

**С.С. Гавриченкова, А.Н. Хотько**

Белорусский государственный колледж промышленности  
строительных материалов  
Минск, Беларусь

## **ХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КОМПОНЕНТОВ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

***Аннотация.** В данной статье приводятся результаты определения содержания неорганических ионов, обуславливающих нитратное загрязнение природных вод. Описана методика количественной идентификации и определения концентрации анализируемых компонентов, используя метод капиллярного электрофореза.*

**Sv.S. Haurychenkava, A.N. Khatsko**

Belarusian State College of Building Materials Industry  
Minsk, Belarus

## **CHEMICAL MONITORING OF COMPONENTS OF AQUATIC ECOSYSTEMS**

***Abstract.** This article presents the results of determining the content of inorganic ions that cause nitrate pollution of natural waters. The method of quantitative identification and determination of the concentration of the analyzed components using the method of capillary electrophoresis is described.*

**Введение.** Химический мониторинг водных экосистем представляет собой систему наблюдений, включающий оценку состояния, анализ и прогноз изменений под воздействием природных и антропогенных факторов. На современном этапе основу мониторинга составляют химические методы контроля. При проектировании системы химического мониторинга необходимо учитывать многокомпонентный состав природного объекта, влияние матрицы, концентрации и состояния анализируемых веществ [1].

В настоящее время проблема загрязнения окружающей среды, особенно природных вод, является актуальной, так как вода представляет собой один из уникальных ресурсов. Качество воды – важнейший фактор, влияющий на здоровье населения. При этом практически не осталось природных вод, которые в той или иной степени не оказались под влиянием антропогенного воздействия. Ежедневно в реки сбрасывается огромное количество промышленных и бытовых сточных вод, что приводит к нарушению природного состава воды, изменению соотношения основных солевых

компонентов, увеличению показателей, характеризующих содержание химических загрязняющих веществ [2].

Для проведения экологических исследований актуально определение в природных водах неорганических ионов, имеющих как природное, так и антропогенное происхождение. Одним из таких видов загрязнений выступает нитратное загрязнение. В поверхностных водах аммонийный азот находится главным образом в виде ионов аммония и недиссоциированных молекул  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

Присутствие в незагрязненных поверхностных водах ионов аммония связано с процессами деградации белковых веществ, дезаминирования аминокислот, разложением мочевины. Увеличение концентрации ионов аммония наблюдается поэтому в периоды отмирания водных организмов, особенно в зонах их скопления: в придонном сливе водоема, в слоях повышенной плотности фито- и бактериопланктона. Ионы аммония могут образовываться в результате анаэробных процессов восстановления нитратов и нитритов. Значительное количество ионов аммония поступает в природные воды с атмосферными осадками. Высокие концентрации ионов аммония характерны для поступающих в водоемы сточных вод и промышленных стоков предприятий пищевой, коксохимической, лесохимической и химической промышленности.

Нитриты появляются в воде главным образом в результате биохимического окисления аммиака или восстановления нитратов. В поверхностных водах нитраты обычно присутствуют в заметных количествах за исключением периода интенсивного развития фитопланктона в водоемах, когда содержание нитратов может падать до исчезающе малых величин.

Известно, что в связи с высокой растворимостью нитратных солей при высоком содержании нитрат-иона, может отличаться и высокое содержание таких катионов, как натрий, калий, кальций и магний [3].

Сведения об изменениях в концентрации нитратов и соотношений между концентрациями остальных форм азота могут быть использованы для характеристики интенсивности процессов самоочищения и самоочищающей способности водоемов [3].

В современной практике для одновременного определения группы химических веществ предпочтение отдано методам с разделением, среди которых наибольшую эффективность в сочетании с экспрессностью, экономичностью и доступностью оборудования обеспечивает метод капиллярного электрофореза (КЭФ) [4]. Однако природные воды по химическому составу представляют собой

многокомпонентные системы. Поэтому усовершенствование методики контроля качества природных вод, обеспечивающих высокую избирательность анализа и низкий предел обнаружения веществ-аналитов, является актуальной задачей.

Цель работы- алгоритмизация процесса экологического мониторинга природных вод, используя экспресс метод капиллярного электрофореза.

