

УДК 613.31:543.3

## СОДЕРЖАНИЕ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ

Щучинов Л.В.<sup>1</sup>, Кац В.Е.<sup>2</sup>, Савенко К.С.<sup>3</sup>, Ивлева Г.П.<sup>1</sup>, Новикова И.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены», г. Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>АО «Алтай-Гео», г. Горно-Алтайск, Россия

<sup>3</sup>ФГБУН ИВЭП СО РАН, г. Барнаул, Россия

Наличие в питьевой воде нитратов, нитритов и аммония выше предельно допустимых концентраций обычно расценивается с экологической точки зрения – как показатель загрязнения водоисточников вследствие увеличения антропогенной нагрузки на окружающую среду, когда загрязнителями выступают сельскохозяйственные азотные удобрения, органические или промышленные отходы. Азотсодержащие соединения обладают токсичным действием на организм человека и животных, вызывая метгемоглобинемию, врожденные уродства, рак различной локализации. Неслучайно в классификации опасных веществ нитриты отнесены ко второму классу опасности (опасные вещества), а нитраты – к третьему классу (умеренно опасные вещества), поэтому при обследовании водных объектов выявление концентраций нитратов, нитритов и аммония входит в число обязательных показателей для оценки экологического состояния экосистем, так как это позволяет выявить причины загрязнения и своевременно разработать меры по охране водоисточников для улучшения качества питьевой воды. Основным ресурсом хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Республики Алтай являются подземные воды, с чем был связан выбор темы.

**Цель работы** – анализ концентраций азотсодержащих соединений в подземных водах Республики Алтай с экологической оценкой полученных результатов.

**Материалы и методы.** В работе анализировали данные лабораторных исследований подземных вод Республики Алтай за период 2015-2024 гг. Все пробы исследовались в аккредитованной лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Алтай» с применением метода капиллярного электрофореза и спектрофотометрического метода. Опробование подземных вод проведено из 719 скважин, расположенных в 10 районах Республики Алтай и

городе Горно-Алтайске. Всего было исследовано на нитраты 8722 пробы воды, нитриты – 6483 пробы, аммоний – 7454 проб. Корреляционный анализ протоколов этих исследований проводили с помощью программы Microsoft Excel.

**Результаты.** В целом в подземных водах Республики Алтай фоновое (среднее) содержание азотсодержащих соединений не превышает предельно допустимых концентраций (ПДК) и составляет для нитратов 15,6 мг/дм<sup>3</sup> (по административным территориям от 4,4 до 33,1 мг/дм<sup>3</sup>), для нитритов – 0,13 мг/дм<sup>3</sup> (0,016-0,38 мг/дм<sup>3</sup>) и аммония – 0,44 мг/дм<sup>3</sup> (0,13-1,68 мг/дм<sup>3</sup>). Между тем за исследованный период периодические или постоянные превышения ПДК фиксировались по нитратам в 25 из 719 скважин (3,5%), по нитритам – в 18 (2,5%), по аммонии – в 56 (7,8%).

**Закключение.** Выявленные превышения нормативов по концентрациям нитритов и нитратов в грунтовых водах, можно рассматривать как потенциально опасные для здоровья человека, особенно для чувствительной группы населения.

**Ключевые слова:** подземные воды, мониторинг, нитраты, нитриты, аммоний, концентрации, экология, здоровье человека, Республика Алтай.

**Для цитирования:** Щучинов Л.В., Кац В.Е.<sup>2</sup>, Савенко К.С., Ивлева Г.П., Новикова И.И. Содержание азотсодержащих соединений в подземных водах республики алтай. Медицина труда и экология человека. 2025; 3: 135-149.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10309>

## CONCENTRATIONS OF NITROGEN COMPOUNDS IN GROUNDWATER OF THE ALTAI REPUBLIC

Shchuchinov L.V.<sup>1</sup>, Kats V.E.<sup>2</sup>, Savenko K.S.<sup>3</sup>, Ivleva G.P.<sup>1</sup>, Novikova I.I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>JSC «Altai-Geo», Gorno-Altai, Russia

<sup>3</sup>Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russia

The presence of high concentrations of nitrates, nitrites and ammonia in drinking water is usually regarded as pollution of water sources with agricultural nitrogen fertilizers, organic or industrial waste. Nitrogen compounds have a toxic effect on the human and

animal body, causing methemoglobinemia, congenital malformations, cancer of various localizations. It is no coincidence that in the classification of hazardous substances, nitrites are classified as the second hazard class (hazardous substances), and nitrates are classified as the third class (moderately hazardous substances). The main resource for domestic and drinking water supply of the population of the Altai Republic is groundwater, which is the reason for the choice of the topic and purpose of the study.

**The aim** of the work is to analyze the concentrations of nitrogen compounds in groundwater of the Altai Republic with an assessment of the results obtained.

**Materials and methods.** The work analyzed laboratory data from studies of groundwater in the Altai Republic, conducted in the accredited laboratory of the Federal Budgetary Institution of Health «Center for Hygiene and Epidemiology in the Altai Republic» using the capillary electrophoresis method and the spectrophotometric method. Groundwater was collected in 2015-2024 in the city of Gorno-Altaiisk and in all 10 districts of the Altai Republic in 719 wells. A total of 8722 water samples were tested for nitrates, 6483 samples for nitrites, and 7454 samples for ammonium. The protocols of these studies were analyzed using Microsoft Excel for graphical plots and identification of correlations.

