Беларускі навукова-даследчы цэнтр «Экалогія», Мінск, Беларусь,  
e-mail: kisa\_marina@mail.ru*<sup>2</sup>*Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь,  
e-mail: n\_klebanovich@inbox.ru***АБ НЕАБХОДНАСЦІ ЎДАСКАНАЛЕННЯ НАРМАТЫВАЎ ГРАНІЧНА ДАПУШЧАЛЬНЫХ КАНЦЭНТРАЦЫЙ  
МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ АЗОТУ Ў ГЛЕБАХ**

У артыкуле прааналізаваны вынікі даследаванняў утрымання ў глебах розных форм азоту. Эксперыментальна пацверджана іх значная варыябельнасць, абумоўлена вонкавымі і ўнутранымі фактарамі глебавай сістэмы: сезон года, рэжым увільгатнення, грануламетрычны састаў, утрыманне арганічнага рэчыва і інш. Паказана безгрунтоўнасць падыходу, пры якім праводзіцца вымярэнне канцэнтрацый толькі адной з існуючых форм знаходжання азоту ў глебе. Прыведзена практыка кантролю ў галіне аховы навакольнага асяроддзя ў частцы выяўлення парушэнняў норм утрымання азоту аманійнага ў глебах прамысловых прадпрыемстваў і прыцягнення прыродакарыстальнікаў да адміністрацыйнай адказнасці. Прапанаваны напрамкі аптымізацыі нармавання ўтрымання форм азоту. Асветлены праблемы тэрміналогіі ў дачыненні да ўжывання паняццяў «глеба» і «зямля». Рэкамендавана пясобнае іх прымяненне і больш строгая рэгламентацыя.

**Ключавыя словы:** глеба, азот амманійны, азот нітратны

**Введение.** В Республике Беларусь в последние годы сложилась негативная практика проведения контроля в области охраны окружающей среды в части выявления нарушений норм содержания азота аммонийного в почвах промышленных предприятий и привлечения природопользователей к административной ответственности по статье 15.11 (порча земель) Кодекса Республики Беларусь от 21 апреля 2003 г. № 194-З «Об административных правонарушениях» [1]. Во многих случаях такие нарушения являются мнимыми, так как подход к определению норматива содер-

жания азота аммонийного в почвах научно не обоснован. В связи с этим основная цель данной статьи – обоснование целесообразности пересмотра норматива ориентировочно допустимой концентрации (далее – ОДК) азота аммонийного в почвах земель всех категорий, представленного в постановлении Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 04.01.2014 г. № 1, а также важность рассмотрения понятий «предельно допустимая концентрация» (далее – ПДК) или «ОДК» именно в почвах, а не в землях. Срок действия данного норматива (3 года) истек, поэтому в том числе представляется актуальной корректировка этого фактически недействующего норматива, что снизит количество необоснованных исков о возмещении вреда.

В соответствии с международным стандартом, определяющим процедуру оценки загрязнения почв городских и промышленных территорий [2], выделено два возможных подхода к разработке сети пунктов отбора проб: организация регулярной сети равноудаленных местоположений, либо формирование свободно упорядоченной сети методом экспертной оценки (анализ комплекса факторов, влияющих на миграцию элементов). В рамках данного исследования применен второй подход. Количество и местоположение пробных площадок для цели исследования по оценке экологического состояния почв в части содержания разных форм азота может быть определено согласно подпункту 12.6.2 ЭкоНП 17.01.06-001-2017 [3].

**Методика исследований.** Для подтверждения необходимости пересмотра ОДК азота аммонийного в почве в период 2016–2018 гг. в разные сезоны были проведены экспериментальные исследования с отбором почвенных образцов и оценкой содержания в них аммонийного и нитратного азота. В качестве объектов исследования выбраны земельные участки целого ряда природопользователей (промышленных предприятий), преимущественно Минской и Гродненской областей.

Образцы почв в рамках обследований отобраны с глубин 0–5, 5–20 и 40–50 см, что соответствует гумусово-аккумулятивному (либо пахотному) (0–5 и 5–20 см) и иллювиальному (40–50 см) горизонтам генетического профиля почвы. Полевые работы проведены в соответствии с общепринятыми методиками [4–6] и действующими техническими нормативными правовыми актами, регламентирующими порядок отбора проб почв [7–9], с привлечением аккредитованного Национальным органом по аккредитации Республики Беларусь (Государственным предприятием «БГЦА») лабораторий [10].

Общее количество отобранных проб почв (более 300) составило ряд репрезентативных выборок. В рамках полевых исследований образцы почв естественного происхождения отобраны в лесных массивах разных секторов санитарно-защитных зон предприятий (представлены преимущественно дерново-подзолистыми песчаными и супесчаными), а также в долине реки Вилия (дерновые заболоченные песчаные). Окультуренные (дерново-подзолистые на пахотных землях) почвы опробованы в разных секторах санитарно-защитных зон предприятий. В пределах промышленных площадок взяты пробы почв на территориях, занимаемых ранее лесными массивами, сохранившимися в настоящее время на прилегающих к промплощадкам участках как сохранившие естественное строение профиля, так и техногенно преобразованные.

В перечень определяемых параметров включены:  $pH_{KCl}$ , содержание гумуса – характеристики, определяющие буферность почв и, как следствие, устойчивость территории к внешнему негативному воздействию [11]; из загрязняющих веществ – азот аммонийный (в 1 М KCl), азот нитратный (в 1 М KCl).

