

УДК 628.16

## ИЗУЧЕНИЕ ФИЛЬТРУЮЩИХ СВОЙСТВ ЦЕОЛИТОВЫХ ЗАГРУЗОК ДЛЯ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПОЛОЦКОГО РЕГИОНА

*Е.С. Велюго<sup>1</sup>, В.Д. Ющенко<sup>2</sup>, Т.В.Козицин<sup>3</sup>*

Полоцкий государственный университет, Республика Беларусь<sup>1,2</sup>

ЧУП «АкваПром», г. Новополоцк, Республика Беларусь<sup>3</sup>

e-mail: e.velugo@pdu.by<sup>1</sup>, yuvd46@mail.ru<sup>2</sup>, aquaprom@tut.by<sup>3</sup>

*Целью исследования явился выбор оптимальной фильтрующей загрузки на скорые фильтры обезжелезивания воды Полоцкого региона. Кварцевый песок не всегда справляется с поставленной задачей очистки воды сложного состава, поэтому необходимо было искать альтернативные варианты загрузки.*

*Ключевые слова:* обезжелезивание, подземные воды сложного состава, цеолиты, сорбенты, фильтрующие загрузки.

## ZEOLITE LOADINGS ARE USED TO REDUCE THE WATER LEVEL IN POLOTSK

*E. Velyugo<sup>1</sup>, V. Yushchenko<sup>2</sup>, T. Kozitsyn<sup>3</sup>*

<sup>1,2</sup>Polotsk State University, Novopolotsk, Republic of Belarus

<sup>3</sup>CHUP "Akvaprom", Novopolotsk, Republic of Belarus

e-mail: e.velugo@pdu.by<sup>1</sup>, yuvd46@mail.ru<sup>2</sup>, aquaprom@tut.by<sup>3</sup>

*The aim of the study was to select the optimal filter load for high-speed demonizing water filters of the Polotsk region. Quartz sand does not always come with the task of cleaning water of complex composition, so we had to look for alternative loading options.*

*Keywords:* degradation, groundwater of complex composition, zeolites, sorbents, filter loads.

**Введение.** В подземных водах Республики Беларусь, особенно в Витебской и Гомельской областях, содержатся повышенные концентрации не только железа, но и ряд других загрязняющих элементов, таких как марганец, аммонийный азот, сероводород, метан и т.д. [1,2], т. е. вода имеет сложный состав, и возникают трудности с ее обработкой.

До настоящего времени наиболее распространенным и доступным видом фильтрующего материала является кварцевый песок. В большинстве случаев кварцевый песок отвечает требованиям, предъявленным к фильтрующим материалам, и справляется с удалением железа в природной воде. Однако с водами сложного состава традиционные методы обработки с использованием кварцевого песка не всегда дают положительные результаты [3], особенно при малом и неравномерном водопотреблении, применяя установки напорного типа. Одним из способов интенсификации работы фильтровальных сооружений может являться улучшение структуры фильтрующей загрузки, что вызывает повышенный интерес к поиску и применению других фильтрующих материалов.

Последнее время большое распространение получили цеолиты, которые относятся к классу каркасных алюмосиликатов. Им принадлежит лидерство по совокупности полезных свойств таких, как сорбционные, селективно-ионообменные, и каталитические. Такие загрузки обладают повышенной грязеемкостью, эффективно извлекают из очищаемой жидкости взвешенные, коллоидные и растворенные загрязняющие вещества органического и неорганического происхождения, в том числе ионы аммония, тяжелые металлы и радионуклиды [3].

**Объекты исследований.** Изучение фильтрующих свойств цеолитовых загрузок проводились на напорных установках обезжелезивания воды малой производительности двух производственных объектах города Полоцка. Предприятия имеют скважины, которые расположены на их территории и пробурены на глубину 120 и 130м. Качество исходной воды приведено в таблице 1.

