

# АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ СУЛЬФАТОВ И НИТРАТОВ В ПОЧВАХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

С. Е. Головатый<sup>1)</sup>, С. В. Савченко<sup>2)</sup>, М. Л. Синицкая<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, ул. Долгобродская, 23/1, 220070, г. Минск, Беларусь, [sscience@yandex.ru](mailto:sscience@yandex.ru)

<sup>2)</sup> Государственное научное учреждение «Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси», ул. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь

Представлен анализ динамики содержания нитратов и сульфатов в почвах фоновых территорий и населенных пунктов Республики Беларусь за период с 2000 по 2023 годы. Для фоновых территорий средняя концентрация сульфатов составила 52,53 мг/кг, а нитратов – 19,96 мг/кг. Для почв населенных пунктов коэффициенты концентрации сульфатов варьирует в пределах 1,05-1,48, в то время как для нитратов – от 0,74 до 1,80. За исследуемый период содержание нитратов в почвах имеет тенденцию к снижению, а сульфатов – к росту. Установлено, что превышение ПДК в исследованных почвах было зафиксировано в 26,2 % случаев для сульфатов и в 1,4 % для нитратов.

**Ключевые слова:** почвы; сульфаты; нитраты; городские территории; загрязнение; предельно допустимая концентрация; фоновое содержание; пороговое значение.

## ANALYSIS OF CONTENT OF SULFATES AND NITRATES IN SOILS OF SETTLEMENTS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

S. E. Golovaty<sup>1)</sup>, S. V. Savchenko<sup>2)</sup>, M. L. Sinitskaya<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Dolgobrodskaya str., 23/1, 220070, Minsk, Belarus, [sscience@yandex.ru](mailto:sscience@yandex.ru)

<sup>2)</sup> State Scientific Institution «Institute of Nature Management of the National Academy Sciences of Belarus», Minsk, Belarus

The analysis of the dynamics of nitrate and sulphate content in soils of background territories and settlements of the Republic of Belarus for the period from 2000 to 2023 is presented. In background territories, the average concentration of sulphates was 52.53 mg/kg, while that of nitrates – 19.96 mg/kg. For the soils of the settlements, the concentration ratios of sulphates ranged from 1.05 to 1.48, while for nitrates they ranged from 0.74 to 1.80. During the study period the nitrate content in soils tends to decrease, and sulphates tend to increase. It was found that exceedance of MPC in the studied soils was recorded in 26.2 % of cases for sulphates and in 1.4 % for nitrates.

**Keywords:** soils; sulfates; nitrates; urban areas; pollution; maximum permissible concentration; background content; threshold value.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2025-2-30-34>

Круговороты азота и серы являются критически важными для поддержания экосистемной устойчивости и жизнедеятельности организмов. Азот, входящий в состав аминокислот и нуклеиновых кислот, играет ключевую роль в росте растений и животных. Сера также необходима для синтеза белков и витаминов, участвуя в образовании ферментов. Эти элементы циркулируют в природе через биогеохимические процессы, обеспечивая баланс в экосистемах.

Естественными источниками азота служат вулканы и молнии, а серы – вулканы, лесные пожары и морские брызги. Антропогенные источники включают удобрения, сжигание ископаемого топлива и выбросы от различных отраслей промышленности [1].

Круговорот азота включает несколько стадий: азотфиксацию, где атмосферный молекулярный азот ( $N_2$ ) преобразуется в аммиак ( $NH_3$ ), аммонификацию, в ходе которой органический азот превращается в аммоний ( $NH_4^+$ ), и нитрификацию, где аммоний окисляется до нитратов ( $NO_3^-$ ). Растения усваивают нитраты в процессе ассимиляции, что ведет к синтезу аминокислот и белков, а затем происходит денитрификация, восстанавливающая нитраты до атмосферного азота ( $N_2$ ).

Круговорот серы начинается с окисления серы (S) в сульфаты ( $SO_4^{2-}$ ) через действия микроорганизмов. Затем сульфаты усваиваются растениями для синтеза органических соединений, включая аминокислоты. Завершается цикл минерализацией, при которой органические соединения освобождают сульфаты, возвращая их в экосистему [1].

Несмотря на значимость нитратов и сульфатов для роста растений, их избыток может вызывать серьезные экологические проблемы. Высокие концентрации нитратов приводят к эвтрофикации водоемов, что вызывает бурный рост водорослей и уменьшение содержания кислорода в воде, угрожая жизни водных организмов. Сульфаты, в свою очередь, могут способствовать образованию кислотных дождей, негативно влияя на почву и водные ресурсы, что ведет к ухудшению условий для роста растений и потере биоразнообразия.

В Республике Беларусь для регулирования содержания химических веществ в почве применяются гигиенические и экологические нормативы. Гигиенические нормативы определяют предельно допустимые концентрации (ПДК) для нитратов и сульфатов, что позволяет минимизировать их негативное влияние на экосистему и здоровье человека [2]. Экологические нормативы, такие как ЭкоНиП 17.03.01-001-2021, учитывают различные факторы, такие как тип почвы и агроклиматические условия, что способствует более эффективному управлению качеством почвы и предотвращению загрязнения [3]. На сегодняшний день дифференцированные нормативы используются в Национальной системе мониторинга окружающей среды (НСМОС) в рамках локального мониторинга. Однако для мониторинга почв продолжает применяться оценка по ПДК и ОДК.