**Results.** In water sources of the Altai Republic, the background concentrations of nitrogen compounds did not exceed the maximum permissible concentrations and amounted to 15.6 mg/dm<sup>3</sup> for nitrates (from 4.4 to 33.1 mg/dm<sup>3</sup> in administrative territories), 0.13 mg/dm<sup>3</sup> for nitrites (0.016-0.38 mg/dm<sup>3</sup>) and 0.44 mg/dm<sup>3</sup> for ammonium (0.13-1.68 mg/dm<sup>3</sup>). Meanwhile, in some cases, the levels of the listed compounds were high: thus, nitrate concentrations were exceeded in water in 25 out of 719 wells (3.5%), nitrites in 18 wells (2.5%), ammonium in 56 wells (7.8%).

**Conclusion.** The revealed excesses of standards for nitrite and nitrate concentrations in groundwater can be considered as a potential hazard to human health, especially for sensitive groups of the population.

**Keywords:** groundwater, monitoring, nitrates, nitrites, ammonium, concentrations, ecology, human health, Altai Republic.

**For citation:** Shchuchinov L.V., Kats V.E., Savenko K.S., Ivleva G.P., Novikova I.I. Concentrations of nitrogen compounds in groundwater of the Altai republic. *Occupational Health and Human Ecology*. 2025; 3: 135-149.

**Contact author:** Shchuchinov Leonid Vasilievich, Cand. Sc. (Medicine), Leading Researcher, the Novosibirsk Research Institute of Hygiene» of Rospotrebnadzor; Russia, 630108, Novosibirsk, Parkhomenko st., 7. Tel. 89139999221. E-mail: leo2106@mail.ru

**Funding:** the study had no financial support.

**Conflict of interest:** The authors declare no conflict of interest.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10309>

Азотсодержащие соединения (нитраты, нитриты и аммоний) образуются в природе как часть азотного цикла. Круговорот азота происходит постоянно и приводит к образованию азота в атмосфере, в воде, в почве и в живых организмах. Однако при загрязнении питьевых вод сельскохозяйственными удобрениями, органическими или промышленными отходами концентрации азотсодержащих соединений могут вырасти многократно, что способно нанести вред здоровью людей, так как нитриты и нитраты оказывают токсичное действие на организм человека и животных, вызывая метгемоглобинемию [1, 2], врожденные дефекты [3-5], рак различной локализации [6-9]. Неслучайно в классификации опасных веществ нитриты отнесены ко второму классу опасности (опасные вещества), а нитраты – к третьему классу (умеренно опасные вещества). При обследовании водных объектов выявление концентраций аммония, нитритов и нитратов входит в число обязательных показателей для оценки экологического состояния экосистем, так как это позволяет выявить причины загрязнения и своевременно разработать меры по охране водоисточников для улучшения качества питьевой воды. В Республике Алтай основным ресурсом хозяйственно-питьевого водоснабжения населения являются подземные воды. Именно через воду в человеческий организм чаще всего поступают нитраты, так как в ней нитрат-ион  $\text{NO}_3^-$  находится в активном состоянии и легко всасывается в кровь из желудочно-кишечного тракта (в отличие от нитратов, находящихся в пищевых продуктах).

**Цель работы** – анализ концентраций азотсодержащих соединений в подземных водах Республики Алтай с экологической оценкой полученных результатов.

**Материалы и методы.** Анализировали протоколы лабораторных исследований подземных вод, проведенных в аккредитованной лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Алтай» в 2015-2024 гг. Измерения массовой концентрации нитрит-, нитрат-ионов и ионов аммония проводились по методикам ПНД Ф 14.1:2.4.157-99 (издание 2013 г.) и ПНД Ф 14.1:2.4.167-2000 (издание 2011 г.) с применением системы капиллярного электрофореза «Капель-103РТ», а также фотометрическим методом на спектрофотометре КФК-ЗКМ в соответствии с ГОСТ 33045-2014 Вода. Методы определения азотсодержащих веществ. Отбор проб воды осуществляли специалисты АО «Алтай-Гео» из 719

скважин, расположенных во всех административных территориях республики. Кратность отбора составляла от 1 до 10 проб. В целом изучены результаты исследований 8722 проб на содержание нитратов, 6483 проб на содержание нитритов, 7454 проб на содержание аммония. В работе применяли пакет Statistica 16.0 и программы Excel. Использовали параметрические методы и методы корреляционного анализа. Статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$ .

**Результаты.** Анализ 8722 проб подземных вод Республики Алтай, исследованных за последние 10 лет показал, что фоновое содержание нитратов в подземных водах Республики Алтай составило  $15,6 \text{ мг/дм}^3$  при их предельно допустимой концентрации (ПДК) в питьевой воде<sup>20</sup> –  $45 \text{ мг/дм}^3$ . По административным территориям среднее содержание нитратов варьировало от 4,4 до  $33,1 \text{ мг/дм}^3$ , при этом превышение норм было выявлено в 7,3% проб (таблица 1).