Таблица 1. – Показатели качества воды исходной воды

Показатели	Значения показателей качества воды		
	Объект А	Объект Б	По НТПА
Железо общее, мг/ дм <sup>3</sup>	2,28	2,4	0,3
Окисляемость, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	3,38	6,1	5
Водородный показатель, ед. рН	7,4	7,2	6,5-8,5
Жесткость общая, мг-экв/ дм <sup>3</sup>	5,4	5,2	7
Аммиак (по азоту), мг/ дм <sup>3</sup>	1,27	1,2	2
Марганец	0,055	-	0,1
Сероводород, мг/ дм <sup>3</sup>	-	слабый запах	0,5

Установка обезжелезивания воды на объекте А представляет собой два параллельно работающих фильтра диаметром 530 мм, №1 и 2, аэрационной колонны диаметром 450 мм, компрессора для подачи воздуха перед аэрационной колонной. Общий вид установки приведен на рисунке 1. Установка обезжелезивания работает около 8 часов в сутки. Производительность установки 9,0 м<sup>3</sup>/ч.



Рисунок 1. – Общий вид установки водоподготовки

Загрузка фильтров:

- фильтр №1 был загружен модифицированным цеолитом марки Ecoferox;
- фильтр №2 был загружен активированным цеолитом марки «ZEOL».

Высота загрузки обоих фильтров была принята 1м.

Ecoferox – автокаталитический алюмосиликатный фильтрующий материал, производящийся на основе натурального ископаемого цеолита, добываемого в Свердловской области. Фракция 0,7-1,5мм. Насыпная плотность 0,7кг/л. При эксплуатации Экоферокс не расходуется. Сорбция азотистых веществ мала.

Активированный цеолит марки «ZEOL» производится на основании природного сырья, добываемого в республике Татарстан. Для исследований был взят цеолит фракции 2-4 мм. Насыпная плотность 0,7 кг/л.

Оба фильтра работали в течение 10 дней в одинаковых условиях. На каждый фильтр подавался расход 4,5 м<sup>3</sup>/ч в течение 9 часов каждый день, затем фильтры промывались и отключались на 14,5 часов (режим работы определялся технологическими требованиями производства). Фактическая скорость фильтрации составила 21 м/ч. Фильтры промывались обратным током воды со скоростью 25 м/ч в течение 8 мин.

Анализы воды брались дважды в день: через 30 мин после включения фильтра в работу и непосредственно перед отключением фильтров на промывку.

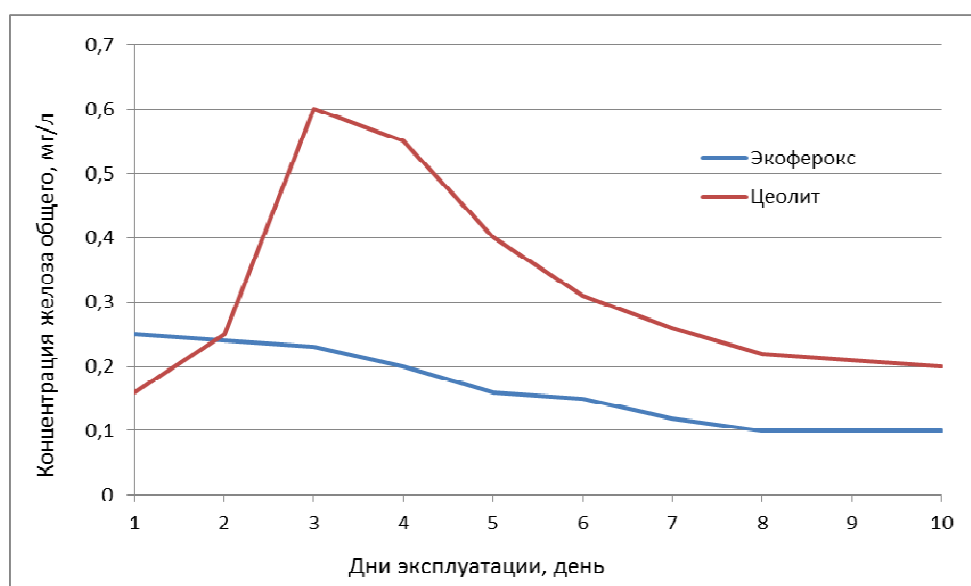


Рисунок 2. – Динамика изменения содержания железа в воде фильтров загруженных цеолитом Ecoferox и ZEOL

