

Предлагаемая технология:

$P32 = 714318,63 \cdot 15 + 339341,97 = 446489,76$ руб. = 446,49 тыс.руб.

Наиболее эффективной является предлагаемая технология и экономический эффект от ее внедрения составит:

$\Delta = P31 - P32 = 1971,04 - 446,49 = 1524,55$ тыс.руб.

Заключение. Предлагаемая технология является более эффективной, что подтверждено расчетом экологического эффекта и экономического эффекта.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гоина, Е.С. Ресурсосберегающие технологии промышленного водоснабжения и водоотведения: справочное пособие / Е.С. Гоина, А.Д. Гуринович, Е.А. Урецкий – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов Россия, 2012. – 312 с.

2. Урецкий, Е.А. Исследование возможности создания «попутной» технологии обработки сточных вод, загрязнённых лакокрасочными ингредиентами / Е.А. Урецкий, В.В. Мороз // Вестн. Брестского гос. ун-та – Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – 2007. – № 2(44) – С. 71–74.
3. Способ совместной очистки сточных вод лакокрасочных производств и производств защитных покрытий и плат: пат. 12453 Респ. Беларусь / Е.А. Урецкий, В.В. Мороз; заявитель Брестский гос. техн. ун-т. – № а20071107; заявл. 11.09.2007; опубл. 16.07.2009 / Гос. реестр на изобретение.
4. Устройство для проведения физико-химических процессов / Е.А. Урецкий, В.В. Мороз; заявитель Брестский гос. техн. ун-т. – № u20150026; заявл 26. 01.2015; опубл. 19. 03.2015 / Гос. реестр полезн. моделей.

Материал поступил в редакцию 02.05.2018

BELOGLAZOVA O.P., URETSKY E.A., MOROZ V.V. Calculation of economic efficiency of the introduction of resource-saving reagent technology for joint wastewater treatment of paint and varnish industries of instrumentation and engineering

Is given the economic calculation for determining the economic and environmental effect in the introduction of resource-saving reagent technology for joint sewage treatment of paint and instrument-making and machine building industries.

УДК 628.16

Андрейко С. В., Житенев Б. Н., Белоглазова О. П.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕНИЯ НИТРАТОВ В ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Введение. Внедрение в производство новой техники и технологии оправдано только тогда, когда оно обеспечивает экономический эффект [1]:

снижение затрат на производство единицы продукции;
повышение качества изделий (экономия у потребителей);
рост производительности труда.

Целью Государственной программы "Строительство жилья" на 2016–2020 является повышение уровня обеспеченности населения Республики Беларусь доступным и качественным жильем. Достижение цели будет осуществляться в том числе за счет:

снижения затрат на строительство жилых домов, строящихся с государственной поддержкой;

увеличения доли индивидуального жилищного строительства в общем объеме жилищного строительства.

В связи с чем актуальным вопросом, требующим решения, является обеспечение инфраструктуры в местах индивидуальной застройки. Развитие централизованных систем водоснабжения не является единственным ответом при решении поставленного вопроса. Перспективным направлением считается развитие и внедрение технологических схем подготовки воды из подземных источников для хозяйственных и питьевых целей в системе индивидуального водоснабжения.

Были рассмотрены и исследованы различные технологии водо-подготовки для получения воды питьевого качества. Требуется выполнить их сравнение и определить наиболее экономически выгодный вариант для потребителя, для чего будет определяться сравнительная экономическая эффективность.

Сравнительная экономическая эффективность – показатель, характеризующий условный экономический эффект, полученный в результате сравнения и выбора лучшего варианта, который может быть определен как отношение экономии от снижения себестоимости к разности капитальных вложений и других авансированных затрат между различными вариантами.

Показателем сравнительной экономической эффективности ка-

питальных вложений служит минимум приведенных затрат.

Приведенные затраты – это сумма текущих затрат (себестоимости) и капитальных вложений, приведенных к одинаковой размерности в соответствии с **коэффициентом экономической эффективности (E_H)**:

$$C_i + E_H \cdot K_i = \min, \quad (1)$$

где K_i – капитальные вложения по i -му варианту;

C_i – текущие затраты (себестоимость) по тому же i -му варианту;

E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Нормативный коэффициент экономической эффективности отражает нижнюю границу эффективности и может устанавливаться на уровне банковской ставки процента по долгосрочному кредиту либо отраслевыми рекомендациями. Для капитальных вложений, направляемых на внедрение новых технологий, нормативный коэффициент принимается равным 0,15.