**Таблица 1.** Содержание нитратов в подземных водах Республики Алтай (2015-2024),  $\text{мг/дм}^3$

**Table 1.** Concentrations of nitrates in groundwater of the Altai Republic (2015-2024),  $\text{mg/dm}^3$

|    | Административные территории | Исследовано проб |                 |                    | Интервал концентраций | Средняя концентрация |
|----|-----------------------------|------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|----------------------|
|    |                             | Всего            | Из них выше ПДК | Доля нестандартных |                       |                      |
| 1  | г. Горно-Алтайск            | 1476             | 51              | 3,5%               | <0,1-174,4            | $15,4 \pm 2,31$      |
| 2  | Кош-Агачский                | 615              | 29              | 4,7%               | 0,5-265               | $12,0 \pm 1,56$      |
| 3  | Майминский                  | 1269             | 153             | 12,1%              | <0,1-485              | $18,1 \pm 3,08$      |
| 4  | Онгудайский                 | 681              | 36              | 5,3%               | <0,1-135              | $13,1 \pm 2,36$      |
| 5  | Турочакский                 | 563              | 13              | 2,3%               | <0,1-75,7             | $11,6 \pm 1,74$      |
| 6  | Улаганский                  | 569              | 4               | 0,7%               | <0,1-161,4            | $4,4 \pm 0,79$       |
| 7  | Усть-Канский                | 690              | 64              | 9,3%               | <0,1-332              | $18,5 \pm 3,70$      |
| 8  | Усть-Коксинский             | 815              | 13              | 1,6%               | 0,27-155              | $8,7 \pm 1,04$       |
| 9  | Чемальский                  | 916              | 171             | 18,7%              | <0,1-855              | $33,1 \pm 6,62$      |
| 10 | Чойский                     | 404              | 16              | 4,0%               | <0,1-57,9             | $13,4 \pm 1,74$      |
| 11 | Шебалинский                 | 724              | 85              | 11,7%              | <0,1-217              | $23,1 \pm 4,39$      |

<sup>20</sup> СанПин 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

|    |                  |      |     |      |          |           |
|----|------------------|------|-----|------|----------|-----------|
| 12 | Республика Алтай | 8722 | 635 | 7,3% | <0,1-855 | 15,6±2,31 |
|----|------------------|------|-----|------|----------|-----------|

Анализ показал, что в воде 25 скважин содержание нитратов было выше ПДК в 2 и более раз. Больше всего неблагополучных объектов находилось в Чемальском районе – 7 из 25, там же отмечалось самое высокое содержание нитратов в воде одной из скважин с. Элекмонар, где в разные годы концентрация нитратов колебалась от 454 до 855 мг/дм<sup>3</sup>. Остальные 6 скважин Чемальского района, где уровень нитратов в 2-4 раза превышал ПДК, находились в том же селе Элекмонар, по соседству с упомянутой скважиной в частных домовладениях, среди застроенной жилой территории. Здесь отсутствует канализация, а все 7 скважин имеют небольшие глубины (4-10 м) и эксплуатируют водоносный горизонт с хорошо дренируемыми поверхностными грунтами. Это позволяет с большой долей вероятности говорить о загрязнении питьевых вод фильтратом коммунальных стоков из негерметичных выгребов и животноводческими отходами.

Для нитритов ( $\text{NO}_2^-$ ) – самых токсичных из азотсодержащих соединений, в питьевых водах в России установлена ПДК<sup>21</sup> – 3,0 мг/дм<sup>3</sup>. Средняя концентрация по Республике Алтай в целом не превышала норматив (таблица 2).

Исследования показали, что только в единичных пробах из 5 скважин (в г. Горно-Алтайске, в Кош-Агачском, Майминском, Улаганском и Усть-Канском районах) наблюдалось содержание нитритов в 1,5-2 раза превышающее ПДК.

Предельно допустимая концентрация аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) для вод объектов хозяйственного-питьевого и культурно-бытового водопользования составляет 1,5 мг/дм<sup>3</sup> и 2,0 мг/дм<sup>3</sup> (в случае для питьевых систем централизованного водоснабжения). В Республике Алтай при исследовании 7454 проб средняя концентрация аммония в подземных водах составила 0,44 мг/дм<sup>3</sup> (таблица 3).

Высокое содержание аммония было выявлено только в 4 объектах: по 1 скважине – в Кош-Агачском, Майминском, Усть-Коксинском, Чемальском районах.

Следует отметить, что в Республике Алтай 3 водоисточника отличались высокими концентрациями всех азотсодержащих соединений (нитратов, нитритов, аммония): 2 скважины из Чемальского района и 1 скважина из Кош-Агачского района.

<sup>21</sup> СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

**Таблица 2.** Содержание нитритов в подземных водах Республики Алтай (2015-2024), мг/дм<sup>3</sup>**Table 2.** Concentrations of nitrites in groundwater of the Altai Republic (2015-2024), mg/dm<sup>3</sup>

