

УДК 628.16

## ПРИЧИНЫ ПОСТУПЛЕНИЯ АММОНИЙНОГО АЗОТА В ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

**В. А. КАЧИНА, Ю. В. ПУТРОВА**  
(Представлено: Е. С. ВЕЛЮГО)

В статье проводится анализ качества подземных вод Республики Беларусь. Автор описывает геохимические процессы, особенности появления и преобразования аммонийного азота в подземных водах, а также природные и техногенные факторы загрязнения подземных вод.

**Введение.** Последние несколько лет основной проблемой природных вод Республики Беларусь является существенное увеличение концентрации аммонийного азота. Высокие концентрации аммонийного азота, нитритов и нитратов в воде могут показывать на ухудшение санитарного состояния водного объекта. Кроме того, азотные загрязнители воды в больших концентрациях отрицательно воздействуют на человека и остальные виды живых организмов. Опасен аммонийный азот тем, что и его ион, и восстановленная форма (аммиак  $\text{NH}_3$ ) способны вступать в реакцию с белками, вызывая их денатурацию. Например, такой белок как гемоглобин, в результате действия этого токсина теряет способность переносить кислород. При регулярном поступлении в организм живого существа ионов аммония и аммиака проявляются ацидоз и нарушение кислотно-щелочного баланса, поражения печени, нарушения в работе центральной нервной и сосудистой систем.

Тем не менее, некоторое наличие аммиака и аммоний-ионов желательно в природных водах в небольшой концентрации, поскольку они являются участниками биологического круговорота веществ – азотного цикла.

Именно поэтому важно следить за изменением концентраций загрязняющих веществ в природных водах.

**Основная часть.** В природных водах азот выступает в следующих основных формах: в виде иона аммония  $\text{NH}_4^+$ , нитрит-ионов  $\text{NO}_2^-$ , нитрат-ионов  $\text{NO}_3^-$  и в составе органических соединений.

Белорусским научно-исследовательским геологоразведочным институтом контроль и мониторинг качества подземных вод проводится ежегодно (таблица 1).

Таблица 1. – Характеристика подземных вод западной части Витебского региона\*

Наименование показателей	Значение показателей	
	грунтовые воды	артезианские воды
$\text{NH}_4^+$ (ПДК=2,0 мг/дм <sup>3</sup> )	0,5-3,0	0,02-3,5
Нитриты $\text{NO}_2^-$ (ПДК=3,0 мг/дм <sup>3</sup> )	0,3-4,5	0,3-1,5
Нитраты $\text{NO}_3^-$ (ПДК=45 мг/дм <sup>3</sup> )	5-50	2-30

\*Источник: мониторинг подземных вод - ежегодные отчеты национальной системы мониторинга окружающей среды (за период 2010-2020 гг).

По оценке результатов мониторинга выше нормативных значений содержится аммиак в различных формах, что может влиять на выбор технологии обработки воды. Повышение концентрации ионов аммония и нитритов указывает на «свежее» загрязнение, в то время как увеличение содержания нитратов — на загрязнение в предшествующее время.

Основные причины биогенного загрязнения водных объектов, следующие:

- отсутствие или высокий физический износ очистных сооружений (в том числе локальных).
- недостаточная степень внедрения современных технологий на очистных сооружениях.
- отсутствие или низкий технический уровень систем дождевой канализации на предприятиях, а также в ряде малых городов.
- ухудшение экологического состояния водных объектов и прибрежных территорий в местах массового отдыха.
- превышение норм допустимых рекреационных нагрузок в ряде действующих зон отдыха на водных объектах при недостаточном использовании рекреационного потенциала других водных объектов.
- недостаточность контроля при строительстве в поймах рек. Нарушение режима водоохраных зон.
- не в полной мере урегулированы вопросы использования трансграничных вод и сотрудничества по транзитным водотокам в период паводков и половодий.

- неудовлетворительное состояние водосборов ряда малых рек, особенно на урбанизированных территориях.
- сложности в оценке текущего состояния водных объектов из-за ограниченного доступа к данным мониторинга [1].

Источником азотного загрязнения подземных вод могут являться: неочищенные хозяйственно-бытовые, производственные и сельскохозяйственные стоки, дождевые и талые воды с сельскохозяйственных полей, разложение белковых веществ и мочевины при анаэробном восстановлении нитратов и нитритов. К антропогенным источникам поступления аммонийного азота в подземную среду относятся сельскохозяйственные удобрения, системы септиков и захоронение отходов животноводства.

Состояние подземных вод во многом зависит от содержания в них биогенных элементов соединений азота и фосфора. Скопление белкового азота подвержено аммонификации, и этот процесс разлагает белки до аммонийного состояния. При окислении аммонийный азот высвобождается в виде аммиака. Далее он окисляется до состояния нитритов и затем нитратов, или же повторно участвует в уже новом синтезе [1].

Азот аммонийный образуется в незагрязненных поверхностных водах в результате процессов биохимической деградации белковых веществ и дезаминирования аминокислот.

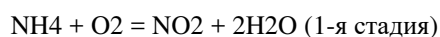
Азот нитратный образуется в незагрязненных поверхностных водах в результате процессов нитрификации ионов аммония в аэробных условиях. Уменьшение концентраций в воде связано с потреблением фитопланктоном.