При сравнении вариантов необходимо обеспечивать условие сопоставимости сравниваемых вариантов. Расчет текущих затрат и капитальных вложений должен проводиться при одинаковом объеме услуг, по одинаковым ценам, фактору времени, одинаковым методам исчисления стоимостных показателей и т. д. Отобранные для сравнения варианты ставятся в сопоставимые условия в отношении нагрузки или пропускной способности, протяженности линий, времени действия, нормативов качества. При этом сравниваемая аппаратура имеет аналогичное назначение, производственная мощность измеряется одинаковыми единицами.

Варианты технологических схем водоподготовки. В технико-экономических расчетах рассмотрены варианты технологических схем подготовки грунтовой воды, содержащей примеси соединений азота (нитраты) и соединений железа II в концентрациях выше ПДК, для хозяйственных и питьевых целей в системе индивидуального водоснабжения (таблица 1) [2].

Андрейко Светлана Васильевна, старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета, e-mail: a_asv75@mail.ru.

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

Белоглазова Ольга Петровна, старший преподаватель кафедры экономики и организации строительства Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Таблица 1 – Показатели системы водоснабжения

Расчетный расход, м ³ /ч	0,4±0,6
Показатели качества воды:	
концентрация нитратов, мг/дм ³	100
концентрация железа (II), мг/дм ³	1,5

Первый вариант: технологическая схема водоподготовки грунтовых вод, содержащих примеси соединений азота (нитраты) и железа (II) в концентрациях выше ПДК, с использованием метода ионного обмена в индивидуальной системе питьевого водоснабжения (рисунок 1). Исходная вода забирается насосной станцией с пневмобаком и подается на водоподготовку. Исходная вода проходит первую ступень водоподготовки – обезжелезивание фильтрацией предварительно насыщенной кислородом воды, после чего проходит магистральный фильтр с картриджем дополнительного осветления для исключения попадания мелких частиц в аппараты последующей водоподготовки и разделяется на два потока: 1) подается на бытовые (гигиенические и хозяйственные) нужды потребителю; 2) направляется на последующую водоподготовку. Вода второго потока проходит подготовку на сильноосновных ионообменных смолах, сорбционную очистку на активном угле, обеззараживание ультрафиолетовой лампой. Далее вода второго потока поступает потребителю на питьевые нужды. Технологическая схема включает блок реагентного хозяйства для выносной регенерации ионообменного материала (смолы) раствором натриевой соли угольной кислоты.

В рамках варианта рассматривались способы восстановления: с регенераций (вариант 1а) и без регенерации (1б).

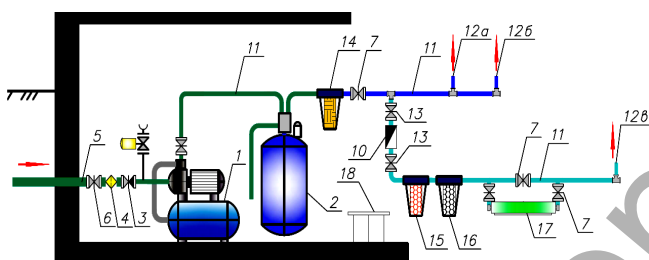


Рисунок 1 – Технологическая схема водоподготовки грунтовых вод, содержащих примеси соединений азота (нитраты) и железа (II) в концентрациях выше ПДК, с использованием метода ионного обмена в индивидуальной системе питьевого водоснабжения (по первому варианту)

Второй вариант: технологическая схема водоподготовки грунтовых вод, содержащих примеси соединений азота (нитраты) и железа (II) в концентрациях выше ПДК, с использованием метода обратного осмоса в индивидуальной системе питьевого водоснабжения (рисунок 2).

