

Таблица 3 – Выбор сооружений для очистки сточных вод предприятий молочной промышленности

Степень очистки	БПК ₅ поступающих на каждую степень очистки сточных вод, мг/л	Сооружения локальной очистки производственных сточных вод на каждой степени очистки
Предварительная очистка	Более 2500–6000	Решетка – песколовка-жироловка – усреднитель и регулировка pH среды
Первая степень биологической очистки	2500–6000	Дисковый биофильтр – вторичный отстойник
Вторая степень биологической очистки	500–800	Дисковый биофильтр – третичный отстойник и утилизация осадка
Доочистка	10–12	Аэрируемый биологический пруд

Заключение. На основании изложенного можно сделать следующее заключение:

1. В результате изучения процесса биохимической очистки сточных вод молокоперерабатывающих предприятий на дисковых биофильтрах проведён сопоставительный анализ экспериментальных данных по двум режимам работы установки: в режиме «биофильтра-вытеснителя» и в режиме «биофильтра-смесителя». Более высокий эффект очистки достигается при работе дисковых биофильтров в режиме «вытеснителя».
2. Определена зависимость эффекта очистки и окислительной мощности от исходной концентрации органических загрязнений. Эффект очистки более 80 % достигается при исходной концентрации органических загрязнений 3700 мг/дм³ и более, окислительная мощность при этом достигает 400-480 г БПК₅/м² сут при работе установки в режиме «вытеснителя», при расходе сточной жидкости 0,58 м³/сут, времени пребывания сточной жидкости в секции биофильтра 30 минут.
3. Предлагается технологическая схема биологической очистки сточных вод молокоперерабатывающих предприятий, состоящая их

двухсекционного резервуара-усреднителя, совмещённого с насосной станцией, жироловки-песколовки, дисковых биофильтров и вертикальных отстойников. Биофильтры, в зависимости от требуемой степени очистки, могут работать по одно- и двухступенчатой схеме.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Карелин, Я.А. Очистка сточных вод молокоперерабатывающих предприятий / Я.А. Карелин, Г.А. Волкова, В.Н. Яромский, Т.М. Хмельницкая // Водоснабжение и санитарная техника. – М.: Стройиздат – Штробель, 1993. – № 6. – С. 16-17.
2. Волкова, Г.А. Очистка сточных вод молокоперерабатывающих предприятий на дисковых биофильтрах: автореф. дис. канд. тех. наук: 05.23.04 / Г.А. Волкова. – М.: МГСУ, 1994. – 19 с.
3. Яромский, В.Н. Утилизация осадков сточных вод предприятий по переработке молока / В.Н. Яромский, Т.М. Хмельницкая, Г.А. Волкова // Водное хозяйство и гидротехническое строительство: сб. научных трудов Респ. Межвед. – Минск: Белорусский НИИ мелиорации и луговодства – 1993. – № 20. – С. 29–33.

Материал поступил в редакцию 29.04.2016

VOLKOVA G.A., STOROZHUK N.Y. The technology of biological treatment of wastewater enterprises of the dairy industry

The question of reducing the concentration of organic contaminants wastewater enterprises of the dairy industry standards to discharge into the municipal sewage system. A method for biological treatment of sewage at dairy plants submerged biofilters disk.

УДК 628.16

Житенев Б.Н., Андрюк С.В.

СНИЖЕНИЕ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ НИТРАТОВ В ВОДЕ ШАХТНЫХ КОЛОДЦЕВ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Введение. Подземные воды являются основными источниками хозяйственно-питьевого водоснабжения в Беларуси. На их долю приходится до 95% питьевого водоснабжения. А за последние 2–3 десятилетия в пределах сельхозугодий имеет место увеличение минерализации грунтовых вод в среднем со 190 (естественный фон) до 366 мг/л, при этом средняя массовая концентрация нитратов составляет 140 мг/л [1], что в 3 раза превышает допустимый уровень (45 мг/л) [2].