Степень кислотности почв (по pH в KCl) оценена по результатам лабораторных измерений, согласно ГОСТу 26483-85 [12] в соответствии со следующими градациями: сильнокислые – менее 4,50; среднекислые – 4,51–5,00; кислые – 5,01–5,50; слабокислые – 5,51–6,00; близкие к нейтральным – 6,01–6,50; нейтральные – 6,51–7,00; слабощелочные – более 7,00 (приложение 14 в [5]).

Уровень содержания гумуса оценен по результатам лабораторных измерений, согласно ГОСТу 26213-91 [13] по следующей шкале: очень низкое – менее 1,0 %; низкое – 1,01–1,50 %; недостаточное – 1,51–2,00 %; среднее – 2,01–2,50 %; повышенное – 2,51–3,00 %; высокое – более 3,00 % [5].

Концентрации форм азота измерены по СТБ 17.13.05-24-2011/ISO/TS 14256-1:2003, ГОСТ 26489-85 и ГОСТ 26488-85 [14–16].

Комплекс проведенных работ включает результаты исследований разных лет, 2016–2018 гг., что позволило провести оценку не только пространственной, но и временной динамики содержания азота аммонийного (в 1 М KCl) в почвах районов размещения объектов и сопоставить их с данными других исследователей.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Азот является одним из основных элементов питания для роста и развития как естественной растительности, так и сельскохозяйственных культур. Почвы Беларуси обеднены азотом, в связи с чем на сельскохозяйственных землях регулярно вносят азотные удобрения. Так, в 2017 г. было внесено 55 кг действующего вещества азотных удобрений на 1 га сельскохозяйственных земель и 76 кг – на 1 га пашни [17].

Одновременно существует проблема терминологии, используемой в действующих актах законодательства Республики Беларусь, регулирующих отношения в области почв. Часто употребляемый в нормативных правовых и технических нормативных правовых актах термин «земли (включая почвы)» некорректен, так как смешивает два достаточно легко делимых понятия, поэтому необходимо раздельное применение терминов «земля» и «почва» в зависимости от контекста. Так, понятие «земля» шире и обычно не подразумевает специфических чисто почвенных характеристик:

земля – земная поверхность и все, что прочно связано с ней, т. е. объекты, перемещение которых без несоразмерного ущерба их назначению невозможно: почвы, водные объекты, многолетняя растительность, здания, сооружения и т.д. [18];

земля (земли) – земная поверхность, включая почвы, рассматриваемая как компонент природной среды, средство производства в сельском и лесном хозяйстве, пространственная материальная основа хозяйственной и иной деятельности (абзац 24 статьи 1 Кодекса Республики Беларусь «О земле») [19];

почва – поверхностный слой суши, возникший в результате преобразования горных пород под действием солнечного тепла, воды, воздуха, живых организмов (растений, животных, микроорганизмов) и обладающий способностью обеспечить растения питательными веществами [18];

почва – самостоятельное естественно-историческое органоминеральное природное тело, возникшее на поверхности земли в результате длительного воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов, состоящее из твердых минеральных и органических частиц, воды и воздуха и имеющее специфические генетико-морфологические признаки, свойства, создающие для роста и развития растений соответствующие условия (пункт 1 ГОСТ 27 593-88) [20].

Применительно к содержанию загрязняющих веществ и других компонентов, например гумуса, уместно использовать понятие «почва» в последней трактовке.

Основными источниками поступления азота в почву являются: атмосферные осадки (в виде  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{NO}_3^-$ ); азотфиксация (связывание молекулярного азота воздуха) свободноживущими микроорганизмами и клубеньковыми бактериями в почвах; разложение растительных и животных остатков.

Указанные источники неравнозначны по объемам поступления азота в почву. Основной вклад вносят процессы разложения органического вещества почвы. Запасы подвижного азота в почве часто рассчитывают по величине содержания гумуса. Почва, содержащая 1 % гумуса, обеспечивает растениям в среднем 23 кг/га подвижного азота [21]. Исходя из того что содержание гумуса в почвах участков объектов исследования составляет 1,4–1,8 %, запасы подвижного азота составят 32–41 кг/га.

Имея информацию о химическом составе атмосферных осадков, можно провести расчет поступления азота аммонийного и сопоставить с его концентрацией в почве. Например, при содержании азота аммонийного в осадках 0,43 мг/л [22] и годовом количестве осадков 600 мм на земную поверхность выпадает  $0,6 \text{ м} = 0,6 \text{ м}^3/\text{м}^2 = 600 \text{ л}/\text{м}^2$  воды или  $600 \cdot 0,43 = 258 \text{ мг}/\text{м}^2$  азота аммонийного. Иными словами, с осадками в почву поступает 0,86 мг в расчете на 1 кг почвы азота аммонийного, что превышает норматив в 0,65 мг/кг, и четко указывает на его заниженную величину.