Исходная вода забирается насосной станцией с пневмобаком и подается на водоподготовку. Исходная вода проходит первую ступень водоподготовки – обезжелезивание фильтрацией предварительно насыщенной кислородом воды, после чего проходит магистральный фильтр с картриджем дополнительного осветления для исключения попадания мелких частиц в аппараты последующей водоподготовки и разделяется на два потока: 1) подается на бытовые (гигиенические и хозяйственные) нужды потребителю; 2) направляется на последующую водоподготовку. Вода второго потока проходит систему обратного осмоса с помпой с использованием картриджа механической очистки, обратноосмотической мембраны, угольного фильтра и накопительного бака. Далее вода второго потока поступает потребителю на питьевые нужды. Технологическая схема предусматривает блок реагентного хозяйства для выносной регенерации обратноосмотической мембраны раствором трёхосновной карбоновой кислоты.

В рамках варианта рассматривались способы восстановления: с регенераций (вариант 2а) и без регенерации (2б).

Третий вариант: технологическая схема водоподготовки грунтовых вод, содержащих примеси соединений азота (нитраты) и железа (II) в концентрациях выше ПДК, в индивидуальной системе водоснабжения с закупкой на питьевые нужды бутилированной воды (рисунок 3). Исходная вода проходит обезжелезивание фильтрацией предварительно насыщенной кислородом воды, далее –

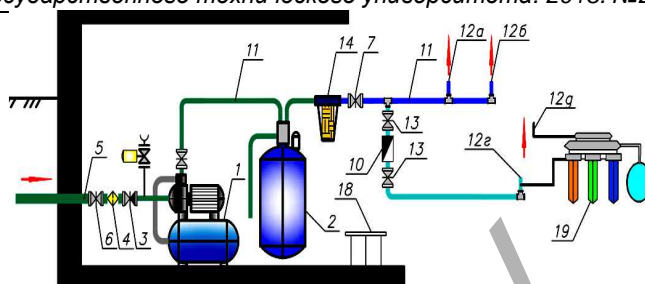


Рисунок 2 – Технологическая схема водоподготовки грунтовых вод, содержащих примеси соединений азота (нитраты) и железа (II) в концентрациях выше ПДК, с использованием метода обратного осмоса в индивидуальной системе питьевого водоснабжения (по второму варианту)

магистральный фильтр с картриджем дополнительного осветления и подается на бытовые (гигиенические и хозяйственные) нужды потребителю. На питьевые нужды вода закупается и транспортируется собственными средствами потребителя либо с использованием услуг компаний по реализации питьевой бутилированной воды.

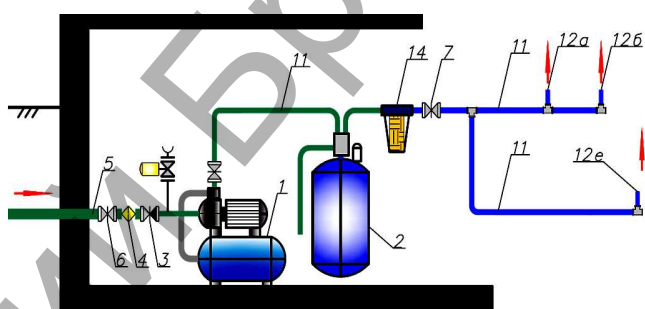


Рисунок 3 – Технологическая схема водоподготовки грунтовых вод, содержащих примеси соединений азота (нитраты) и соединений железа II в концентрациях выше ПДК, для хозяйственных целей в системе индивидуального водоснабжения с закупкой для питьевых нужд бутилированной воды (по третьему варианту)

В соответствии с «Инструкцией по оценке эффективности использования результатов исследований и разработок в промышленности» [3] (утверждена Постановлением ГНТ и НАН Беларуси 22 декабря 2004 г. № 8/3) для проведения прогнозной оценки эффективности разработанной технологии водоподготовки необходимо определить затраты, связанные с внедрением технологии, которые по своему экономическому содержанию подразделяются на единовременные и текущие.

При сравнении вариантов необходимо обеспечивать условие сопоставимости сравниваемых вариантов. Расчет текущих затрат и капитальных вложений должен проводиться при одинаковом объеме услуг, по одинаковым ценам, фактору времени, одинаковым методам исчисления стоимостных показателей и т. д. Отобранные для сравнения варианты ставятся в сопоставимые условия в отношении нагрузки или пропускной способности, протяженности линий, времени действия, нормативов качества. При этом сравниваемая аппаратура имеет аналогичное назначение, производственная мощность измеряется одинаковыми единицами.