Присутствие в воде, используемой для питьевого водоснабжения, минеральных азотсодержащих соединений (аммоний, нитраты, нитриты) приводит к заболеванию водороднитратной метгемоглобинемией и развитию различных степеней кислородного голодания организма.

Азотсодержащие вещества попадают в систему грунтовых вод из различных источников, естественных или антропогенных. Источники загрязнения могут быть локальными или носить площадной характер. Главными естественными источниками являются: почвенный азот, богатые азотом биологические отложения и атмосферные осадки. Основными источниками антропогенной деятельности, активно

влияющими на состав грунтовых вод, являются азотные удобрения, дренажные воды септических бассейнов, животноводческие фермы, места сброса хозяйственных и промышленных стоков. Это привело к прогрессивно ухудшающемуся состоянию подземных вод, в частности, к загрязнению нитратами и нитритами в концентрациях обычно 2–3 ПДК, но иногда достигающих уровня 10–16 ПДК [3].

В 2015 г. основными показателями, определяющими загрязнение грунтовых и артезианских вод Беларуси, являлись азот аммонийный, нитраты и окисляемость перманганатная. Наибольшее количество водных проб с повышенным содержанием нитрат-ионов выявлено в бассейнах рек Днепра (грунтовые и артезианские воды), Западного Буга и Припяти (грунтовые воды) [4].

Брестская область, обладая значительными ресурсами пресных вод, в то же время в сфере водопотребления имеет тот же круг проблем, что и во многих других регионах республики.

Житенев Борис Николаевич, к.т.н., доцент, профессор кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.

Андрюк Светлана Васильевна, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета, e-mail: a_asv75@mail.ru. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Таблица 1 – Выявленные превышения предельно допустимой массовой концентрации нитратов в воде водозаборных скважин и шахтных колодцев Брестского и соседних регионов РБ в 2015–2016 гг.

№ пробы	Источник водоснабжения			Содержание нитратов, мг/л
	Местоположение	Тип	Глубина, м	
1	2	3	4	5
1	Г. Брест, р-н Катин Бор, ул. Космонавтов	Скважина	8	102
2	Брестский р-н, пос. Муховец, ул. Богданчука	Скважина	9	0,32
3	Брестская обл., Жабинковский р-н, д. Нагораны	Шахтный колодец	10	8,37
4	Брестская обл., Каменецкий р-н, д. Чемери	Скважина	8	16,6
5	Брестский р-н, д. Тельмы-2	Скважина	7	61
6	Г. Брест, р-н Новые Задворцы, ул. Новоселов	Скважина	11	45,32
7	Брестская обл., Кобринский р-н, д. Магдалин, ул. Новоселов	Шахтный колодец	6	247
8	Г. Брест, ул. Дружная	Скважина	5	52,14
9	Гродненская обл., г.п. Вороново, ул. Семашко, д. 14	Шахтный колодец	8	102
10	Гродненская обл., Вороновский р-н, д. Бояры, ул. Озерная, д. 58	Скважина	15-25	49,09
11	Брестский р-н, д. Чернавчицы	Скважина	7	13,10
12	Брестская обл., Каменецкий р-н, д. Сосны	Шахтный колодец	10	59,14
13	Брестская обл., Каменецкий р-н, д. Чемери-1, ул. Вишневая, д. 53	Шахтный колодец	8	51,98
14	Брестский р-н, д. Закий	Скважина	8-9	206,16
15	Брестский р-н, д. Закий	Шахтный колодец	5-6	47,69
16	Брестская обл., Жабинковский р-н, д. Бусли	Шахтный колодец	7-8	51,98
17	Брестская обл., Дрогичинский р-н, д. Головчицы, ул. Гогая, д. 36	Скважина	40	1,23
18	Брестская обл., Ивацевичский р-н, д. Воля, д. 79	Шахтный колодец	2,5	159,22
19	Брестская обл., Дрогичинский р-н, д. Головчицы, ул. Гогая, д. 36	Шахтный колодец	6	43
20	г. Брест, Катин Бор, скважина №2	Скважина	9	3,16
21	Брестская обл., д. Прилуки	Скважина	9,5	0,99
22	г. Брест, д.Непли, ул. Лесная 2/Б	Шахтный колодец	5	197,5
23	г. Брест, СТ «Заозерное» уч. №300	Шахтный колодец	5	128,4
24	Брестская обл., Каменецкий р-н, д. Радость, д. 34	Шахтный колодец	6	52