| № п/п | Административные территории | Исследовано проб |                 |                    | Интервал концентраций | Средняя концентрация |
|-------|-----------------------------|------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|----------------------|
|       |                             | Всего            | Из них выше ПДК | Доля нестандартных |                       |                      |
| 1     | г. Горно-Алтайск            | 1117             | 1               | 0,09%              | <0,003-3,58           | 0,14±0,03            |
| 2     | Кош-Агачский                | 396              | 11              | 2,8%               | <0,003-5,95           | 0,06±0,01            |
| 3     | Майминский                  | 849              | 2               | 0,2%               | <0,003-7,72           | 0,14±0,03            |
| 4     | Онгудайский                 | 619              | 0               | 0%                 | <0,003-1,09           | 0,07±0,01            |
| 5     | Турочакский                 | 475              | 0               | 0%                 | <0,003-0,64           | 0,09±0,02            |
| 6     | Улаганский                  | 319              | 2               | 0,6%               | <0,003-5,7            | 0,38±0,06            |
| 7     | Усть-Канский                | 510              | 1               | 0,2%               | <0,003-5,95           | 0,33±0,05            |
| 8     | Усть-Коксинский             | 672              | 0               | 0%                 | <0,003-0,32           | 0,016±0,002          |
| 9     | Чемальский                  | 727              | 0               | 0%                 | <0,003-2,6            | 0,10±0,02            |
| 10    | Чойский                     | 239              | 0               | 0%                 | <0,003-2,04           | 0,03±0,005           |
| 11    | Шебалинский                 | 560              | 0               | 0%                 | <0,003-0,2            | 0,08±0,01            |
| 12    | Республика Алтай            | 6483             | 17              | 0,26%              | <0,003-7,72           | 0,13±0,02            |

**Таблица 3.** Содержание аммония в подземных водах Республики Алтай (2015-2024), мг/дм<sup>3</sup>**Table 3.** Ammonium concentrations in groundwater of the Altai Republic (2015-2024), mg/dm<sup>3</sup>

|    | Административные территории | Исследовано проб |                 |                    | Интервал концентраций | Средняя концентрация |
|----|-----------------------------|------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|----------------------|
|    |                             | Всего            | Из них выше ПДК | Доля нестандартных |                       |                      |
| 1  | г. Горно-Алтайск            | 1362             | 0               | 0%                 | <0,1-1,1              | 0,35±0,05            |
| 2  | Кош-Агачский                | 443              | 50              | 11,3%              | <0,1-19,2             | 1,68±0,32            |
| 3  | Майминский                  | 1021             | 1               | 0,1%               | <0,1-3,65             | 0,38±0,05            |
| 4  | Онгудайский                 | 619              | 0               | 0%                 | <0,1-0,65             | 0,23±0,03            |
| 5  | Турочакский                 | 497              | 0               | 0%                 | <0,1-0,78             | 0,32±0,04            |
| 6  | Улаганский                  | 447              | 0               | 0%                 | <0,1-0,69             | 0,13±0,02            |
| 7  | Усть-Канский                | 573              | 0               | 0%                 | <0,1-0,94             | 0,38±0,05            |
| 8  | Усть-Коксинский             | 826              | 2               | 0,24%              | <0,1-3,42             | 0,47±0,07            |
| 9  | Чемальский                  | 752              | 2               | 0,27%              | <0,1-8,4              | 0,43±0,08            |
| 10 | Чойский                     | 344              | 0               | 0%                 | <0,1-1,22             | 0,34±0,05            |
| 11 | Шебалинский                 | 570              | 0               | 0%                 | <0,1-0,54             | 0,22±0,03            |



|    |                  |      |    |       |           |           |
|----|------------------|------|----|-------|-----------|-----------|
| 12 | Республика Алтай | 7454 | 55 | 0,74% | <0,1-19,2 | 0,44±0,05 |
|----|------------------|------|----|-------|-----------|-----------|

Работая с данными Кош-Агачского района, мы предположили, что немаловажную роль в повышенных концентрациях загрязнителей азотной группы в подземных водах этой территории может играть ее повышенная сейсмическая активность, поэтому провели корреляционный анализ взаимосвязей между уровнями содержания в подземных водах нитрат-ионов ( $\text{NO}_3^-$ ), нитрит-ионов ( $\text{NO}_2^-$ ), ионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) и сейсмическими событиями в Алтае-Саянском горном регионе за период 2001-2024 гг. Установлено, что средние концентрации нитритов и нитратов в подземных водах Кош-Агачского района коррелируют с количеством сейсмических событий, а среднегодовая магнитуда сейсмособытий имеет обратную связь со средними концентрациями нитритов и особенно нитратов (табл. 4).

**Таблица 4.** Значения коэффициента парной корреляции между показателями сейсмической активности и концентрациями азотсодержащих соединений в подземных водах Кош-Агачского района Республики Алтай (2001-2024)

**Table 4.** Values of the pair correlation coefficient between seismic activity indicators and concentrations of nitrates and ammonium in groundwater in the Kosh-Agach district of the Altai Republic (2001-2024)

| n = 24<br>при достоверности 95% критическое значение<br>уровня значимости $r = 0,42$ | Средняя концентрация в пробах |                 |                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|
|                                                                                      | $\text{NO}_3^-$               | $\text{NO}_2^-$ | $\text{NH}_4^+$ |
| Количество сейсмических событий за год                                               | <b>0,57</b>                   | <b>0,50</b>     | -0,36           |
| Среднегодовая магнитуда сейсмособытий                                                | <b>-0,59</b>                  | -0,33           | 0,09            |
| Максимальное в году значение магнитуды                                               | 0,29                          | 0,14            | -0,15           |

Примечание: жирным шрифтом выделены значения коэффициента, отражающие статистически значимые связи между показателями, курсивом – связи близкие к уровню значимости

Note: the coefficient values in bold reflect statistically significant relationships between indicators; relationships close to the significance level are in italics

Вероятно, в подземных водах Кош-Агачского района под влиянием сейсмических событий разной интенсивности может происходить снижение концентраций аммонийного азота на фоне повышения нитратов и нитритов вследствие разбавления и подпитки водоносного горизонта из прилегающих более загрязненных горизонтов.