Расчеты выполнены в ценах и тарифах 01.12.2017 г. При расчете стоимости оборудования и материалов в текущих ценах приняты курсы, установленные Национальным банком Республики Беларусь по состоянию на 01.12.2017 г.:

- курс Евро (EUR) – 2,3803 руб.;
- курс доллара (USD) – 1,9953 руб.;
- курс российского рубля (RUR) – 3,4251 руб. за 100 RUR.

Определение единовременных (капитальных) затрат. Стоимость оборудования определена в таблице 2. Стоимость монтажных работ принята в размере 15% от стоимости оборудования по вариантам.

По результатам расчетов можно сделать вывод о том, что наименее капиталоемким является третий вариант, наиболее капиталоемким – второй вариант. Первый вариант занимает промежуточное положение по капитальным вложениям на реализацию технологии.

Таблица 2 – Расчет стоимости оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Ед. изм.	Количество	единицы измерения	Стоимость, бел. руб. (BYN)				
					всего				3-й вариант
					1-й вариант		2-й вариант		
1а	1б	2а	2б						
1	Насосная станция Grundfos JPA 3-42 PT (гидрофор), 720 Вт, 220В, 20 л (гидроаккумулятор), подача 3 м³/час, напор - 42 м	шт.	1	395,5	395,5	395,5	395,5	395,5	395,5
2	Напорный фильтр ФОВ-0844, 0,4÷0,6 м³/час, 0,25÷0,6 МПа	шт.	1	680	680	680	680	680	680
3	Клапан обратный латунный муфтовый Ду 25 (1")	шт.	1	9,04	9,04	9,04	9,04	9,04	9,04
4	Фильтр косой грубой очистки ФО 25 латунный, Цветлит	шт.	1	9,0	9	9	9	9	9
5	Труба полиэтиленовая 32×2,0 ПЭ-100 SDR 17	п.м.	20	0,98	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6
6	Кран шар. BASE с полусгоном 1" вн.-нар. VALTEC	шт.	4	11,8	47,2	47,2	–	–	–
7	Кран шаровой VALTEC BASE, 3/4" вн.-нар. VT.218.N.04	шт.	2	11,8	–	–	23,6	23,6	–
8	Кран шаровой VALTEC BASE, 3/4" вн.-нар. VT.218.N.05	шт.	2	11,8	–	–	–	–	23,6
9	Кран шаровой VALTEC BASE, 3/4" вн.-нар. VT.218.N.06	шт.	1	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
10	Счетчик воды ВР-М СГВ-15	шт.	1	24,96	24,96	24,96	24,96	24,96	–
11	Труба полипропиленовая HP TREND 25×4,2 PN20	п.м.	8	1,61	12,88	12,88	12,88	12,88	12,88
12	Труба полипропиленовая HP TREND 20×3,4 PN21	п.м.	2	1,61	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22
13	Кран шаровой Valtec VT 217 VT.217.N.04 1/2"	шт.	2	6,3	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6
14	Фильтр-колба магистральный UNIFILTER 1" 0,6 МПа механ. оч-ка	шт.	1	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
15	Корпус магистрального фильтра AquaFilter FHPR1-B1-AQ 1" для АУ, объем 0,0071 м3, 0,6 МПа	шт.	1	23	23	23	–	–	–
16	Корпус магистрального фильтра AquaFilter FHPR1-B1-AQ 1" для анионита, объем 0,0071 м3, 0,6 МПа	шт.	1	23	23	23	–	–	–
17	Система обратного осмоса с помпой Гейзер Престиж ПМ (бак 12 л)	шт.	1	450	–	–	450	450	–
18	УФ система для обеззараживания питьевой воды, 220В, 8 атм	шт.	1	301	301	301	–	–	–
19	Растворные баки (емкость универсальная Лайт 3л с крышкой М5542)	шт.	2	4	8	8	8	8	–
Итого стоимость оборудования:					1595,6	1595,6	1675	1675	1179,44
Затраты на монтаж оборудования приняты					239,34	239,34	251,25	251,25	176,91
Итого:					1835	1835	1926	1926	1356