В таблице 1 представлены значения нормативов содержания сульфатов и нитратов в почве населенных пунктов [2; 3]. Нормативы предельно допустимых концентраций нитратов и сульфатов в почвах значительно отличаются от разработанных дифференцированных нормативов. В частности, значения ПДК для нитратов (130 мг/кг) и сульфатов (160 мг/кг) оказываются ниже пороговых значений, установленных для низкой степени загрязнения песчаной почвы.

Таблица 1

**Предельно допустимые концентрации и пороговые значения содержания сульфатов и нитратов в почвах (грунтах) населенных пунктов [2; 3]**

Норматив	Степень загрязнения	Почва (грунт)	Нитраты, мг/кг	Сульфаты, мг/кг
ПДК			130	160
Пороговые значения содержания химических веществ группы I в почвах земель населенных пунктов	Низкая	Песчаная	136	214
		Супесчаная	210	330
		Суглинистая	259	408
	Средняя	Песчаная	678	1070
		Супесчаная	1050	1650
		Суглинистая	1290	2040
	Высокая	Песчаная	2710	4270
		Супесчаная	4190	6600
		Суглинистая	5180	8150
	Очень высокая	Песчаная	6780	10700
		Супесчаная	10500	16500
		Суглинистая	12900	20400

Для экологической оценки загрязнения почв населенных пунктов Республики Беларусь был применен коэффициент концентраций:

$$K_c = \frac{C_i}{C_{\text{фон}}},$$

где  $C_i$  – фактическое содержание элемента;  $C_{\text{фон}}$  – геохимический фон.

В качестве фона для оценки загрязнения почв урбанизированных территорий были использованы данные Национальной системы мониторинга окружающей среды для фоновых территорий в разрезе 2000-2023 гг., значения приведены в таблице 2 [4]. Анализ представленных данных показал, что превышений ПДК для нитратов и сульфатов в почвах фоновых территорий не наблюдается ни в одной из областей. Наибольшая концентрация сульфатов зафиксирована в Брестской области (56,83 мг/кг), а нитратов в Витебской области (23,74 мг/кг).

Таблица 2

**Содержание нитратов и сульфатов в почвах фоновых территорий административных областей Республики Беларусь по данным 2000-2023 гг.**

Административная область	Среднее содержание SO <sub>4</sub> , мг/кг	Среднее содержание NO <sub>3</sub> , мг/кг
Брестская	56,83	22,25
Витебская	54,78	23,74
Гомельская	53,71	18,30
Гродненская	48,18	18,08
Минская	49,33	17,32
Могилевская	52,51	20,43
Среднее по Республике	<b>52,53</b>	<b>19,96</b>

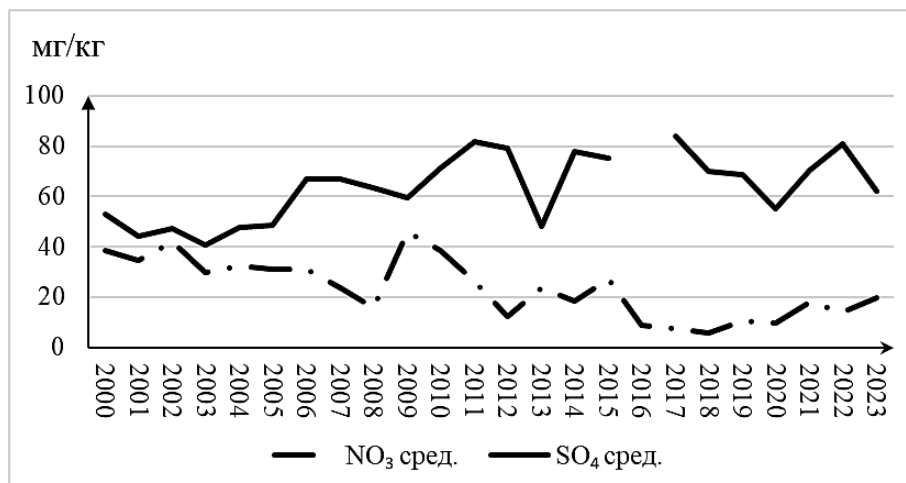
Так же были проанализированы данные НСМОС о концентрациях нитратов и сульфатов в почве населенных пунктов республики с 2000 по 2023 годы, представленные в экологических бюллетенях «Состояние природной среды Беларуси» и Результатах наблюдений НСМОС [4]. За весь этот период были обследованы 51 населённый пункт и проведено 212 измерений.

На 2024 год мониторинг почв осуществляется на территории 34 населенных пунктов, что включает 1056 пунктов наблюдения. С периодичностью 1 раз в 5 лет осуществляется отбор 15–40 проб почвы в год. В ходе наблюдений определяются различные химические параметры почв: тяжелые металлы, сульфаты, нитраты, нефтепродукты, кислотность/основность почвы и другие [5]. В Гомельской области находится 7 городов, в которых производится мониторинг. В Брестской, Гродненской и Минской по 6 городов, в Витебской 5 и Могилевской 4 города.