**Обсуждение.** Нитраты являются наиболее распространенной формой антропогенного азота. В небольших концентрациях он полезен для организма человека, в высоких концентрациях – опасен. Впервые о необходимости введения



нормирования нитратов в воде заговорили еще в 1945 году после публикации Н.Н. Comly о 2 случаях метгемоглобинемии у младенцев, вызванной употреблением колодезной воды с высоким содержанием нитратов – 388 и 619 мг/дм<sup>3</sup> [1]. Вскоре в Чехословакии было проведено исследование 5800 детей, родившихся с 1953 по 1960 годы, при котором водно-нитратная метгемоглобинемия была выявлена у 115 детей, из которых 8% детей умерли, у 52% было тяжелое течение заболевания, и только у 40% детей – легкое. Причиной смертельных исходов была питьевая вода, в которой разводили детские смеси, с содержанием нитратов 70-259 мг/дм<sup>3</sup> [2]. Для детей отравление нитратами особенно опасно, так как нитраты превращаются в более токсичные нитриты с помощью бактерий во рту и в желудке младенца, который имеет более низкую кислотность, чем у взрослых. При этом происходит окисление двухвалентного железа гемоглобина в трехвалентный метгемоглобин, что приводит к потере способности железа связываться с кислородом и углекислым газом. Увеличение метгемоглобина до 20-50% проявляется синюшностью кожных покровов, одышкой, слабостью, тахикардией, в тяжелых случаях возникает потеря сознания и клиническая смерть. Во избежание синдрома «синего ребенка» ВОЗ рекомендует для питьевой воды концентрацию не выше 50 мг/дм<sup>3</sup>. В России предельно допустимая концентрация нитратов в питьевой воде составляет 45 мг/дм<sup>3</sup>, в США – 45 мг/дм<sup>3</sup>, в Европе – 50 мг/дм<sup>3</sup>.

За 80 лет изучения воздействия нитратов на организм человека выявлено, что нитраты при беременности проникают через плаценту и влияют на плод, вызывая аборт и врожденные дефекты [3-5]. Кроме того, нитриты, восстановленные из нитратов, способны реагировать с аминами и амидами, образуя N-нитрозосоединения, приводящие к раку различной локализации [6-9]. Выявлена также связь между нитратами в воде и развитием других заболеваний – диабета, остеопороза, камней в почках, нарушением функций щитовидной железы [10, 11].

Как было сказано выше, из азотсодержащих соединений наиболее опасны нитриты. Иногда попадание нитритов в человеческий организм приводит к смерти. В последние годы большой проблемой общества (и в России, и в мире) стало использование нитрита натрия для суицида [12]. На интернет-платформе Amazon этот токсичный агент продается как противорвотное средство со вложенной инструкцией по самоубийству, где порошок рекомендуют смешивать с водой [13, 14].

Между тем нитрит натрия в России продается без ограничений как пищевая добавка (E250), улучшающая цвет мясных и рыбных изделий. Она также используется как консервант не только при промышленной, но и при домашней засолке, входя в состав нитритно-посолочной смеси (нитритная соль, пеклосоль), где нитрит натрия смешан с поваренной солью.

*Нитриты, поступая в организм человека, провоцируют развитие тех же заболеваний, что и нитраты, в том числе развитие рака [15]. Наиболее уязвимы к токсическому воздействию нитритов маленькие дети, люди пожилого возраста, лица с ослабленным иммунитетом, люди с сопутствующими заболеваниями и вегетарианцы (так как в организм последних нитриты поступают не только с водой, но и с овощами) [16].*

*В России согласно нормам, в воде может содержаться не более 3 мг/дм<sup>3</sup> нитритов<sup>22</sup>. Аналогичный параметр установлен ВОЗ.*

*Для аммония (аммиака) в питьевой воде ВОЗ и Агентство по охране окружающей среды США не рассчитывают санитарной нормативной величины. В руководстве по обеспечению качества питьевой воды Всемирной организации здравоохранения (4-е издание, 2017 г.) [17] отмечается, что аммиак, содержащийся в питьевой воде, не оказывает непосредственного воздействия на здоровье, но может снижать эффективность дезинфекции (вступая в реакцию с хлором образует хлорамины), вызывать образование нитритов в системах распределения, приводить в негодность фильтры, удаляющие марганец, а также создавать проблемы со вкусом (пороговая концентрация вкуса 35 мг/дм<sup>3</sup>) и запахом (пороговая концентрация запаха 1,5 мг/дм<sup>3</sup>) [17,18]. Кроме того, повышенные концентрации аммония в образцах грунтовых вод являются прямым свидетельством их загрязнения сельскохозяйственными или канализационными стоками [19].*

Исследования зарубежных ученых показывают, что естественный фон нитратов или нитритов в подземных водах обычно не высок – от 0 до 2,0 мг [20]. Однако из-за интенсификации сельского хозяйства уровень нитратов растет не только в развивающихся странах, но и во многих европейских, поэтому эффективным способом контроля концентраций нитратов в питьевой воде является предотвращение ее загрязнения: контроль утечек канализации, управление

---

<sup>22</sup> СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

внесением удобрений, правильное хранение навоза животных, просвещение фермеров [21].