Увеличение и накопление азотсодержащих соединений в природных водах нашей республики и за ее пределами требует как снятия антропогенных нагрузок, так и улучшения качества питьевой воды путем применения прогрессивных и экономичных методов водоподготовки [5].

Состояние проблемы нитратного загрязнения подземных вод в Брестском регионе. В Беларуси большинство городских и хозяйственных объектов оснащены очистными сооружениями, однако вследствие перегрузки, износа оборудования, а также несоответствия технологий производства и очистки многие из них работают недостаточно эффективно. Многие сельские населенные пункты нуждаются в улучшении инженерного благоустройства, в них отсутствуют централизованные системы водоснабжения, сбора и отвода сточных вод. Следует отметить, что в последние годы отмечается тенденция к уменьшению объемов сброса соединений азота [3]. Так, по сравнению с 2012 г. их суммарное поступление в водные объекты страны сократилось на 0,5 тыс. т.

При кажущемся водном благополучии Брестской области, с точки зрения количественной обеспеченности, хозяйственная деятельность все чаще вносит свои поправки в качество водных объектов, что необходимо учитывать на перспективу. Длительность протекания процессов загрязнения обусловила и значительную глубину его проникновения в горизонт грунтовых вод, а нередко и в более глубокие напорные водоносные горизонты. Наиболее интенсивное загрязнение охватывает толщу до 10–15 м, что весьма актуально для сельской местности и приусадебных участков, но нередко и на глубинах 40–50 м фиксируются массовые концентрации нитратов, превышающие уровень предельно допустимой.

В рамках собственных исследований нитратного загрязнения подземных вод Брестского и соседних регионов, в таблице 1 представлены выявленные превышения предельно допустимой массовой концентрации нитратов в воде водозаборных скважин и шахтных колодцев на приусадебных участках в городской, сельской местности и в пригородной зоне.

Решение проблемы нитратного загрязнения подземных вод с использованием метода ионного обмена. Сформировавшееся загрязнение подземных вод, в отличие от поверхностных, способно сохраняться очень длительное время (годами). Связано это с тем, что в подземных водах, в отличие от поверхностных, практически не протекают процессы биологической самоочистки, да и гидродинамические процессы в них весьма замедлены. Несмотря на это, при снятии антропогенных нагрузок в пределах какого-либо участка, практически всегда фиксируется постепенное улучшение качества грунтовых вод (рис. 1).

В области водоподготовки для удаления аммонийного азота, нитратов и нитритов из природной воды известны окислительные, сорбционные и ионообменные методы, кроме того, методы электродиализа, обратного осмоса и отдувки воздухом.

Для воды, содержащей относительно небольшое количество нитрат- и нитрит-ионов (в концентрациях до трех ПДК), могут эффективно использоваться ионообменные фильтры. Загрузка таких фильтров зависит от характера извлекаемых ионов. Объектом исследований, исходя из гигиенических и органолептических соображений, стали высокоосновные аниониты следующих марок: «Purolite NRW-600(OH)», «LewatitMonoPlus® SR 7», «AB-17-8чС» (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты экспериментальных исследований по определению обменной ёмкости ионов

Марка ионита	Обменная ёмкость ионов по отношению к нитрат-ионам, мг-экв/л	
	динамическая	полная
«Purolite NRW-600(OH)»	130	2105
«AB-17-84С»	100	1200
«LewatitMonoPlus® SR 7»	118	1344