Азот нитритный представляет собой промежуточную ступень в цепи процессов окисления аммония до нитратов (в аэробных условиях) и восстановления нитратов до азота и аммиака (в анаэробных условиях). Данная форма азота активно образуется в условиях станций аэрации, системах водоснабжения, используется в качестве ингибитора коррозии в процессах водоподготовки технологической воды и может попадать в системы хозяйственно-питьевого водоснабжения. Повышенное содержание в воде указывает на усиление процессов разложения органических веществ в условиях медленного окисления (при малом количестве кислорода), что указывает на загрязнение водного объекта, т.е. является важным санитарным показателем.

Сезонные колебания концентрации ионов аммония характеризуются обычно понижением весной и в начале лета, в период интенсивной фотосинтетической деятельности фитопланктона, и повышением в конце лета - начале осени при усилении процессов бактериального разложения органического вещества в периоды отмирания водных организмов, особенно в зонах их скопления: в придонном слое водоема, в слоях повышенной плотности фито- и бактериопланктона. В осенне-зимний период повышенное содержание ионов аммония связано с продолжающейся минерализацией органических веществ в условиях слабого потребления ионов аммония фитопланктоном и уменьшения скорости их биохимического окисления из-за низких температур [2].

В Республике Беларусь для воды хозяйственно-питьевого водоснабжения согласно СанПиН 10.124-99 приняты следующие ПДК: аммонийный азот  $\leq 2$  мг/дм<sup>3</sup>, нитриты  $\leq 2$  мг/дм<sup>3</sup>, нитраты  $\leq 45$  мг/дм<sup>3</sup> [3].

Удаление аммонийного азота достигается аэрацией в щелочной среде, обратным осмосом или ионным обменом на клиноптилолите (глинистая основа). В подземных водах удаление происходит аэрацией с применением окислителей, известкованием и биологической нитрификацией с дальнейшим фильтрованием в скорых фильтрах. В результате аммонийный азот окисляется в нитриты в нитраты, этот процесс является двухстадийным (происходит снижение азота аммония) [4]:



Аммонийные соединения окисляются бактериями родов: *Nitrosomonas*, *Nitrospira*, *Nitrosococcus*, *Nitrosolobus* (первая фаза) до нитритов. Затем нитрит-ионы окисляются бактериями родов: *Nitrobacter*, *Nitrospina*, *Nitrosococcus* (вторая фаза) до нитратов. При биологическом окислении аммонийного азота до нитритов расходуется 3,43 мгО<sub>2</sub>/мг, а нитратов – 4,6 мгО<sub>2</sub>/мг, с образованием 0,09 мг биомассы [5].

Скорость процесса изъятия аммонийного азота зависит от его содержания в исходной воде, температуры (>5 °С), pH среды (желательно более восьми, возможно применение известкования) и растворенного в воде кислорода [6, 7].

Проведенный сравнительный анализ очистки подземных вод от аммонийного азота и общего железа в отсутствие соединений марганца показывает, что аэрационные методы с последующим фильтрованием не всегда дают положительные результаты, т.к. весь кислород воздуха расходуется на окисление железа и частичного снижения окисляемости. Кроме того, применение двухслойной загрузки песок сов-

местно с сорбентом АС в фильтрах дает стабильный высокий эффект удаления железа и перманганатной окисляемости, но также без снижения аммония[8].

**Заключение.** Проанализировав причины и факторы загрязнения подземных вод аммонийным азотом с учетом его гидрогеохимических особенностей на территории Республики Беларусь, можно сделать следующие выводы:

– в процессе эксплуатации водозаборных сооружений качество извлекаемых подземных вод ухудшается. Крайне важно изучать особенности формирования подземных вод, обусловленных природными условиями конкретного региона и своеобразием проявлений техногенных изменений в подземной гидросфере.

– изучение аммонийного азота и его производных в подземных водах является актуальной темой, так как оно не только позволяет прогнозировать изменение качества используемой воды, но и оценить характер, эффективность методов очистки, а так же предотвратить последствия от её применения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Киреева, Т.А. Гидрогеохимия : конспект лекций / Т.А. Киреева. – М. : МГУ им. М.В. Ломоносова, 2016 – 206 с.
2. Крайнов, С.Р. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. Издание второе, дополненное / С.Р. Крайнов, Б.Н. Рыженко, В.М. Швец, Отв. ред. акад. Н.П. Лавров. – М. : ЦентрЛитНефтеГаз, 2012. – 672 с.
3. Николадзе, Г.И. Обезжелезивание природных и оборотных вод / Г.И. Николадзе. – М. : Стройиздат, 1978. – 160 с.
4. Санитарные правила и нормы «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».
5. Экологический мониторинг : учеб. пособие / под ред. Г.И. Хараева. – Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ, 2004. – 77 с.
6. Развитие инженерно-технических методов природообустройства и водопользования : сб. науч. тр. – Калининград : Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. – 125 с.
7. Ющенко, В.Д. Инновации в технологии очистки подземных вод сложного состава / В.Д. Ющенко, Е.С. Велюго, Т.В. Козицин // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки, 2019. – № 8 – С. 101–104.
8. К вопросу совместного удаления железа и аммонийного азота при аэрационной обработке подземных вод малых населенных пунктов / В.Д. Ющенко, Е.С. Велюго, Е.И. Рашкевич / PROBLEMELE URBANISMULUI ŞI AMENAJĂRII TERITORIULUI – 2020 : сб. науч. тр. X междунар. науч.-техн. онлайн-конф., Кишинев, 27 нояб. 2020 г. / Техн. ун-т Молдовы.– Молдова, 2020. – С.18-21