При экологической оценке водоисточников нужно учитывать также геологические особенности местности. Существуют территории – нитратные гидрогеологические провинции, где высокое содержание нитратов связано с химическим составом водовмещающих пород, как, например, в Республике Бурятия, где в 17 из 22 районов уровень нитратов в подземных водах превышает ПДК, а 15-летний мониторинг подземных вод (2004-2016 гг.) показал тенденцию к росту [22].

В нашем исследовании наличие неблагополучных водоисточников с повышенными концентрациями нитратов, нитритов и аммония в Республике Алтай, вероятнее всего, не носило природного характера, а было связано с антропогенной деятельностью и загрязнением водоносного горизонта, расположенного близко к поверхности земли. Все неблагополучные скважины находятся в черте сельских населенных пунктов на неканализованных участках частных домовладений, где через грунт происходит фильтрация содержимого выгребов и животноводческих стоков. Косвенно это подтверждается значительными колебаниями в воде концентраций азотсодержащих соединений (в 2-3 раза), выявленные при мониторинговых исследованиях.

Полученные данные по Кош-Агачскому району требуют проведения более детальных исследований, так как позволяют предположить некоторую связь между концентрациями азотистых соединений в подземных водах и сейсмической активностью (количество сейсмособытий и их магнитуда). В 2003 г. здесь произошло самое мощное за всю историю наблюдений в Алтае-Саянском горном регионе землетрясение – «Чуйское» магнитудой 7,3. В некоторых зарубежных статьях описано подобное влияние землетрясений на содержание нитратов в подземных водах [23, 24]. Дальнейшее изучение потенциального воздействия сейсмической деятельности на содержание азотсодержащих веществ в подземных водоисточниках поможет усовершенствовать методы прогнозирования землетрясений в сейсмоактивных регионах.

В целом выполненные исследования фоновое содержание азотсодержащих соединений в подземных водах Республики Алтай за 10-летний период и полученные результаты имеют большую практическую значимость: они позволяют провести экологическую и санитарно-гигиеническую оценку водоисточников, выявить неблагополучные объекты и своевременно провести

мероприятия по предупреждению загрязнения для улучшения качества питьевой воды.

**Заключение.** Проведенный анализ показал, что среднее содержание нитратов в подземных водах Республики Алтай составляет  $15,6 \pm 2,31$  мг/дм<sup>3</sup>, нитритов –  $0,13 \pm 0,02$  мг/дм<sup>3</sup>, аммония –  $0,44 \pm 0,05$  мг/дм<sup>3</sup>. И хотя общий фон азотсодержащих соединений в питьевых водах Республики Алтай благополучен, выявленные превышения нормативов по концентрациям нитритов и нитратов в грунтовых водах отдельных населенных пунктов следует рассматривать как потенциальную опасность для здоровья человека, особенно для чувствительных групп населения, к которым относятся младенцы, маленькие дети, беременные женщины, пожилые люди и люди с ослабленным иммунитетом. Превышение аммония в неблагополучных скважинах можно расценивать как химический индикатор фекального загрязнения. Все объекты с выявленными нестандартными пробами азотсодержащих соединений нуждаются в санитарно-гигиеническом обследовании скважин с целью выявления источников загрязнения для их устранения, или в подключении проблемных домовладений к другим (гарантированно безопасным) источникам питьевого водоснабжения.

### Список литературы:

1. Comly H. Cyanosis in infants caused by nitrates in well water. *Journal of the American Medical Association*. 1945; 129: 112-116.
2. Knotek Z., Schmidt P. Pathogenesis, incidence and possibilities of preventing alimentary nitrate methemoglobinemia in infants. *Pediatrics*. 1964; 34: 78.
3. Sherris A.R., Baiocchi M., Fendorf S., Luby S.P., Yang W., Shaw G.M. Nitrate in drinking water during pregnancy and spontaneous preterm birth: A retrospective within-mother analysis in California. *Environ Health Perspect*. 2021; 129(5): 57001. <https://doi.org/10.1289/EHP8205>.
4. Coffman V.R., Jensen A.S., Trabjerg B.B., Pedersen C.B., Hansen B., Sigsgaard T., et al. Prenatal exposure to nitrate from drinking water and markers of fetal growth restriction: A population-based study of nearly one million Danish-born children. *Environ Health Perspect*. 2021; 129(2): 27002. <https://doi.org/10.1289/EHP7331>.
5. Stayner L.T., Jensen A.S., Schullehner J., Coffman V.R., Trabjerg B.B., Olsen J., et al. Nitrate in drinking water and risk of birth defects: Findings from a cohort study of over one million births in Denmark. *Lancet Reg Health Eur*. 2022; 14: 100286. <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2021.100286>.
6. Schullehner J., Hansen B., Thygesen M., Pedersen C.B., Sigsgaard T. Nitrate in drinking water and colorectal cancer risk: A nationwide population-based cohort study. *Int J Cancer*. 2018; 143(1): 73-79. <https://doi.org/10.1002/ijc.31306>
7. Picetti R., Deeney M., Pastorino S., Miller M.R., Shah A., Leon D.A., et al. Nitrate and nitrite contamination in drinking water and cancer risk: A systematic review with meta-analysis. *Environ Res*. 2022; 210: 112988. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112988>