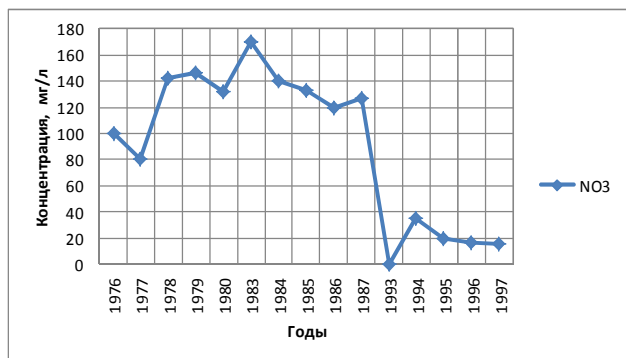
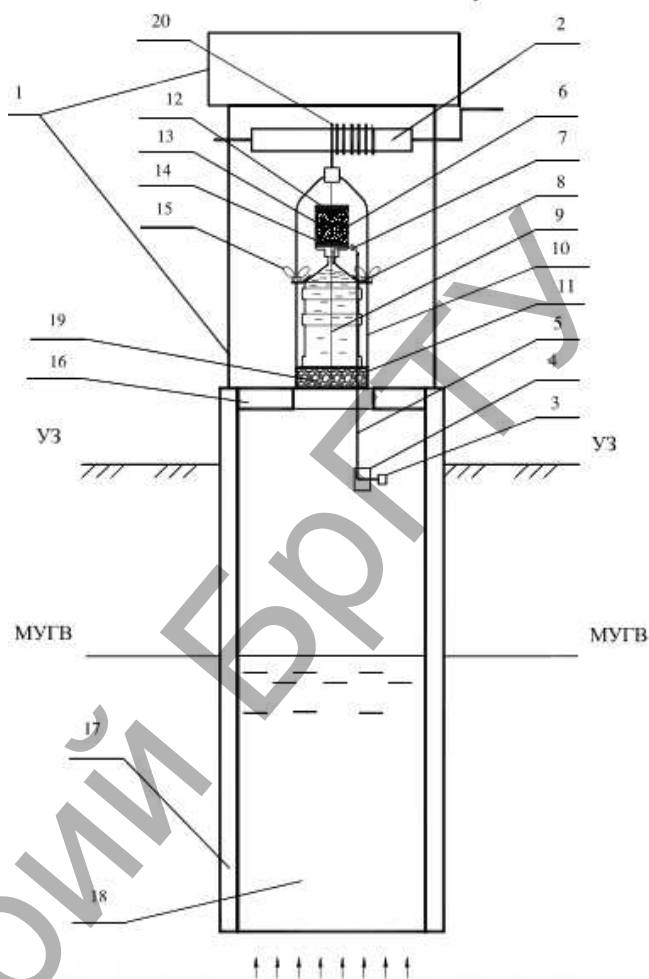


Рисунок 1 – Режим нитратного загрязнения воды в колодце до и после прекращения в 1983 г. хозяйственной деятельности в пределах подворья (д. Свирное, Лельчицкий район [1])