Обор проб производится согласно «Инструкции о порядке проведения наблюдений за химическим загрязнением земель». Определение химических веществ в отобранных почвенных образцах проводится в аккредитованных лабораториях и центрах.

На рисунке 1 представлены графики изменения среднего содержания нитратов и сульфатов в почве населенных пунктов по областям Республики Беларусь. В 2016 году отсутствуют данные по содержанию сульфатов в почве. Исследования показывают, что средняя концентрация нитратов в исследуемых почвах за рассмотренный период имеют тренд к снижению. Максимальное значение зафиксировано в 2009 г. и составило 45,95 мг/кг, а минимальное в 2018 г. – 5,63 мг/кг. Обратная зависимость наблюдается в отношении сульфатов.

Установлено, средние концентрации сульфатов в почвах имеют тенденцию к увеличению с 2000 г. по 2023 г. Максимум за данный период был установлен в 2017 г. 83,94 мг/кг, а минимум в 2003 г. 40,52 мг/кг.



Динамика содержания нитратов и сульфатов в почве населенных пунктов Республики Беларусь за 2000-2023 гг.

В таблице 3 представлены значения коэффициента концентраций для областей Республики Беларусь. Коэффициенты концентрации сульфатов варьируют от 1,05 в Гомельской области до 1,48 в Гродненской области. Среднее значение по республике составляет 1,19, что указывает на относительно невысокие уровни сульфатов в почвах населенных пунктах относительно фоновых территорий. Коэффициенты концентрации нитратов имеют более выраженные различия, с минимальным значением 0,74 в Брестской области и максимальным значением 1,80 в Гродненской области. Среднее значение по республике составляет 1,26. Высокие коэффициенты установлены для Гомельской (1,64), Гродненской (1,80) и Минской (1,79) областей. Минимальные значения этого показателя (менее 1,0) выявлены для почв населенных пунктов Брестской (0,74) и Могилевской (0,78) областей.

Таблица 3

Коэффициенты концентраций сульфатов и нитратов в почве населенных пунктов для областей Республики Беларусь за 2000-2023 гг.

Административная область	Кс для SO <sub>4</sub>	Кс для NO <sub>3</sub>
Брестская	1,09	0,74
Витебская	1,18	1,15
Гомельская	1,05	1,64
Гродненская	1,48	1,80
Минская	1,26	1,79
Могилевская	1,21	0,78
Среднее по Республике	1,19	1,26

Анализ максимальных концентраций сульфатов и нитратов в почвах населенных пунктов Республики Беларусь за исследуемый период показал, что было зафиксировано превышение ПДК в 26,2 % случаев для сульфатов и в 1,4 % случаев для нитратов. Так, максимальная концентрация сульфатов зафиксированная за весь период обследования составляет 487,0 мг/кг в Новополоцке в 2021 году. Это значение превышает ПДК в 3 раза. Максимальная концентра-

ция нитратов была зафиксирована в 2004 году в городах Светлогорск и Лида и она составила 200 мг/кг, что превышает ПДК в 1,5 раза.

Таким образом, в ходе исследования установлено, что средние концентрации нитратов и сульфатов в почвах фоновых территорий Республики Беларусь за период с 2000 по 2023 годы не превышали предельно допустимых концентраций. Максимальная концентрация сульфатов в почвах этих территорий составила 56,83 мг/кг в Брестской области, максимальное содержание нитратов достигло значений 23,74 мг/кг в Витебской области. Установлено, что содержание нитратов в почвах населенных пунктов за анализируемый период имеет тенденцию к снижению, а сульфатов к увеличению.

Коэффициенты концентрации сульфатов в почвах городов варьируют от 1,05 до 1,48, в то время как этот показатель относительно нитратов был в пределах 0,74-1,80. Зафиксировано превышение ПДК для сульфатов в почвах этих территорий в 26,2 % исследуемых образцов, для нитратов – в 1,4 %.

### **Библиографические ссылки**

1. *Толтешта И. И.* Методологические подходы к расчету критических нагрузок на экосистемы соединений азота и серы: учебно-методическое пособие. Тула, 2014.

2. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25 января 2021 г. № 37 «Об утверждении гигиенических нормативов» [Электронный ресурс] // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100037>. (дата обращения: 16.02.2025.)

3. ЭкоНиП 17.03.01-001-2021 Охрана окружающей среды и природопользование. Земли (в том числе почвы). Нормативы качества окружающей среды. Дифференцированные нормативы содержания химических веществ в почвах и требования к их применению»

4. Мониторинг земель [Электронный ресурс] // Главный информационно-аналитический центр Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь. URL: <https://www.nsmos.by/environmental-monitoring/monitoring-zemel#block-views-block-publikacii-block-2>. (дата обращения: 11.02.2025.)

5. *Смыкович Л. И.* Кадастр и мониторинг земель: краткий курс лекций: в 2 ч. Минск., 2023.