Таблица 3 – Расчет стоимости материалов

Наименование материала	Ед. изм.	Расход		Стоимость единицы измерения, руб.	Годовые затраты, бел. руб.				
		на один фильтр-цикл	всего		1-й вариант		2-й вариант		3-й вариант
					1а	1б	2а	2б	
Веревочный картридж механической очистки воды ВП-5 М	Шт.	1	4	3,35	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4
Комплект картриджей для системы обратного осмоса с помпой Гейзер Престиж	Шт.	1	2	100	–	–	200	70	–
Итого затрат:					13,4	13,4	213,4	83,4	13,4

Расчет годовых эксплуатационных расходов по содержанию и обслуживанию оборудования. Текущие затраты связаны с эксплуатацией оборудования в течение года и включают:

- ✓ затраты на реагенты и материалы, руб.;
- ✓ затраты на технологическую электроэнергию, руб.;
- ✓ амортизационные отчисления, руб.;
- ✓ затраты на ремонт оборудования, руб.;
- ✓ затраты на транспортировку, руб.

Расчет затрат на реагенты и материалы выполнен в таблицах 3 и 4 по вариантам с учетом возможной регенерации ионообменных

материалов или обратноосмотической мембраны каждые два месяца и без регенерации (с заменой материалов, участвующих в очистке).

В процессе эксплуатации элементов системы водоснабжения предусматривается замена веревочного картриджа механической очистки каждые 3 месяца, замена активированного угля сорбционной очистки – каждые 2 месяца, замена картриджей механической и сорбционной очистки обратноосмотической установки – каждые 6 месяцев.

По 3-му варианту затраты на покупку бутилированной воды при годовом потреблении 3,65 м³ и стоимости 300 руб./м³ составят 1095 руб.

Таблица 4 – Расчет стоимости реагентов

Наименование реагента	Ед. изм.	Расход		Цена ед. изм., руб.	Годовые затраты, бел.руб.				
		на регенерацию	Всего		1-й вариант		2-й вариант		3-й вариант
					1а	1б	2а	2б	
Бикарбонат натрия, 6 %	кг	0,15	0,9	0,74	–	0,666	–	–	–
Бикарбонат натрия, 6 %	кг	0,075	0,45	0,74	–	–	–	0,33	–
Трёхосновная карбоновая кислота, 1,5 %	кг	0,1	0,6	2,12	–	–	–	1,27	–
Высокоосновная ионообменная смола Purolite	л	1	6	2,4	14,4	2,4	–	–	–
Активированный уголь	кг	0,5	3	10,8	32,4	32,4	–	–	–
Итого затрат:					46,8	35,47	–	1,6	–

Таблица 5 – Суммарные затраты по вариантам

Варианты	Затраты на приобретение, руб.			Всего, руб.
	материалов	реагентов	бутилированной воды	
1а	13,4	46,8	–	60,20
1б	13,4	35,47	–	48,87
2а	213,4	–	–	213,40
2б	83,4	1,6	–	85,0
3	13,4	–	1095,0	1108,40

Затраты на электроэнергию. Годовая потребность в электрической электроэнергии насосного агрегата, кВт·ч/год, определяется по формуле:

$$W = \frac{2,72 \cdot 10^{-3}}{\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta} \cdot Q \cdot H \cdot t, \quad (2)$$

где η_1 – средний КПД насоса;

η_2 – средний КПД электродвигателя;

η – КПД передачи;

Q – производительность насоса, м³/ч;

H – полный напор, развиваемый насосом, м;

t – время работы агрегата, ч/год.

Расход электрической энергии на работу прочего оборудования, кВт·ч, определяется по формуле:

$$W = N \cdot k \cdot T, \quad (3)$$

где N – номинальная мощность агрегата, потребляющего электрическую энергию, кВт;

k – коэффициент загрузки агрегата (часть используемой номинальной мощности), определяемый опытным путем;

T – время работы агрегата в течение года, ч.