8. Essien E.E., Said Abasse K., Côté A., Mohamed K. S., Baig M.M.F.A, Habib M., et al. Drinking-water nitrate and cancer risk: A systematic review and meta-analysis. *Arch Environ Occup Health*. 2022; 77(1): 51-67. <https://doi.org/10.1080/19338244.2020.1842313>
9. Barry K.H., Jones R.R., Cantor K.P., Beane Freeman L.E., Wheeler D.C., Baris D., et al. Ingested Nitrate and Nitrite and Bladder Cancer in Northern New England. *Epidemiology*. 2020; 31(1): 136-44. <https://doi.org/10.1097/ede.0000000000001112>
10. World Health Organization. Nitrate and Nitrite in Drinking-Water. Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2011.
11. Бывалец О.А., Зуборева Е.Ю. Метаболизм нитратов в организме человека. *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Физика и химия*. 2013; 2: 82-87.
12. Токмаков К.А., Унжаков В.В., Якимов П.Е., Скирута Д.В. Метгемоглобинемия вследствие отравления нитритом натрия (клиническое наблюдение). *Здравоохранение Дальнего Востока*. 2023; 2: 35-42. <https://doi.org/10.33454/1728-1261-2023-2-35-42>
13. Durão C., Pedrosa F., Dinis-Oliveira R.J. Another suicide by sodium nitrite and multiple drugs: an alarming trend for "exit"? *Forensic Sci Med Pathol*. 2021; 17(2): 362-366. <https://doi.org/10.1007/s12024-020-00340-2>
14. Belanger A. Amazon "suicide kits" have led to teen deaths, according to new lawsuit. - Text: electronic. *ArsTechnica*: [website]. URL: <http://arstechnica.com/techpolicy/> 2022/10/amazon-suicide-kits-have-led-to-teen-deaths-according-to-new-lawsuit/ (available at: 2023.01.18).
15. Vlachou C., Hofstädter D., Rauscher-Gabernig E., Griesbacher A., Fuchs K., König J. Risk assessment of nitrites for the Austrian adult population with probabilistic modelling of the dietary exposure. *Food Chem Toxicol*. 2020; 143: 111480. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111480>
16. Vlachou C., Hofstädter D., Rauscher-Gabernig E., Griesbacher A., Fuchs K., König J. Probabilistic risk assessment of nitrates for Austrian adults and estimation of the magnitude of their conversion into nitrites. *Food Chem Toxicol*. 2020; 145: 111719. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111719>
17. World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality. 4th Edition. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2017: 631 p.
18. United States Environmental Protection Agency. Edition of Drinking Water Standards and Health Advisories, EPA 822-F-18-001. Washington, (USA): Office of Water U.S. EPA; 2018.
19. Matijašević I., Bijelović S., Bobić S., Živadinović E., Lazović M. Ammonium, nitrate and nitrite concentrations in drinking water of the South Bačka district of Vojvodina. *Facta Univ. Ser. Med. Biol*. 2024; 25: 47-54. <https://doi.org/10.22190/FUMB23>
20. Usharani K., Keerthi K.V. Nitrate Bioremoval by Phytotechnology using *Utricularia aurea* Collected from Eutrophic Lake of Theerthamkara, Kerala, India. *Pollution*. 2020; 6(1): 149-157. <https://doi.org/10.22059/poll.2019.288505.676>
21. Yousefi H., Douna, B.K. Risk of Nitrate Residues in Food Products and Drinking Water. *Asian Pacific Journal of Environment and Cancer*. 2023; 6(1): 69-79. <https://doi.org/10.31557/APJEC.2023.6.1.69-79>
22. Трофимович Е.М., Турбинский В.В., Ханхареєв С.С., Логвиненко К.В., Турбинская О.Д. О гигиенической нитратной гидрогеологической провинции. *Гигиена труда и медицинская экология*. 2017; 2(55): 21-28.

23. Claesson L., Skelton A., Graham C., Mörtz C.-M. The timescale and mechanisms of fault sealing and water-rock interaction after an earthquake. *Geofluids*. 2007; 7(4): 427-440. <https://doi.org/10.1111/j.1468-8123.2007.00197.x>.
24. Nakagawa K., Shimada J., Yu Z.-Q., Ide K., Berndtsson R. Effects of the Japanese 2016 Kumamoto Earthquake on Nitrate Content in Groundwater Supply. *Minerals*. 2021; 11(1): 43. <https://doi.org/10.3390/min11010043>.