Азот аммонийный является лишь одной из многочисленных форм нахождения данного элемента питания в почвах. Азот в почвах [23] может быть в минеральных (азот нитратов, нитритов, аммония) и органических (легкогидролизуемый, трудногидролизуемый, негидролизуемый) формах. В биологических процессах и питании растений участвует преимущественно азот нитратный и азот аммонийный, так как азот нитритов эфемерен, а водорастворимый аммоний содержится в очень малых количествах и входит в состав обменного. Органические же формы азота становятся доступными растениям только после минерализации, т. е. превратившись в те же аммонийные или нитратные формы. Не случайно в этой связи, что ПДК или ОДК есть только именно на эти две формы, но вызывает недоумение, что норматив по нитратам (130 мг/кг, или 29,4 мг/кг азота нитратного) на три порядка выше, нежели по азоту аммонийно-

му (0,65 мг/кг). Эти две формы азота находятся в определенном равновесии, в окислительных условиях интенсивнее протекает нитрификация, в восстановительных – аммонификация нитратов.

Дополнительным аргументом является и тот факт, что ПДК азота нитратного и азота аммонийного в воде водных объектов отличается только в 5 раз, 2,0 и 10,2 мг/л соответственно [24].

По данным белорусских исследователей, в дерново-подзолистых почвах 93–95 % общего азота содержится в виде белков, аминов, амидов, аминокислот и других органических соединений и 3–5 % – в виде необменно-поглощенного фиксированного глинистыми минералами аммония [23], и лишь незначительная часть почвенного азота (1–3 %) непосредственно доступна растениям. В зависимости от степени окультуренности и гранулометрического состава почв, сезона отбора почвенного образца запасы минерального азота (суммы нитратного и обменного аммонийного) в пахотном слое дерново-подзолистых почв Беларуси могут изменяться в пределах 15–85 кг на 1 га [23].

Азот органических соединений становится доступным растениям в результате минерализации органического вещества почвы – процессов аммонификации и нитрификации. Интенсивность этих процессов и, как следствие, величина накопления минеральных соединений азота в почве находятся в зависимости от ряда внешних и внутренних условий почвенной системы. К внешним условиям можно отнести следующие: сезон года, температура, режим увлажнения, морфометрические характеристики земной поверхности (мезорельеф) почв участка. Внутренние условия почвенной системы – содержание гумуса, степень гидроморфизма, гранулометрический состав и др. Накладываясь друг на друга, перечисленные агенты определяют интенсивность процессов разложения органического вещества, формируя динамичный баланс разных форм азота в почве.

Трансформация азотсодержащих органических соединений почвы обычно начинается с высвобождения азота аммонийного, который является источником питания микроорганизмов и растений. Микроорганизмы-нитрификаторы далее переводят азот аммонийный в окисленные формы – нитраты и нитриты, которые тоже вовлекаются в биологический круговорот. На баланс и доступность азота растениям в почвах влияют следующие процессы (рисунок): фиксация атмосферного азота свободноживущими клубеньковыми бактериями; превращение азотсодержащих соединений органических остатков в гумусовые кислоты; аммонификация органических азотсодержащих соединений; процессы нитрификации; денитрификация и потери азота в атмосферу; фиксация иона  $\text{NH}_4^+$  глинистыми минералами; вымывание различных соединений азота, преимущественно нитратов, с внутрипочвенным стоком [25, 26].

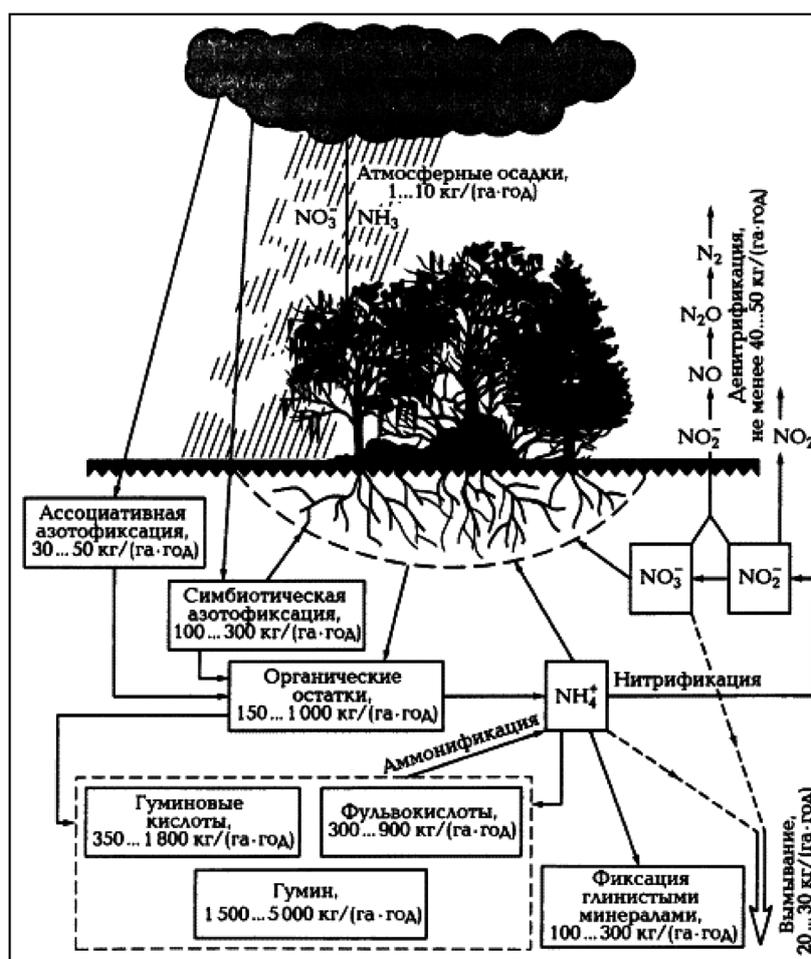
Аммонификация – процесс разложения содержащих азот органических веществ. Он протекает с участием аммонифицирующих микроорганизмов и приводит к образованию  $\text{NH}_3$  и  $\text{NH}_4^+$ . Ион аммония почвенного раствора может быть потерян в результате вымывания или необменного поглощения почвенно-поглощающим комплексом. Необменное поглощение  $\text{NH}_4^+$  связано с присутствием в почве трехслойных глинистых минералов.

