

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ГРУНТОВЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НИТРАТАМИ

В. Н. Копица¹⁾, Н. А. Юцко¹⁾, В. Л. Алейников¹⁾, Д. И. Петрашкевич¹⁾

¹⁾ Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, ул. Долгобродская, 23/1, 220070, г. Минск, Беларусь, v_kapitsa@iseu.by

На основании официальных статистических данных рассмотрена и проведенных личных исследований проблема загрязнения грунтовых и поверхностных вод нитратами, их источники. Приведены основные показатели загрязнения водных объектов в Республике Беларусь, включая среднегодовые концентрации нитратов и фосфатов в реках и озерах. Методом капиллярного электрофореза были определены концентрации хлорид, нитрит, сульфат, нитрат, фторид, фосфат-ионов в пробах грунтовых вод взятых из неглубоких шахтных колодцев в Вилейском районе Минской области. Дана качественная характеристика состояния грунтовых вод. Установлено, загрязнение нитратами порядка 30 % колодцев.

Ключевые слова: загрязнение воды; нитраты; мониторинг; методы анализа; капиллярный электрофорез; источники загрязнения.

POLLUTION OF GROUND AND SURFACE WATERS WITH NITRATES

U. Kapitsa¹⁾, M. Yutsko¹⁾, V. Aleinikov¹⁾, D. Petrashkevich¹⁾

¹⁾ International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Dolgobrodskaya str., 23/1, 220070, Minsk, Belarus, v_kapitsa@iseu.by

Based on official statistical data and personal research, the problem of ground and surface water pollution with nitrates and their sources is considered. The main indicators of water pollution in the Republic of Belarus are given, including average annual concentrations of nitrates and phosphates in rivers and lakes. Concentrations of chloride, nitrite, sulfate, nitrate, fluoride, and phosphate ions in groundwater samples from shallow shaft wells in the Vileika district of the Minsk region were determined by capillary electrophoresis. A qualitative characteristic of the groundwater condition is given. It was found that about 30 % of wells are contaminated with nitrates.

Keywords: water pollution; nitrates; monitoring; methods of analysis capillary electrophoresis; pollution sources.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2025-2-103-107>

Нитратное загрязнение водоемов представляет серьезную экологическую проблему, связанную с интенсификацией сельского хозяйства, нерациональным использованием удобрений и отходами животноводческих комплексов. Попадание нитратов в водную среду оказывает негативное влияние на экосистемы и может представлять угрозу для здоровья населения.

Основными источниками нитратов в поверхностных и грунтовых водах являются:

- Минеральные удобрения, используемые в сельском хозяйстве;
- Навоз и другие органические удобрения;
- Сточные воды промышленных и бытовых предприятий;
- Атмосферные осадки, содержащие соединения азота.

Нитраты попадают в водные объекты в результате вымывания из почвы, инфильтрации дождевых и талых вод, а также прямого сброса загрязненных стоков. В грунтовых водах ни-

траты могут накапливаться из-за их высокой растворимости, слабой сорбции в почвенном слое, а также отсутствия самоочистки в грунтовых водах.

Избыток нитратов в природных водах может привести к различным негативным явлениям, среди которых выделяют:

- эвтрофикацию водоемов, что вызывает массовое цветение водорослей и ухудшение качества воды снижения концентрации кислорода в воде;

- угрозе для здоровья человека, так как нитраты могут вызывать метгемоглобинемию («синдром голубого младенца») и быть предшественниками канцерогенных нитрозаминов;

Нормирование безопасного содержания нитратов в воде осуществляется СанПиН Беларуси в поверхностных водных объектах ПДК нитратов – 40,0 мг NO₃/л, в питьевой воде (в подземных водных объектах) ПДК нитратов – не более 45,0 мг NO₃/л [1].