Водозаборный шахтный колодец. Представленная конструкция (рис. 2) относится к области водоснабжения и может использоваться для снабжения населения высококачественной питьевой водой из шахтных колодцев [6]. Шахтный колодец является одновременно сооружением для забора и очистки воды от загрязнений, опасных для здоровья населения, в том числе – и от нитратов. Водозаборный шахтный колодец работает следующим образом. Аккумулирующая емкость, снабженная баллонным фильтром, устанавливается и крепится на платформу. Затем платформа с помощью коловорота с тросом опускается в водоприемник и устанавливается на дно шахтного колодца. При этом масса платформы регулируется балластом и подбирается таким образом, чтобы платформа с закрепленной на ней аккумулирующей емкостью имела отрицательную плавучесть. При помощи устройства, соединяющего воздушный фильтр и баллонный фильтр, в аккумулирующей емкости поддерживается давление воздуха, равное атмосферному давлению, а над водоприемным отверстием баллонного фильтра – гидростатическое давление, больше атмосферного. Под действием избыточного давления вода равномерно проходит фильтрующий и поддерживающий слои загрузки баллонного фильтра и накапливается в аккумулирующей емкости. Скорость фильтрования в баллонном фильтре регулируется с помощью размера водоприемного отверстия. На этом этапе, благодаря физико-химическим свойствам слоев загрузки баллонного фильтра, осуществляется эффективная и комплексная очистка воды от широкого спектра механических и растворенных примесей. После заполнения аккумулирующей емкости, платформа с помощью коловорота с тросом поднимается и устанавливается на исходную площадку, при этом баллонный фильтр освобождается от воды и демонтируется с аккумулирующей емкости, которая затем может транспортироваться к месту потребления воды. Баллонный фильтр может устанавливаться на другую аккумулирующую емкость, при этом цикл забора и обработки воды повторяется.



1 – оголовок с павильоном, 2 – коловорот, 3 – воздушный фильтр, 4 – поплавок, 5 – эластичная полимерная трубка, 6 – баллонный фильтр, 7 – накидная гайка, 8 – фиксаторы, 9 – аккумулирующая емкость, 10 – подковообразная подвеска, 11 – платформа, 12 – водоприемное отверстие; 13 – фильтрующий слой загрузки, 14 – поддерживающий слой загрузки, 15 – гайки типа «барашек», 16 – площадка, 17 – ствол, 18 – водоприемник, 19 – балласт, 20 – трос, УЗ – уровень земли, МУГВ – минимальный уровень грунтовых вод

Рисунок 2 – Водозаборный шахтный колодец с очисткой воды

С помощью предлагаемого устройства можно очищать воду из водозаборных шахтных колодцев от нитратов, загрузив баллонный фильтр высокоосновным анионом, например, марки «Purolite NRW-600(OH)», «LewatitMonoPlus® SR 7» либо «AB-17-84С».

Таким образом, предлагаемый водозаборный шахтный колодец одновременно выполняет функции сооружения для очистки и накопления очищенной воды, что особенно актуально для районов, где используются колодцы, питаемые подземными водами, содержащими загрязнения, опасные для здоровья населения.

Заключение. Загрязнение подземных вод соединениями азота является острой проблемой Беларуси.

Активное освоение сельхозугодий, крупные животноводческие комплексы, развитая перерабатывающая промышленность, интенсивный сосредоточенный водоотбор, в основном изношенные и недостаточно эффективно работающие системы водоснабжения и водоочистки в сфере ЖКХ выдвигают охрану водных ресурсов в число важных народнохозяйственных и экологических проблем.

Представленная конструкция водозаборного колодца относится к области питьевого водоснабжения и может использоваться для снабжения населения высококачественной питьевой водой из шахтных колодцев.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Качество питьевых подземных вод в сельских населенных пунктах Беларуси / Информационный бюллетень // БелНИЦ «Экология». – Мн. – 1997. – № 5(12). – 22 с.
2. Санитарные правила и нормы. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: СанПиН 10-124 РБ 99. – Минск: Минздрав РБ, 1999.
3. Состояние окружающей среды Республики Беларусь: нац. доклад / М-во природ. ресур. и окружающей среды Республики Беларусь, гос. науч. учр-е «Инс-т природопользования нац. Академии наук Беларуси» // Белтаможсервис. – Мн., 2010. – 150 с.
4. Экологический бюллетень. 2014 г. Редактор: В.Ф. Логинов, Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь. – Минск, 2015.
5. Исследование методов физико-химической очистки природных вод от нитратов / С.В. Андreyuk // Сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Брест, 6–8 апреля 2016 г.: в 2-х ч. / УО «Брестский гос. технический ун-т»; под ред. А.А. Волчек [и др.]. – Брест, 2016. – Ч. II. – С. 159–163.
6. Водозаборный шахтный колодец: пат. 11081 ВУ, МПК E03В3/08 / Б.Н. Житенев, С.В. Андreyuk, Н.С. Житенева; заявитель Брестский гос. техн. ун-т. – № u20150330; заявл. 25.09.2015/ Гос. реестр полезн. моделей.