Аммонификация является первой стадией минерализации азотсодержащих органических соединений. Следующая стадия – нитрификация. При нитрификации аммиак окисляется до нитритов и нитратов. При развитии восстановительных условий преобладают процессы денитрификации, следствием которых является потеря газообразного азота.

Все превращения азота в природе осуществляются прокариотами (бактериями). Азот – единственный из биофильных элементов исходно почти отсутствует в материнских горных породах и появляется только в результате деятельности бактерий-дiazотрофов. Только почвы ввиду уникальности своих свойств могут накапливать азот в составе гумуса и поэтому являются единственным природным резервуаром и источником доступных для растений форм этого элемента [27].

Гумус разлагается в течение вегетационного периода, одним из продуктов разложения является азот аммонийный. Между содержанием гумуса и общего азота установлена прямая достоверная корреляционная зависимость [23], поэтому накопление гумуса одновременно означает и накопление азота.

Информация о содержании гумуса в почвах помогает определить степень антропогенного преобразования и направленность естественных процессов. Нашими исследованиями установлено, что почвы лесных массивов, расположенных в санитарно-защитных зонах обследованных предприятий, характеризуются повышенным и высоким содержанием гумуса – 2,51–4,30 %, что



Круговорот азота в природе [25]

соответствует данным монографии «Почвы Белорусской ССР» (1974) [28]. Одновременно в почвах некоторых участков леса выявлено среднее и недостаточное содержание гумуса – 1,51–2,50 %, а в прилегающей части промплощадки, до начала хозяйственной деятельности занятой лесом, встречается даже низкое и очень низкое. Такое уменьшение содержания гумуса может быть обусловлено интенсификацией процессов минерализации (разложения) соединений органических веществ почвы, связанной с относительно недавней по времени вырубкой леса на этой территории.

Естественные дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава, как правило, характеризуются природной сильноокислой и среднекислой реакцией среды ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$  3,8–4,6). На окультуренных легких дерново-подзолистых почвах обычно отмечается  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  5,5–6,5, соответствующий кислой и слабокислой реакции среды. Почвы участков промышленных площадок, которые испытывают антропогенную нагрузку, характеризуются, как правило, слабощелочной реакцией среды ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$  более 7,0), а наименее преобразованные участки имеют  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  близкий к естественному – 4,80–5,60.

Концентрация общего азота коррелирует с содержанием илистых частиц: в почвах под естественной лесной растительностью в гумусово-аккумулятивном горизонте снижается от 715 мг/кг в суглинистых до 572 – в супесчаных и до 179 мг/кг – в песчаных. Анализ фракционного состава азота показывает, что содержание минерального подвижного азота в суглинистых, супесчаных и песчаных почвах под лесом в гумусово-аккумулятивном горизонте составляет соответственно 0,8; 1,2 и 5,0 % от общего азота [23]. В ряду почв от целинной (лес) до окультуренной (огород) содержание общего азота в гумусово-аккумулятивном горизонте изменяется в следующих пределах: почвы суглинистые – от 715 до 1927 мг/кг, супесчаные – 572–2054 и пес-

чаные – 179–1348 мг/кг [23]. Соответственно содержание минеральных подвижных форм азота составит 9,0–102,7 мг/кг.

Содержание азота аммонийного в почвах обычно исчисляется единицами или десятками миллиграммов на килограмм, реже сотнями. Так, в сосняке черничном на дерново-подзолистых почвах установлено содержание данной формы азота в диапазоне от 12 мг/кг в мае до 430 мг/кг в сентябре [27]. Содержание обменного аммония в 4-летнем опыте было от 5,7 до 16,0 мг/кг [23], по данным других исследователей – 3,0–15,0 мг/кг [29]. В книге «Почвы Белорусской ССР» (1974) приведены средние содержания нитратного и аммонийного азота в дерновых заболоченных почвах, мг/кг: дерново-глееватая супесчаная –  $29 \pm 0,9$  и  $134 \pm 32$ ; дерново-глеевая супесчаная –  $54 \pm 20$  и  $123 \pm 65$ ; дерново-глеевая суглинистая –  $60 \pm 14$  и  $160 \pm 47$ ; дерново-перегнойно-глеевая суглинистая –  $55 \pm 9$  и  $182 \pm 112$  мг/кг [28]. В наших предшествующих исследованиях на дерново-подзолистых связносупесчаных подстилаемых моренным суглинком почвах содержание нитратного и аммонийного азота составляло 2,2–4,0 и 12,0–14,0 мг/кг соответственно, т. е. исчислялось величинами такого же порядка [30, 31].