Годовая потребность в электрической электроэнергии агрегата «Насосная станция Grundfos JPA 3-42 PT (гидрофор)», 720 Вт, 220В, 20 л (гидроаккумулятор), 3 м³/час, 42 м напор, кВт·ч/год:

$$W = \frac{2,72 \cdot 10^{-3}}{\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta} \cdot Q \cdot H \cdot t = \frac{2,72 \cdot 10^{-3}}{0,85 \cdot 0,79 \cdot 1} \cdot 3 \cdot 42 \cdot 1 \cdot 365 = 186.$$

Расход электрической энергии на работу установки «Система обратного осмоса с помпой Гейзер Престиж ПМ», кВт·ч/год:

$$W = N \cdot k \cdot T = 0,25 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 365 = 182,5.$$

Расход электрической энергии на работу установки для обезжелезивания питьевой воды «Напорный фильтр ФОВ-0844», кВт·ч/год:

$$W = N \cdot k \cdot T = 0,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 365 = 36,5.$$

Расход электрической энергии на работу установки для обеззараживания питьевой воды «УФ стерилизатор Аквагро UV6GPM», кВт·ч/год:

$$W = N \cdot k \cdot T = 0,02 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 365 = 7,3.$$

Расчет затрат на электроэнергию по вариантам представлен в таблице 6.

Амортизация. Расчет амортизационных отчислений выполнен на основании стоимости оборудования по вариантам и норм амортизации на реновацию (таблица 7).

Ремонт. Нормы расходов на капитальный и текущий ремонт оборудования приняты ориентировочно в размере соответственно 4 % и 1 % от стоимости оборудования (таблица 8).

Затраты на транспортировку. Данная статья затрат предусматривает затраты на доставку реагентов, материалов и бутилированной воды потребителю. На стадии техникоэкономических обоснований норма затрат принимается ориентировочно в размере 12 % от стоимости доставляемых объектов.

Таблица 6 – Расчет затрат на электроэнергию по вариантам

Наименование потребителей энергии	Расход электроэнергии, кВт·ч.	Тариф*, руб.	Годовые затраты, бел.руб.				
			1-й вариант		2-й вариант		3-й вариант
			1а	1б	2а	2б	
Насосная станция Grundfos JPA 3-42 PT-H	186	0,16731	31,12	31,12	31,12	31,12	31,12
Напорный фильтр ФОВ-1465	36,5	0,16731	6,11	6,11	6,11	6,11	6,11
Система обратного осмоса с помпой Гейзер Престиж ПМ	182,5	0,16731	–	–	30,53	30,53	–
УФ стерилизатор Аквагро UV6GPM	7,3	0,16731	1,22	1,22	–	–	–
Итого затрат			38,45	38,45	67,76	67,76	37,23

* – тариф на электрическую энергию для населения с 1 сентября 2017 года для граждан РБ, проживающих в домах, не оборудованных электрическими плитами, в зависимости от объемов потребления: от 150 до 300 кВт.

Таблица 7 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование основных фондов	Стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Амортизационные отчисления, руб.				
			1-й вариант		2-й вариант		3-й вариант
			1а	1б	2а	2б	
Насосная станция Grundfos JPA 3-42 PT-H	395,5	20	79,1	79,1	79,1	79,1	79,10
Напорный фильтр ФОВ-1465	680	10	68	68	68	68	68,00
Фильтр-колба магистральный UNIFILTER 1" мех. оч-ка	19,4	20	3,88	3,88	3,88	3,88	3,88
Корпус магистрального фильтра AquaFilter FHPR1-B1-AQ 1" для АУ	23	20	4,6	4,6	–	–	–
Корпус магистрального фильтра AquaFilter FHPR1-B1-AQ 1" для анионита	23	20	4,6	4,6	–	–	–
Система обратного осмоса с помпой Гейзер Пре-стиж ПМ	450	20	–	–	90	90	–
Система для обеззараживания питьевой воды УФ стерилизатор Аквауго UV6GPM	301	10	30,1	30,1	–	–	–
Счетчик воды ВР-М СГВ-15	24,96	11	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77
Растворные баки (емкость универсальная Лайт 3л с крышкой М5542)	8	6,7	0,53	0,53	0,53	0,53	–
Клапан обратный латунный муфтовый Ду 25 (1")	9,04	3,3	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Фильтр косой грубой очистки ФО 25 латунный, Цветлит	9	3,3	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Кран шар. BASE с полусгоном 1" вн.-нар. VALTEC	47,2	3,3	1,57	1,57	–	–	–
Кран шаровой VALTEC BASE, 3/4" вн.-нар. VT.218.N.04	23,6	3,3	–	–	0,79	0,79	0,79
Кран шаровой VALTEC BASE, 3/4" вн.-нар. VT.218.N.05	7,2	3,3	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Кран шаровой Valtec VT 217 VT.217.N.04 1/2"	12,6	3,3	0,42	0,42	0,42	0,42	–
Труба полиэтиленовая 32×2,0 ПЭ-100 SDR 17	19,6	2,5	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Труба полипропиленовая HP TREND 25×4,2 PN20	12,88	2,5	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322
Труба полипропиленовая HP TREND 20×3,4 PN21	3,22	2,5	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Итого:			197,31	197,31	247,23	247,23	156,27