На основании данных Государственного комитета по статистике [2], были проанализированы результаты мониторинга поверхностных и грунтовых вод в бассейнах крупных рек Беларуси по оценке содержания нитратов (28 водоёмов, а также по станциям мониторинга подземных вод в границах бассейнов рек Двина, Западная Днепр, Западный Буг, Неман и Припять.)

Анализ вышеуказанных данных показал, что в поверхностных водоемах концентрация нитратов не превышает ПДК (в реках концентрация нитрат-ионов варьировала от 3,23 до 11,47 мг/л, а в озерах – с 0,09 до 15,23 мг /л за период наблюдения с 2005 по 2023 гг). Объяснение низкому содержанию нитратов в поверхностных водах можно найти в том, что нитраты быстро перехватываются растениями, сине-зелёными и другими водорослями, как источник питания, за счёт чего и возникает эвтрофикация.

Анализ официальных данных по содержанию нитратов в грунтовых водах показал наличие превышения нитратов в отдельных пробах по максимальным значениям. В среднем по Беларуси превышение показано в 11,7 % источников, хотя по отдельным бассейнам (Неманский) достигало 30 %.

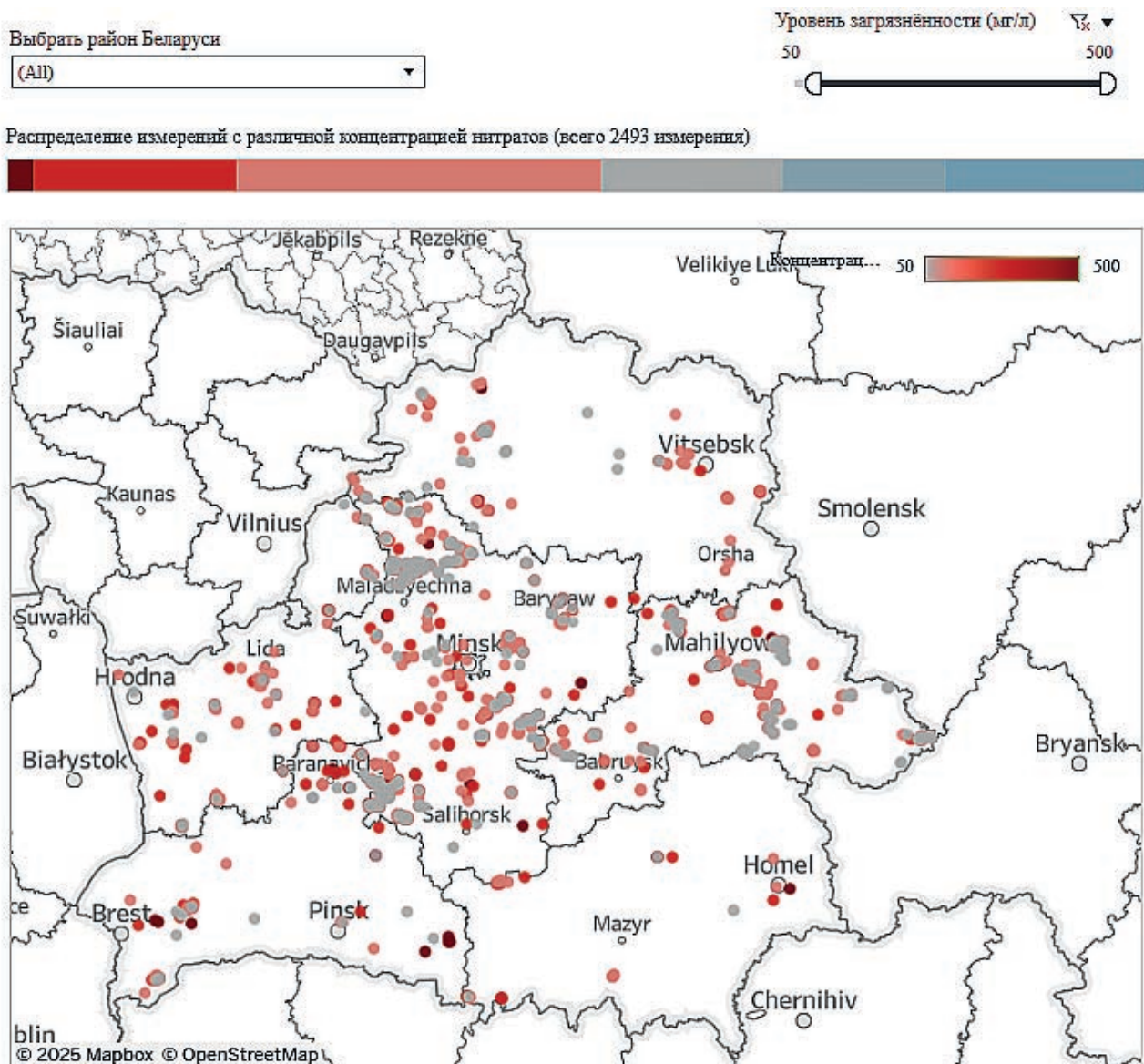
В период 2010 по 2016 гг. в Беларуси проводился проект при поддержке Минприроды по оценке содержания нитратов в грунтовых водах с использованием экспресс-метода определения (тест-полоски). К участию в определении было привлечено большое количество школ различных регионов Беларуси. В результате удалось обеспечить не только большой охват территории страны, но и классифицировать источники воды, из которых шел отбор проб. Источники нецентрализованного водоснабжения были разделены на скважины, колонки, шахтные колодцы, родники (криницы). Результаты исследований наносились на карту Беларуси на специально созданном в рамках проекта сайте watercontrol.by [3].