**Ecoferox.** Содержание железа в воде после фильтра, загруженного Ecoferox, с момента пуска фильтра в работу не превышала 0,3 мг/л, что соответствует требованиям СанПиН 10-124 РБ 99. С каждым днем эксплуатации фильтра содержание железа в фильтрате уменьшалось и через 8 дней стабилизировалось на уровне 0,1 мг/л. Т.е., загрузка Ecoferox обладает высокой каталитической способностью к соединениям двухвалентного железа и низкой к азотистым веществам. В процессе работы способность задерживать железо из природных вод увеличивается.

**ZEOL.** В первый день работы содержание железа в фильтрате составляло 0,16 мг/л. Однако в последующие дни содержание железа резко выросло до 0,5-0,6 мг/л, а затем начало плавно снижаться и через 10 дней стабилизировалось на уровне 0,2 мг/л.

Такое поведение цеолитовой загрузки марки ZEOL объясняется высокой сорбционной способностью прежде всего к органическим соединениям, обуславливающую окисляемость воды, и только затем к формам растворенного железа. На это же указывает то, что промывка загрузки обратным током воды не восстанавливала сорбционную способность загрузки, вследствие чего, она приобретает свойства инертной загрузки. Через несколько дней эксплуатации на поверхности цеолита сформировалась пленка из соединений железа, которая придала загрузке каталитические свойства (рисунок 2).



**Рисунок 2. – Внешний вид цеолита Zeol фракции 1-2мм после 4-х недель работы в фильтре обезжелезивания воды**

На станции обезжелезивания объекта Б установлены пять фильтром 1 м (рисунок 3). Ранее обработка воды из скважин предприятия осуществлялась путем насыщения кислородом воздуха и последующим фильтрованием через кварцевый песок фракции 1-2 мм. Остаточное содержание железа в отфильтрованной не удавалось снизить менее 0,7 мг/л. Замена кварцевого песка на гидроантрацит не позволило добиться более низкого содержания железа в фильтрате. При этом железо в фильтрате было представлено в двух валентной формой, что свидетельствует об отсутствии кислорода в фильтрате. Также оказывали влияние присутствующие в воде кроме железа другие вещества (возможно органического характера) с высоким потреблением кислорода при окислении.

Для испытания эффективности цеолита при обработке подземной воды с высокими концентрациями общего железа и органических веществ (перманганатная окисляемость  $P > 6 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ) один из пяти фильтров станции обезжелезивания воды был загружен цеолитом марки Zeol фракции 1-2мм. Для всех фильтров, т.ч. и на испытуемый, принято фильтрование со скоростью 10 м /ч. Анализы воды производились на 2-й день и далее через каждые 7 дней (рисунок 4). Продолжительность фильтроцикла была приня-

та 48 часов, а интенсивность промывки - 12л/с на 1м<sup>2</sup>. Интенсивность промывки кварцевого песка 1-2 мм для конструкции установленных фильтров должна быть не менее 18 л/с на 1м<sup>2</sup>.