**Методика эксперимента.** Измерения проводились на приборе «Капель-103Р» - системе капиллярного электрофореза, оборудованной ультрафиолетовым детектором с длиной волны лампы 254 нм, кварцевым капилляром длиной 0,5 м и внутренним диаметром 75 мкм.

Ввод пробы в капилляр системы КЭФ осуществлялся пневматическим методом под давлением 30 мбар в течение 5 секунд. К концам капилляра подавалось электрическое поле напряжением 10 кВ, время анализа составляло 10 минут. Применялся буферный раствор следующего состава: 6 ммоль·дм<sup>-3</sup> бензимидазола, 2,5 ммоль·дм<sup>-3</sup> винной кислоты и 2,0 ммоль·дм<sup>-3</sup> 18-краун-6 эфира. Перед каждым измерением капилляр в течение 2 мин последовательно промывался 1 М HCl; H<sub>2</sub>O; 0,5 М NaOH; H<sub>2</sub>O и рабочим буферным раствором.

Градуировка системы «Капель-103Р» проводилась методом внешнего стандарта согласно методике [4]. Идентификацию ионов методом КЭФ проводили по времени удерживания. Условия регистрации электрофореграмм анализируемых проб соответствовали условиям регистрации электрофореграмм градуировочных растворов.

Концентрацию компонентов в пробе вычисляли по формуле:

$$X = X_{\text{изм}} \times K_1$$

где: X - концентрация компонента в пробе, мг/дм<sup>3</sup>;

X<sub>изм</sub> - измеренная концентрация компонента по градуировочному графику, мг/дм<sup>3</sup>;

K<sub>1</sub> - коэффициент разбавления пробы дистиллированной водой

За результат измерения содержания компонентов в пробе принимали среднее арифметическое значение результатов n=2 параллельных определений, для которых выполняется условие:

$$X_{\text{max}} - X_{\text{min}} \leq 0,01 \cdot X \cdot r$$

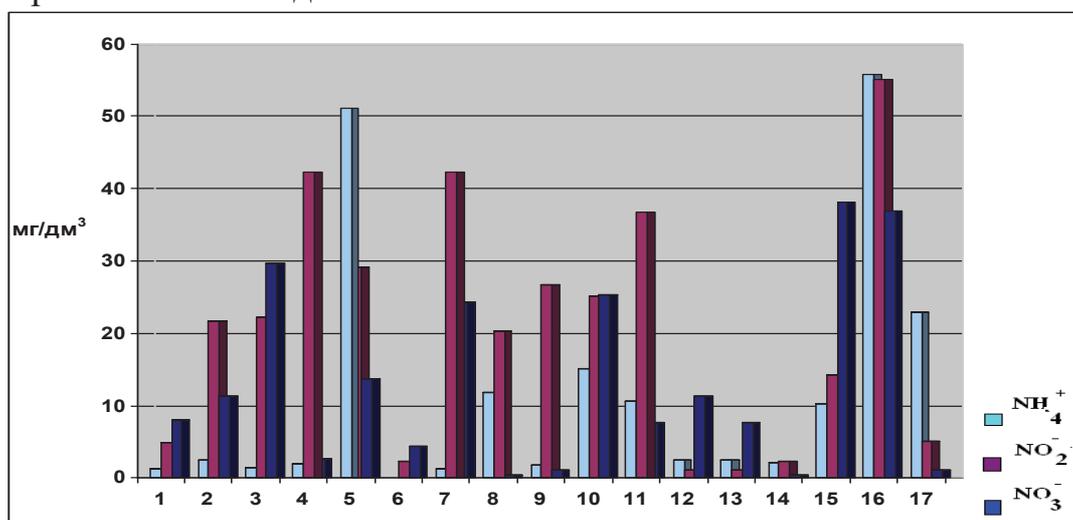
где X<sub>max</sub>- больший результат параллельного определения, мг/дм<sup>3</sup>;

X<sub>min</sub>- меньший результат параллельного определения, мг/дм<sup>3</sup>;

X-среднее арифметическое результатов параллельных определений, мг/дм<sup>3</sup>; r –значение предела повторяемости

**Результаты и их обсуждение.** В ходе проведения анализа колебаний показателей, характеризующих загрязнение химическими

веществами (рис. 1, таблица 1), выявлено, что загрязнение природных вод отдельными неорганическими экотоксикантами является причиной антропогенного воздействия.