Сводные результаты выполненных анализов представлены на рисунке 1. Причем была возможность отсементировать точки отбора проб, где результаты анализа превысили норматив качества содержания нитратов в питьевой воде (45 мг/л [1]).

Данные проекта показали довольно высокое распространение источников с повышенным содержанием нитратов в воде. Причем превышение варьировало в больших пределах (от 46 до 500 мг/л) даже в пределах одного региона (рис.1).

Статистика проекта Watercontrol.by позволяет вывести некоторые закономерности: в колонках, криницах и глубоких колодцах содержание нитратов, как правило, меньше чем в неглубоких и шахтных колодцах [3].

Анализ данных, выполненный участниками проекта, показал, что максимальные показатели по содержанию нитратов, находились в местах влияния полей с интенсивным земледелием, а значит и высоким уровнем использования селитры, зонах воздействия животноводческих ферм, местах неправильного хранения удобрений или навоза.



По данным сайта Водный контроль (watercontrol.by) на 24.03.2016. Инфографика Татьяны Кузнецовой, ecoidea.by.

Рис. 1. Содержание нитратов в грунтовых водах Беларуси (включая все источники нецентрализованного водоснабжения) с превышением ПДК (45 мг/л) [3]

Методы определения идентификации нитратов в воде

Существует несколько методов для определения содержания нитратов в воде. Вот некоторые из них:

1. **Колориметрический метод с фенолдисульфокислотой:** Этот метод основан на реакции между нитратами и фенолдисульфоновой кислотой, в результате которой образуются нитропроизводные фенола, окрашенные в желтый цвет.
2. **Ионная хроматография:** Этот метод позволяет разделять и определять ионы нитратов в воде с помощью хроматографической колонки и детектора.
3. **Электрохимические методы:** Включают использование ионоселективных электродов для измерения концентрации нитратов в воде.
4. **Метод восстановления кадмия:** В этом методе нитраты восстанавливаются до нитритов с помощью кадмия, а затем определяются с помощью колориметрического анализа.

5. Капиллярный электрофорез (КЭ) – это метод разделения и анализа ионов и молекул, основанный на их движении в электрическом поле через тонкий капилляр, заполненный электролитом. Этот метод используется для разделения веществ по их заряду и размеру.