По результатам собственных исследований и оценки экологического состояния почв зон размещения предприятий республики разных лет установлены диапазоны концентраций азота аммонийного и азота нитратного, сравнимые с данными ученых Беларуси и сопредельных стран. Так, содержание азота аммонийного на территории промплощадок составило диапазон от величин ниже предела обнаружения (менее 0,1 мг/кг) на участках с очень низким содержанием гумуса (менее 1,0 %) до 32,0 мг/кг, азота нитратного – 0,02–3,6 мг/кг (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Концентрации форм азота в почвах промплощадок и санитарно-защитных зон, мг/кг почвы

Угодье	Глубина отбора, см	Обменные формы	
		азот аммонийный	азот нитратный
<i>Песчаная почва</i>			
Промплощадка	0–5, 5–20	0,1–16,8	0,02–2,9
Санитарно-защитная зона	0–5, 5–20	0,2–35,6	0,05–3,5
<i>Супесчаная почва</i>			
Промплощадка	0–5, 5–20	1,7–32,0	1,1–3,6
Санитарно-защитная зона	0–5, 5–20	29,1–49,9	2,9–6,7

В почвах санитарно-защитных зон, покрытых лесной растительностью, установлены концентрации азота аммонийного 0,2–49,9 мг/кг, азота нитратного – 0,05–6,7 мг/кг, при этом наибольшие концентрации азота аммонийного как в почвах промышленных площадок, так и санитарно-защитных зон отмечены в зимний период (табл. 1).

Соотношение концентраций азота аммонийного и азота нитратного в почвах обследованных территорий свидетельствует о более интенсивно протекающем процессе аммонификации, чем нитрификации. Выявленные диапазоны величин обусловлены естественными причинами и значительно ниже, либо сопоставимы с литературными данными: концентрация азота аммонийного в гумусово-аккумулятивном слое песчаной почвы в лесу составляет порядка 6,1 мг/кг почвы, а азота нитратного – 2,8 мг/кг почвы (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Концентрации форм азота в почвах различных видов земель, мг/кг почвы [23]

Угодье	Гумусово-аккумулятивный (пахотный) горизонт – глубина, см	Обменные формы		Фиксированный азот аммонийный
		азот нитратный	азот аммонийный	
<i>Суглинистые почвы</i>				
Лес	6–13	2,2	3,7	50,3
Пашня	5–15	8,3–19,7	5,4–8,9	87,1–265,2
Огород	5–15	17,7	10,3	277,7
<i>Супесчаные почвы</i>				
Лес	4–9	1,4	5,4	51,7
Пашня	5–15	1,2–5,2	7,6–10,0	150,5–252,0
Огород	5–15	8,5	11,7	348,4
<i>Песчаные почвы</i>				
Лес	3–9	2,8	6,1	26,9
Пашня	5–15	3,8–10,0	4,2–4,8	40,8–209,6
Огород	10–20	7,0	3,8	76,5

Из санитарно-гигиенических нормативов действующим на сегодняшний день является предельно допустимая концентрация (далее – ПДК) нитратов в почвах – 130,0 мг/кг (приложение 3 к Гигиеническим нормативам 2.1.7.12-1-2004) [32].

Хотя трехлетний срок действия норматива ОДК уже истек, на сегодняшний день не отменено постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 4 января 2014 г. № 1, которым утвержден ОДК азота аммонийного в почвах всех категорий земель – 0,65 мг/кг. Принятие и дальнейшее применение на практике данного норматива изначально является необоснованным и не отражающим реальные почвенные характеристики.

Концентрации азота нитратного и азота аммонийного в почвах исчисляются сравнимыми величинами одного порядка (табл. 1 и 2). Исходя из ПДК нитратов 130,0 мг/кг, ПДК азота нитратного составляет 29,35 мг/кг. Тогда ПДК азота аммонийного должен составить сравнимую величину, однако ОДК азота аммонийного в почвах всех категорий земель (0,65 мг/кг) на два порядка ниже, что является необоснованным и не отражает естественные почвенные реакции нитрификации и аммонификации.

Согласно пункту 2 Гигиенических нормативов 2.1.7.12-1-2004, ОДК должны пересматриваться через 3 года после их утверждения или заменяться ПДК, полученными на основе экспериментальных данных. Ввиду того что этого сделано не было, ОДК азота аммонийного в почвах всех категорий земель 0,65 мг/кг не должен применяться на практике, особенно в отношении промышленных предприятий.

Многочисленными исследованиями ученых, подтвержденными данными наших оценочных работ, установлено, что концентрации форм азота в почвах варьируют в широком диапазоне и обусловлены многочисленными внешними и внутренними факторами, влияющими на трансформацию органического вещества почв. Поэтому нецелесообразно и ошибочно осуществлять нормирование лишь одной формы азота – азота аммонийного, не определяя одновременно концентраций и других форм (например, азота нитратного). В засушливые периоды усиливается окисление и становится больше нитратов, во влажные – возрастает восстановление и количество аммонийного азота, тогда как общее количество минерального азота мало меняется.