Рисунок 3. – Станция обезжелезивания воды на объекте №Б

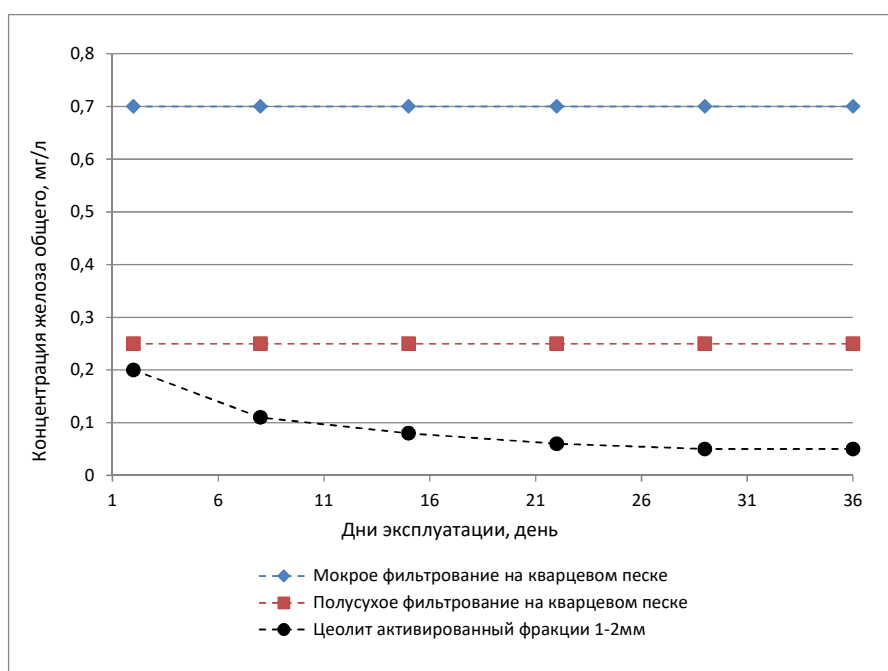


Рисунок 4. – Динамика изменения содержания железа в фильтрате фильтров станции обезжелезивания объекта №Б

Промышленные испытания цеолита в качестве загрузки фильтров обезжелезивания воды на объектах А и Б города Полоцка показали, что цеолит является достаточно эффективным материалом.

**Выводы:**

1. Цеолитовые загрузки марок Ecoferox и ZEOL могут рассматриваться в качестве загрузок для очистки воды станций обезжелезивания воды, работающих с длительными простоями в течение суток.

2. Цеолитовые загрузки могут поддерживать высокие скорости фильтрования (до 21м<sup>3</sup>/ч).

3. Цеолитовые загрузки отличаются примерно в два раза более низкой скоростью для обратной промывки фильтров, что сокращает потери воды и мощность промывных насосов.

4. Процесс удаления железа из природных вод на материалах на основе цеолитов для фильтров обезжелезивания воды осуществляется за счет каталитических процессов. Сорбционные процессы очистки воды могут наблюдаться непродолжительное время на стартовом этапе работы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Особенности совместного удаления железа и аммонийного азота из подземных водоисточников в сооружениях напорного типа / В.Д. Ющенко [и др.] // Развитие инженерно-технических методов природообустройства и водопользования : сб. науч. тр. – Калининград, 2018. – С. 98–108.
2. Николадзе, Г.И. Обезжелезивание природных и оборотных вод / Г.И. Николадзе. – М. : Стройиздат, 1978. – 160 с.
3. Фильтр обезжелезивания воды: полез. модель № 12086 / заявитель и патентообладатель Частное проектное унитарное предприятие «АкваПром»/Т.В. Козицин, В.Д. Ющенко, Е.С. Велюго. – Опубл. 02.01.2019.
4. Санитарные правила и нормы "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: СанПиН 10-124 РБ 99: введ. 01.01.2000 – Минск. Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 1999. – 122 с.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:  
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ  
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
2020

1 – дополнительный экран – сведения об издании

УДК 72:624/628+69(082)

Редакционная коллегия:

Л. М. Парфенова (председатель),  
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,  
Н. В. Давыденко, Р. М. Платонова

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**  
[Электронный ресурс] : электронный сборник статей II международной научной конференции, Новополоцк, 28–29 нояб. 2019 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. Л. М. Парфеновой. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-701-3.

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Проанализированы организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.  
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь  
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

**№ госрегистрации 3671815379.**

**ISBN 978-985-531-701-3**

@Полоцкий государственный университет, 2020



2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:  
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ  
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Технический редактор *Т. А. Дарьянова*.  
Компьютерная верстка *Т. А. Дарьяновой*.  
Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой*.

---

Подписано к использованию 09.09.2020.  
Объем издания: 21,05 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,  
г. Новополоцк,  
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44  
<http://www.psu.by>