Материал поступил в редакцию 28.04.2016

ZHITENEV B.N., ANDREYUK S.V. Decrease in mass concentration of nitrates in water of mine wells for water supply

The article describes the characteristics of the modern state of the problem of nitrate contamination of groundwater in the regions of Belarus. The construction of the water intake can be used to supply the population of high-quality drinking-water, free of nitrates.

УДК 628.16.08/09

Житенёв Б.Н., Сук Е.В.

УДАЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗООРГАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ИЗ ВОДЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Введение. Наличие железа в природных водах связано с широким распространением этого элемента. Железо составляет 4,56 % массы всей земной коры. Именно поэтому избыточное железо присутствует повсеместно, охватывая почти все источники водоснабжения. Даже такие низкие концентрации, как 0,3–0,4 мг/дм³, могут вызвать появление пятен на сантехнике и ткани, брак в производстве. Более высокие концентрации придают воде характерный металлический привкус. При движении воды по трубам соединения железа осаждаются на стенках, что приводит к снижению площади живого сечения, увеличению гидравлического сопротивления и уменьшению срока эксплуатации. Для того чтобы обеспечить выполнение требований СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», требуется проводить очистку природной воды от соединений железа. Одной из причин, обуславливающих сложность решения этой проблемы, является многообразие форм существования соединений железа в природной воде. На территории Брестского региона расположены пять наиболее крупных болот и большие площади заболоченны, а болота являются основными источниками гуминовых веществ.

В подземных водах, имеющих подпитку из лесных озер и болот, металлы, в том числе и железо, могут находиться в составе прочных комплексов с гуминовыми кислотами и фульвокислотами.

При использовании традиционных технологических схем обезжелезивания – упрощенная (глубокая) аэрация – фильтрование, находящиеся в воде ионы железа могут окисляться до Fe³⁺, однако процессу гидролиза во многом мешают гуминовые кислоты, образующие с Fe³⁺ стабильную систему Fe-ГК, что делает данные методы обезжелезивания малоэффективными.

Анализ работ [1, 2, 3] показал, что соединения железа с гуминовыми веществами обладают низкой коагуляционной способностью из-за защитного действия органических веществ. Окисление такой воды кислородом и озоном приводит к окислению железа до трехвалентного состояния, которое остается в растворе и не коагулирует. Только при повышении pH начинается процесс коагуляции комплексов железа с гуминовыми веществами, что связано со снижением защитного действия органических веществ.



Крупнейшие болота Беларуси

Рисунок 1 – Карта крупнейших болот Беларуси

ЦЕЛЬЮ настоящей работы, является оценка влияния массовых концентраций (МК) коагулянта Al₂(SO₄)₃·18H₂O и флокулянта полиакриламида (ПАА) на процесс удаление железоорганических комплексов (ЖОК) воды при различных значениях активной реакции среды.

Исходные данные и методика исследований. В данной работе в качестве объекта исследования была выбрана вода из р. Мухавец, величина перманганатной окисляемости (12,8 мг O₂/дм³) и концентрации железа (2,6 мг/дм³) в которой указывают на наличие ЖОК.

Исследовалось влияние МК коагулянта Al₂(SO₄)₃·18H₂O, флокулянта ПАА и величины активной реакции среды на удаление гуматов и фульватов железа. Для сокращения количества экспериментов использовался метод ротатбельного центрального композиционного планирования. Основные характеристики плана приведены в таблице 1.

Сук Евгения Владимировна, магистрантка кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.