Метод капиллярного электрофореза (КЭФ) – инструментальный метод анализа, основанный на различии подвижности компонентов в электрическом поле внутри кварцевого капилляра.

Основные принципы метода:

- Компоненты разделяются по заряду и массе под воздействием электрического поля.
- Электроосмотический поток (ЭОП) способствует перемещению жидкости внутри капилляра.
- Полученная электрофореграмма отображает пики веществ, позволяя их идентифицировать и количественно определить [4].

Преимущества КЭФ:

- Высокая эффективность разделения по сравнению с высокоэффективной жидкостной хроматографией (ВЭЖХ).
- Малый расход реагентов.
- Быстрота анализа.
- Простая и автоматизированная аппаратура.
- возможность одновременного определения содержания нескольких анионов (NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , Cl^- , F^-).

Оборудование:

- Кварцевый капилляр.
- Источник высокого напряжения (до 30 кВ).
- Детектор, чаще всего УФ-спектрофотометр.
- Система обработки данных.

Применение:

- Экологический мониторинг (анализ воды на катионы, анионы).
- Пищевая промышленность (определение консервантов, витаминов, подлинности продуктов).
- Фармацевтика и медицина (анализ лекарств, биологических жидкостей).
- Судебная экспертиза (анализ наркотиков, взрывчатых веществ).
- Научные исследования [4].

Аппараты серии «Капель»:

Компания «Люмэкс» разработала несколько модификаций приборов КЭФ, отличающихся по типу детектора, методу охлаждения капилляра, автоматизации подачи проб и обработке данных.

Таким образом, капиллярный электрофорез является современным, точным и эффективным методом анализа, широко применяемым в различных областях науки и промышленности.

В МГЭИ им. А.Д.Сахарова БГУ были проведены исследования содержания анионного состава воды и источников нецентрализованного водоснабжения (колодцы, крыницы, колонки в сельской местности) с использованием метода капиллярного электрофореза. Отбор проб проводился в Вилейском, Логойском, Могилевском районах.

Наши исследования, проведенные с использованием прибора капиллярного электрофореза «Капель 105», показали, что в сельских колодцах основными загрязнителями воды могут быть нитраты и, в гораздо меньшем количестве, нитриты. Загрязнение нитратами в Вилейском районе зарегистрировано более, чем в 30 % колодцев. В то же время, содержание хлоридов, фосфатов, сульфатов не превышало ПДК, а содержание фторидов – было ниже необходимой для человека нормы (0,5 мг/л) в 2-3 раза [5].

Практически все исследуемые колодцы находились вблизи или непосредственно на приусадебном участке. Поэтому близкое расположение колодцев к сельскохозяйственным постройкам может также быть причиной высокого содержания нитратов и нитритов. Доказательством наличия такого воздействия является и то, что во взятых для сравнения образцах воды из священных источниках в Логойске (Минская область) и Палыковичской крыницы, что под Могилевом (памятники природы), превышения содержания нитратов не обнаружено (ниже ПДК в 5 раз) [5].

Библиографические ссылки

1. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества Санитарные правила и нормы СанПиН 10-124 РБ 99 // Постановление Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь 19.10.1999 № 46
2. Биогенные вещества в пресной воде [Электронный ресурс]. URL: www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayushchaya-sreda/sovместnaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii2/c-vodnye-resursy/c-11-biogenные-veschestva-v-rechnoi-vode/ (дата обращения 12.02.2025).
3. Сколько нитратов в белорусской воде [Электронный ресурс]. UR: <https://ecoidea.me/ru/article/1316> (дата обращения 12.02.2025).
4. Современные методы лабораторных физико-химических исследований: лабораторный практикум / Копица В.Н. и др. Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2013. 64 с
5. Копица В.Н., Попкова Е.Н. Состояние грунтовых вод // Техника безопасности. 2009. №5. С. 27-30.