Таблица 8 – Расчет отчислений на ремонт

Варианты	Стоимость, руб.	Норма отчислений, %		Затраты в руб. на:		Всего, руб.
				капитальный ремонт	текущий ремонт	
1а	1834,94	4	1	73,39	18,35	91,75
1б	1834,94	4	1	73,39	18,35	91,75
2а	1926,25	4	1	77,05	19,26	96,31
2б	1926,25	4	1	77,05	19,26	96,31
3	1356,35	4	1	54,25	13,56	67,82

Таблица 9 – Расчет затрат на транспортировку

Варианты	Стоимость, руб.	Норма отчислений, %	Затраты на транспортировку, руб.
1а	60,20	12	7,22
1б	48,87	12	5,86
2а	213,40	12	25,61
2б	85	12	10,35
3	1108,40	12	133,01

На следующем этапе выполняется суммирование текущих затрат по вариантам.

Суммарные текущие затраты по вариантам представлены в таблице 10.

Определение себестоимости водоподготовки 1 м³ подземных (грунтовых) вод. Результаты расчета себестоимости водоподготовки 1 м³ подземной (грунтовой) воды, содержащей примеси в виде соединений железа и азота, по вариантам приведены в таблице 11.

Годовые эксплуатационные затраты по третьему варианту системы индивидуального водоснабжения (с покупкой и доставкой питьевой бутилированной воды) составляют 1502,73 руб. Данная

величина является результатом для потребителя в случае принятия варианта 1а и может рассматриваться как экономический эффект от внедрения технологии водоподготовки грунтовой воды, содержащей примеси азотистых соединений и соединений железа в концентрациях выше ПДК, с использованием метода ионного обмена в децентрализованной индивидуальной системе питьевого водоснабжения.

Определение срока окупаемости затрат. Экономический эффект. В результате внедрения технологии водоподготовки грунтовой воды, содержащей примеси азотистых соединений и соединений железа в концентрациях выше ПДК, с использованием метода ионного обмена для хозяйственных и питьевых целей в системе индивидуального водоснабжения общая экономия текущих затрат возмещает капитальные затраты. Однако полученные при этом суммы результатов (экономии) и затрат (капитальных затрат) по годам приводят к единому времени – расчетному году, путем умножения результатов и затрат за каждый год на коэффициент приведения $K_{пр}$.

Коэффициент дисконтирования рассчитывается по формуле:

$$K_{пр} = (1 + E_n)^{T_p - T}, \quad (8)$$

где E_n – ставка рефинансирования, устанавливаемая Национальным банком Республики Беларусь (по состоянию на 01.12.2017 – 12 %);

T_p – расчетный год (2017 год);

Таблица 10 – Годовые эксплуатационные расходы по вариантам

Сумма затрат, руб.	Варианты				3-й вариант
	1-й вариант		2-й вариант		
	1а	1б	2а	2б	
Затраты на реагенты и материалы	48,87	85,01	60,20	213,40	1108,40
Затраты на электроэнергию	38,45	67,76	38,45	67,76	37,23
Амортизационные отчисления	197,31	247,23	197,31	247,23	156,27
Ремонт	5,86	10,20	7,22	25,61	67,81
Транспортировка	91,75	96,31	91,75	96,31	133,01
Итого	382,24	394,93	506,51	650,31	1502,73

T – номер года, результаты и затраты которого приводятся к расчетному (2017 – 1, 2018 – 2, 2019 – 3, 2020 – 4).