## References:

1. Comly H. Cyanosis in infants caused by nitrates in well water. *Journal of the American Medical Association*. 1945; 129: 112-116.
2. Knotek Z., Schmidt P. Pathogenesis, incidence and possibilities of preventing alimentary nitrate methemoglobinemia in infants. *Pediatrics*. 1964; 34: 78.
3. Sherris A.R., Baiocchi M., Fendorf S., Luby S.P., Yang W., Shaw G.M. Nitrate in drinking water during pregnancy and spontaneous preterm birth: A retrospective within-mother analysis in California. *Environ Health Perspect*. 2021; 129(5): 57001. <https://doi.org/10.1289/EHP8205>.
4. Coffman V.R., Jensen A.S., Trabjerg B.B., Pedersen C.B., Hansen B., Sigsgaard T., et al. Prenatal exposure to nitrate from drinking water and markers of fetal growth restriction: A population-based study of nearly one million Danish-born children. *Environ Health Perspect*. 2021; 129(2): 27002. <https://doi.org/10.1289/EHP7331>.
5. Stayner L.T., Jensen A.S., Schullehner J., Coffman V.R., Trabjerg B.B., Olsen J., et al. Nitrate in drinking water and risk of birth defects: Findings from a cohort study of over one million births in Denmark. *Lancet Reg Health Eur*. 2022; 14: 100286. <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2021.100286>.
6. Schullehner J., Hansen B., Thygesen M., Pedersen C.B., Sigsgaard T. Nitrate in drinking water and colorectal cancer risk: A nationwide population-based cohort study. *Int J Cancer*. 2018; 143(1): 73-79. <https://doi.org/10.1002/ijc.31306>
7. Picetti R., Deeney M., Pastorino S., Miller M.R., Shah A., Leon D.A., et al. Nitrate and nitrite contamination in drinking water and cancer risk: A systematic review with meta-analysis. *Environ Res*. 2022; 210: 112988. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112988>
8. Essien E.E., Said Abasse K., Côté A., Mohamed K.S., Baig M.M.F.A, Habib M., et al. Drinking-water nitrate and cancer risk: A systematic review and meta-analysis. *Arch Environ Occup Health*. 2022; 77(1): 51-67. <https://doi.org/10.1080/19338244.2020.1842313>
9. Barry K.H., Jones R.R., Cantor K.P., Beane Freeman L.E., Wheeler D.C., Baris D., et al. Ingested Nitrate and Nitrite and Bladder Cancer in Northern New England. *Epidemiology*. 2020; 31(1): 136-44. <https://doi.org/10.1097/ede.0000000000001112>
10. World Health Organization. Nitrate and Nitrite in Drinking-Water. Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2011.
11. Byvalec O.A., Zuboreva E.YU. Metabolizm nitratov v organizme cheloveka. *Izvestiya YUgo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Fizika i himiya*. 2013; 2: 82-87 (In Russ.).



12. Tokmakov K.A., Unzhakov V.V., YAKimov P.E., Skiruta D.V. A clinical case of methemoglobinemia induced by sodium nitrite poisoning. *Zdravoohranenie Dal'nego Vostoka*. 2023; 2: 35-42. <https://doi.org/10.33454/1728-1261-2023-2-35-42> (In Russ.).
13. Durão C., Pedrosa F., Dinis-Oliveira R.J. Another suicide by sodium nitrite and multiple drugs: an alarming trend for "exit"? *Forensic Sci Med Pathol*. 2021; 17(2): 362-366. <https://doi.org/10.1007/s12024-020-00340-2>
14. Belanger A. Amazon "suicide kits" have led to teen deaths, according to new lawsuit. - Text: electronic. *ArsTechnica*: [website]. URL: <http://arstechnica.com/techpolicy/> 2022/10/amazon-suicide-kits-have-led-to-teen-deaths-according-to-new-lawsuit/ (available at: 2023.01.18).
15. Vlachou C., Hofstädter D., Rauscher-Gabernig E., Griesbacher A., Fuchs K., König J. Risk assessment of nitrites for the Austrian adult population with probabilistic modelling of the dietary exposure. *Food Chem Toxicol*. 2020; 143: 111480. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111480>
16. Vlachou C., Hofstädter D., Rauscher-Gabernig E., Griesbacher A., Fuchs K., König J. Probabilistic risk assessment of nitrates for Austrian adults and estimation of the magnitude of their conversion into nitrites. *Food Chem Toxicol*. 2020; 145: 111719. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111719>
17. World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality. 4th Edition. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2017: 631 p.
18. United States Environmental Protection Agency. Edition of Drinking Water Standards and Health Advisories, EPA 822-F-18-001. Washington, (USA): Office of Water U.S. EPA; 2018.
19. Matijašević I., Bijelović S., Bobić S., Živadinović E., Lazović M. Ammonium, nitrate and nitrite concentrations in drinking water of the South Bačka district of Vojvodina. *Facta Univ. Ser. Med. Biol*. 2024; 25: 47-54. <https://doi.org/10.22190/FUMB23>
20. Usharani K., Keerthi K.V. Nitrate Bioremoval by Phytotechnology using *Utricularia aurea* Collected from Eutrophic Lake of Theerthamkara, Kerala, India. *Pollution*. 2020; 6(1): 149-157. <https://doi.org/10.22059/poll.2019.288505.676>
21. Yousefi H., Douna, B.K. Risk of Nitrate Residues in Food Products and Drinking Water. *Asian Pacific Journal of Environment and Cancer*. 2023; 6(1): 69-79. <https://doi.org/10.31557/APJEC.2023.6.1.69-79>
22. Trofimovich E.M., Turbinskij V.V., Hanhareev S.S., Logvinenko K.V., Turbinskaya O.D. About the hygienic nitrate hydrogeological province. *Gigiena truda i medicinskaya ekologiya*. 2017; 2 (55): 21-28 (In Russ.).
23. Claesson L., Skelton A., Graham C., Mörtz C.-M. The timescale and mechanisms of fault sealing and water-rock interaction after an earthquake. *Geofluids*. 2007; 7(4): 427-440. <https://doi.org/10.1111/j.1468-8123.2007.00197.x>.
24. Nakagawa K., Shimada J., Yu Z.-Q., Ide K., Berndtsson R. Effects of the Japanese 2016 Kumamoto Earthquake on Nitrate Content in Groundwater Supply. *Minerals*. 2021; 11(1): 43. <https://doi.org/10.3390/min11010043>.