Содержание азота аммонийного определяется кроме прочего и скоростью разложения органического вещества почв. Исследованиями установлена значительная естественная сезонная вариабельность концентраций различных форм азота в почвах, которая подтверждена данными собственных исследований. Весной, в начале вегетации растений, отмечается наиболее высокое содержание азота в почве. К середине августа, когда происходит уборка зерновых, его содержание достигает минимума [23]. По данным других исследователей (например, З. Н. Арефьевой), содержание аммонийного азота достигало 400–500 мг/кг в августе–сентябре, резко снижаясь в октябре до 8–12 мг/кг [33].

По результатам нашего исследования динамики содержания азота аммонийного в почвах зоны размещения предприятий республики установлено, что минимальные концентрации были достигнуты в августе (0,1–3,5 мг/кг), ближе к концу вегетационного периода – периода активного разложения органического вещества и выноса подвижных соединений с поверхностным и внутрипочвенным стоком. Максимальные концентрации азота аммонийного были установлены в зимний период (1,7–81,7 мг/кг), что обусловлено естественными причинами – внутрипочвенными естественными процессами, скорректированными условиями внешней среды. При этом зимние концентрации азота аммонийного в почвах наиболее близки к оптимальному значению параметра для дерново-подзолистых почв, когда содержание доступного азота  $N-(NO_3^- + NH_4^+)$  составляет 30–45 мг/кг почвы или 100–220 кг/га [34].

В осенне-зимний период содержание в почвах азота нитратного снижается, а азота аммонийного закономерно увеличивается на 3–7 кг/га на суглинистых и супесчаных почвах, до 10 кг/га – на песчаных почвах. Так, при снижении температуры почвы до +5–7 °С процесс нитрификации азота почвы значительно ослабевает и составляет лишь 40–46 % от нитрифицирующей способности почвы при температуре 17–20 °С. При этом интенсивность процесса аммонификации намного превышает скорость нитрификации, что обуславливает повышение концентраций аммония, особенно на слабокультуренных почвах [23].

Вариабельность концентраций форм азота проявляется и в зависимости от влажности и степени гидроморфизма почв: коэффициент вариации данных содержания азота нитратного в супесчаных почвах составляет 57–95 %, песчаных – 40–148 %. При снижении влажности

почвы до 30 % от полной влагоемкости<sup>1</sup> интенсивность нитрификации снижается на 16–30 % от величины при оптимальной влажности почвы [23].

Кроме того, научными исследованиями [23] определен экологически опасный уровень обеспеченности песчаных и супесчаных почв (слой 0–40 см) потенциально усвояемым азотом 400 кг/га.

Исходя из того что 1 га пахотного слоя = 3000 т ( $0,25 \text{ м} \cdot 10000 \text{ м}^2 \cdot 1,2 \text{ т/м}^3$ ), 1 га слоя 40 см = 4800 т. Даже при концентрации азота аммонийного 5,9 мг/кг (максимальной для одного из наших объектов) обеспеченность составит:  $5,9 \text{ мг/кг} = 5,9 \text{ г/т} = 28,3 = (5,9 \cdot 4800/1000) \text{ кг/га}$ , что ниже подавляющего большинства литературных данных.

Экологически опасный уровень = 400 кг/га в слое 40 см (83 мг/кг) Н. Н. Семененко считает по потенциально усвояемому азоту, который приблизительно в 4 раза выше аммонийного [23]. Если умножить на 4 число 28,3 кг/га, то согласно градации обеспеченности потенциально усвояемым азотом [23] концентрации азота аммонийного в почвах предприятий республики соответствуют низкому и среднему уровню обеспеченности.

Отсутствие негативного воздействия выявленных концентраций азота аммонийного и нитратного в почвах землепользователя можно подтверждать также и данными наблюдений за состоянием подземных вод в зоне размещения предприятия – путем анализа динамики содержания разных форм азота в подземных водах. Выявленные в рамках наших исследований концентрации разных форм азота в подземных водах составили величины ниже чувствительности метода и намного ниже установленных нормативов качества питьевых вод [24].

Применение следующих экологических норм является более оправданным и обоснованным при оценке содержания разных форм азота в почвах:

оптимальное значение доступных форм азота  $\text{N}-(\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+)$  составляет 30–45 мг/кг почвы; экологически опасный уровень обеспеченности песчаных и супесчаных почв (слой 0–40 см) потенциально усвояемым азотом составляет 400 кг/га.

В агрохимической службе Беларуси на регулярной основе (1 раз в 4 года) определяют содержание многих химических элементов, в том числе и микроэлементов. При этом определение содержания каких бы то ни было форм азота, самого важного и наиболее часто вносимого в почву в виде удобрений элемента питания, не проводят ввиду значительной динамичности количественных показателей любых подвижных форм азота, в первую очередь аммонийного и нитратного [35].

По результатам аналитического контроля государственное учреждение «Республиканский центр аналитического контроля в области охраны окружающей среды» (далее – ГУ «РЦАК») публикует информацию о фактах превышения установленных нормативов [36].