Таблица 11 – Расчет себестоимости очистки 1 м³ подземных (грунтовых) вод

Расчетные параметры	ВАРИАНТЫ				
	1-й вариант		2-й вариант		3-й вариант
	1а	1б	2а	2б	
Годовые эксплуатационные затраты, руб.	382,24	394,93	506,51	650,31	1502,73
Расчетный расход воды, м ³ /год	345,6				
Себестоимость водоподготовки, руб./м ³	1,11	1,14	1,47	1,88	4,35

Следовательно, при решении данной задачи коэффициентам приведения по годам будут соответствовать следующие значения:

$$K_{пр1} = (1 + 0,12)^{-1} = 1 - 2017 \text{ (расчетный год);}$$

$$K_{пр2} = (1 + 0,12)^{-2} = 0,899 - 2018 \text{ год;}$$

$$K_{пр3} = (1 + 0,4)^{-3} = 0,7972 - 2019 \text{ год;}$$

$$K_{пр4} = (1 + 0,4)^{-4} = 0,7118 - 2020 \text{ год.}$$

Данные расчета экономического эффекта свели в таблицу 12.

Заключение. Внедрение технологии водоподготовки для удаления нитратов ионным обменом в нецентрализованных индивидуальных системах питьевого водоснабжения позволит:

✓ уменьшить отрицательную нагрузку на здоровье населения;

✓ снизить затраты потребителя (при использовании метода водоподготовки как альтернативы покупке питьевой бутилированной воды).

Затраты, связанные с внедрением технологии водоподготовки грунтовой воды, содержащей примеси азотистых соединений и соединений железа в концентрациях выше ПДК, с применением метода ионного обмена, полностью окупятся на четвертом году использования в индивидуальной системе питьевого водоснабжения. Ожидаемый экономический эффект от внедрения технологии водоподготовки грунтовой воды, содержащей примеси азотистых соединений и соединений железа в концентрациях выше ПДК, с применением метода ионного обмена составляет по уровню цен на 01.12.2017 г. 1,11631 тыс. рублей.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Попова, Т.К. Методические указания по расчету экономической эффективности / Т.К. Попова, Н.В. Кусмарцева – М., 2003.
2. Житенев, Б.Н. Технологические решения подготовки воды, с примесями соединений азота и железа, для питьевого водоснабжения / Б.Н. Житенев, С.В. Андреек // Вестник БрГТУ. – 2017. – № 2. – С. 95–97.
3. Инструкция по оценке эффективности использования результатов исследований и разработок в промышленности / Утв. Постановлением ГКНТ и НАН Беларуси 22 декабря 2004 г. – № 8/3.

Таблица 12 – Расчет экономического эффекта

Показатели	Ед. изм.	2017	2018	2019	2020
Результаты:					
Результат для потребителя	руб.	-	1502,73	1502,73	1502,73
Результат для потребителя с учетом фактора времени	руб.	-	1350,95	1197,97	1069,64
Затраты:					
Капитальные затраты, руб.	руб.	1834,94	0	0	0
Текущие затраты, руб.	руб.	-	376,37	376,37	376,37
Всего затрат	руб.	1834,94	376,37	376,37	376,37
То же с учетом фактора времени	руб.	1834,94	338,36	191,95	137,00
Экономический эффект:					
Превышение результата над затратами	руб.	-1834,94	1012,59	1006,02	932,64
То же нарастающим итогом	руб.	-1834,94	-822,35	183,67	1116,31
Коэффициент приведения		1	0,899	0,7972	0,7118

Материал поступил в редакцию 20.04.2018

ANDREYUK S.V., ZHITENEV B.N., BELOGLAZOVA O.P. Economic efficiency of nitrate removal in the individual drinking water systems

The article contains a feasibility study of the choice of the technological scheme of water treatment for the removal of groundwater nitrates in non-centralized individual drinking water supply systems. Annual operating costs, prime cost of groundwater water treatment for three variants of technological schemes are determined.

On the basis of the comparison, the payback period of costs, the economic effect from the introduction of groundwater water treatment technology containing impurities of nitrogen compounds and iron compounds, using the ion exchange method was determined.