**Рис. 1 - Содержание компонентов нитратного загрязнения в природной воде**  
 1-Брестская область, озеро Селец                      9-Витебская область, река Оршица

- |  |  |
|--|--|
| 2-Витебская область, Браславский район, озеро Снуды      | 10-Гомельская область, река Сож                  |
| 3-Речицкий район, озеро Ведрич                           | 11-Минская область, Копыльский район, река Случь |
| 4-Гродненская область, Кореличский район, озеро Рута     | 12-Минск, река Свислочь                          |
| 5-Могилевская область, озеро Чигиринское                 | 13-Минск, река Цна                               |
| 6-Минская область, Логойский район, озеро Великое        | 14-Минск, река Птичь                             |
| 7-Минская область, Червенский район, озеро Петровическое | 15-Минский район, п.Зеленое, ручей               |
| 8-Минск, Комсомольское озеро                             | 16-Минск, Веснянка, ручей                        |
|  | 17-Талая вода, река Свислочь                     |

**Таблица 1 -Содержание анализируемых компонентов в природных водах Республики Беларусь, мг/дм<sup>3</sup>**

Регион, источник	Компоненты						
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
<b>ПДК, мг/дм<sup>3</sup></b>	<b>0,5</b>	<b>20</b>	<b>200</b>	<b>10</b>	<b>50</b>	<b>0,08</b>	<b>45</b>
Брестская обл., озеро Селец	1,18	3,48	66,77	18,58	91,15	4,87	8,018
Витебская обл., река Оршица	1,77	0,25	12,41	46,1	107,5	26,71	1,15
Гомельская область, река Сож	15,15	0,26	15,33	17,45	121,2	25,1	25,24
Гродненская обл., озеро Рута	2,02	5,94	10,38	44,0	168,8	42,31	2,6
Минская область Копыльск.р. Река Случь	10,61	-	7,4	39,43	131,0	36,77	7,75
Могилевская область Озеро Чигиринское	51,2	-	63,02	31,86	103,8	29,06	13,8

Минск, Комсомольское озеро	11,8	3,96	14,6	22,15	56,09	20,3	0,44
Минск, река Свислочь	2,41	-	10,14	23,79	56,04	1,05	11,32
Минск, Веснянка, Ручей	55,8	-	97,3	61,04	98,5	55,15	37,0
Минская область Логойск, озеро Великое	-	1,1	5,9	13,2	74,0	2,3	4,44
Минский район, водохранилище Гонолес	10,2	5,17	9,13	31,35	135,56	14,2	38,01

В результате проведения исследований установили:

1. Наиболее существенным выступает нитратное загрязнение (ионы  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  и  $\text{NO}_3^-$ ), природных вод Гомельской, Могилевской и Минской областей. Город Минск выступает самым мощным локальным источником химического загрязнения, являясь крупным промышленным и урбанизированным центром.

2. В водах озер (рисунок 1), выявлено повышенное содержание ионов аммония и нитрит ионов, в отличие от вод рек. Это объясняется динамичностью, отсутствием застоя и процессов эвтрофикации в речных водах. Присутствие в поверхностных водах рек и озер ионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) естественного происхождения, связано с процессами деградации белковых веществ, разложением мочевины.

3. Отмечается превышение норм ПДК по содержанию щелочноземельных катионов.

Таким образом разработан алгоритм экспрессного непрерывного систематического мониторинга водных источников, включая методику проботбора и капельного анализа для идентификации компонентов, выступающих загрязнителями.

#### Список использованных источников

1. Ясовеев, М.Г. Водные ресурсы Республики Беларусь / М.Г. Ясовеев, О.В. Шершнева, И.И. Кирвель. – Минск, 2005. -83-100, 177-186 с.
2. Комарова, Н.В. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «Капель» / Н.В. Комарова, Я.С. Каменцев. - Санкт-Петербург, 2006. – С. 212.
3. Злобина В.Л. Проблемы оптимизации мониторинга подземных вод // Водные ресурсы, 2011, № 3. С.205-206.
4. Беленький В. Г. Высокоэффективный капиллярный электрофорез. СПб.: «Веда», 2009. – С. 52-58.