Анализ документа «Информационный бюллетень. Почвы, январь–июнь 2018 г.» выявил факты применения ОДК азота аммонийного (0,65 мг/кг), срок действия которого истек в 2017 г., для оценки почв ГЛХУ «Телеханский лесхоз», ГПУ «Национальный парк «Нарочанский», а также заниженных «фоновых» концентраций, соответствующих уровню очень низкой и низкой обеспеченности азотом, для оценки почв КУСХП «Ореховно» (0,75 и 1,96 мг/кг), ОАО «Полоцкий агросервис» (1,21 мг/кг), ГЛХУ «Светлогорский лесхоз» (0,768 и 1,18 мг/кг), ГЛХУ «Комаринский лесхоз» (1,743 мг/кг), СПК «Гродненский» (0,24 и 0,38 мг/кг), Гродненский городской исполнительный комитет (1,47 и 1,49 мг/кг), коммунальное сельскохозяйственное унитарное предприятие «Бородичи» (0,99 мг/кг), ИООО «Кроноспан» (1,4 мг/кг) и других предприятий.

Выявленные в почвах перечисленных и других природопользователей концентрации азота аммонийного не превышают экологически опасный уровень обеспеченности азотом и заметно ниже оптимального значения доступных форм азота  $\text{N}-(\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+)$  30–45 мг/кг. «Фоновые» концентрации азота аммонийного определены органами контроля в области охраны окружающей среды согласно ТКП 17.03-01-2013 [37]. Однако подход к определению понятия «фоновый участок», применяемый в данном ТНПА, при котором регламентирован выбор фонового участка в границах земельного участка объекта (т. е. в пределах промплощадки природопользователя), неоднозначен. Не учтено и то, что если фоновый участок выбран правильно, то концентрации определяемого загрязняющего вещества в трех объединенных пробах, отобранных в его пределах, должны отличаться на величину погрешности метода; разница в результатах, кратная 10 и более раз, должна быть подвергнута сомнению и проведено новое исследование.

<sup>1</sup> Полная влагоемкость (ПВ) – наибольшее количество влаги, которое может содержаться в почве при условии заполнения всех пор.

**Заключение.** В актах законодательства необходимо раздельное применение терминов «почва» и «земля» взамен существующего некорректного и научно необоснованного понятия «земли (включая почвы)». Для этого потребуются внесение изменений и дополнений в нормативные правовые и технические нормативные правовые акты, регулирующие отношения в области обращения с почвами и землями. Такое изменение будет содействовать сближению науки и практики государственного управления в области охраны окружающей среды, совершенствованию юридической техники, конкретизации действующих норм права.

Для оценки состояния почв земельного участка природопользователя и сопредельных территорий рекомендуется использовать экологические нормы: оптимальное содержание доступных форм азота  $N-(NO_3^- + NH_4^+)$ , составляющее 30–45 мг/кг почвы; экологически опасный уровень обеспеченности песчаных и супесчаных почв (слой 0–40 см) потенциально усвояемым азотом, составляющий 400 кг/га.

Почвы Беларуси обеднены азотом, в связи с чем на сельскохозяйственных угодьях регулярно вносят азотные удобрения. На обследованных участках промышленных предприятий республики и прилегающих территорий только в зимний период установлены концентрации азота аммонийного, близкие к оптимальным для дерново-подзолистых почв пахотных земель: 30–45 мг/кг почвы.

Одновременно в рамках контроля в области охраны окружающей среды проводят измерения концентраций азота аммонийного в почвах промышленных предприятий, в том числе предприятий деревообработки, что является нецелесообразным ввиду значительной естественной сезонной и территориальной динамичности форм содержания азота в почвах.

#### Список использованных источников

1. Кодекс Республики Беларусь «Об административных правонарушениях»: принят Палатой представителей 17 декабря 2002 г.; одобрен Советом Респ. 2 апреля 2003 г.; в ред. Закона Респ. Беларусь от 08.01.2018 г. № 95-3 // ИПС «Эталон» [Электронный ресурс]. / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.
2. ISO 10381-5. Soil quality. Sampling. Part 5. Guidance on the procedure for the investigation of urban and industrial sites with regard to soil contamination. Published in Switzerland. 2005. – 35 p.
3. Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности: ЭкоНИП 17.01.06-001-2017. – Введ. 01.10.2017. – Минск: Мин-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 2018. – 188 с.
4. Полевое исследование и картографирование почв БССР: Метод. указания / Под ред. Н. И. Смяяна, Т. Н. Пучкаревой, Г. А. Ржеутской. – Минск: Ураджай, 1990. – 223 с.
5. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: Метод. указания / Под ред. И. М. Богдевича. – Минск, 2005. – 40 с.
6. Полевая диагностика почв Беларуси. Практич. пособие / Гос. ком. по имуществу Респ. Беларусь, Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии; под ред. Г. С. Цытрон. – Минск, 2011. – 175 с.
7. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб: ГОСТ 17.4.3.01-83. – Введ. 01.07.1984. – Минск: Гос. комитет по стандарт. Респ. Беларусь, 2018. – 8 с.
8. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: ГОСТ 17.4.4.02-84. – Введ. 01.01.1986. – Минск: Гос. комитет по стандарт. Респ. Беларусь, 2018. – 16 с.
9. Почвы. Отбор проб: ГОСТ 28168-89. – Введ. 01.04.1990. – Минск: Гос. комитет по стандарт. Респ. Беларусь, 2018. – 8 с.
10. Реестр испытательных лабораторий, аккредитованных в национальной системе аккредитации Республики Беларусь / Белорусский государственный центр аккредитации [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://bsca.by/ru/reestr/reestr-akkreditovannyh-laboratoriya>. – Дата доступа: 01.08.2018.
11. Ересьюко, М. А. Оценка кислотности-основности буферности почв Западно-Белорусской физико-географической провинции: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.03.01 / М. А. Ересьюко; Белорус. гос. ун-т. – Минск, 2016. – 24 с.
12. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО: ГОСТ 26483-85. – Введ. 01.07.1986. – Минск: Гос. комитет по стандарт. Респ. Беларусь, 1992. – 8 с.
13. Почвы. Методы определения органического вещества: ГОСТ 26213-91. – Введ. 01.07.1993. – Минск: Гос. комитет по стандарт. Респ. Беларусь, 2018. – 8 с.
14. Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество почвы. Определение нитратов, нитритов и аммония в пробах почвы естественной влажности при экстракции раствором хлорида калия. Ч. 1. Ручной (инструментальный) метод: СТБ 17.13.05-24-2011/ISO/TS 14256-1:2003. – Введ. 01.01.2012. – Минск: Гос. комитет по стандарт. Респ. Беларусь, 2018. – 16 с.
15. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО: ГОСТ 26489-85. – Введ. 01.07.1986. – Минск: Гос. комитет по стандарт. Респ. Беларусь, 2018. – 8 с.
16. Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО: ГОСТ 26488-85. – Введ. 01.07.1986. – Минск: Гос. комитет по стандарт. Респ. Беларусь, 2018. – 8 с.
17. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический сборник [Электронный ресурс] / Нац. статистич. комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2018. – Режим доступа: [http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo/publikatsii\\_4/index\\_9395/](http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo/publikatsii_4/index_9395/). – Дата доступа: 01.08.2018.

18. Краткий словарь-справочник землеустроителя. – Минск: БелНИЦзем, 2003. – 174 с.
19. Кодекс Республики Беларусь. О земле: принят Палатой представителей 17 июня 2008 г.: одобр. Советом Респ. 28 июня 2008 г.: в ред. Закона Респ. Беларусь от 24.10.2016 г. № 439-З // ИПС «Эталон» [Электронный ресурс]. / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.
20. Почвы. Термины и определения: ГОСТ 27593-88. – Введ. 01.07.1988. – Минск: Гос. комитет по стандарт. Респ. Беларусь, 2018. – 16 с.
21. Орлов, Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 325 с.
22. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2015 / Под общ. ред. М. А. Ерьсько: РУП «Бел НИЦ «Экология» [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://www.ecoinfo.by/content/753.html>. – Дата доступа: 22.08.2018.
23. Семененко, Н. Н. Азот в земледелии Беларуси / Н. Н. Семененко, Н. В. Невмержицкий – Минск: Хата, 1997. – 196 с.
24. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: Гигиенические нормативы 2.1.5.10-21-2003: утв. Постановлением глав. гос. сан. врача Респ. Беларусь 12 дек. 2003 г., № 163. – Минск, 2004. – 26 с.
25. Орлов, Д. С. Химия почв: учеб. / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, Н. И. Суханова. – М.: Высш. школа, 2005. – 558 с.
26. Возбуцкая, А. Е. Химия почвы / А. Е. Возбуцкая. – М.: Высш. школа, 1968. – 426 с.
27. Карпачевский, Л. О. Экологическое почвоведение / Л. О. Карпачевский. – М.: ГЕОС, 2005. – 334 с.
28. Почвы Белорусской ССР / Под ред. Т. Н. Кулаковской, П. П. Рогового, Н. И. Смеяна. – Мн.: Ураджай, 1974. – 328 с.
29. Оношко, М. П. Азот и его минеральные формы в ландшафтах Беларуси / М. П. Оношко. – Минск: Наука и техника, 1990. – 174 с.
30. Клебанович, Н. В. Влияние окультуренности дерново-подзолистых супесчаных почв на содержание форм азота / Н. В. Клебанович // Почвоведение и агрохимия. Сб. науч. тр./ Бел. НИИ почвоведения и агрохимии. – Минск, 1986. – Вып. 22. – С. 87–96.
31. Клебанович, Н. В. Влияние известкования на показатели азотного режима дерново-подзолистых почв Беларуси / Н. В. Клебанович // Наука – производству: Тез. докл. 4-й Междунар. науч.-практ. конф. – Гродно, 2001. – Ч. 1. – С. 318–321.
32. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы 2.1.7.12-1-2004: утв. постановлением глав. гос. сан. врача Респ. Беларусь 25 фев. 2004 г., № 28. – Минск, 2004. – 26 с.
33. Арефьева, З. Н. Динамика аммиачного и нитратного азота в лесных почвах Зауралья при высоких и низких температурах / З. Н. Арефьева, Б. П. Колесников // Почвоведение. – 1964. – № 3. – С. 30–45.
34. Агрохимия: Учеб. / В. Г. Минеев, 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, Изд-во «КолосС», 2004. – 720 с.
35. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / Под ред. И. М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. – 282 с.
36. Информация о фактах превышения установленных нормативов в 2018 году, подготовленная по результатам аналитического контроля ГУ РЦАК [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <http://www.nsmos.by/content/773.html>. – Дата доступа: 01.08.2018.
37. Охрана окружающей среды и природопользование. Земли. Правила и порядок определения фонового содержания химических веществ в землях (включая почвы): ТКП 17.03-01-2013. – Введ. 01.02.2014. – Минск: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 2018. – 16 с.

Поступила 18.09.2018