

Научная статья  
УДК 628.16.081  
<https://doi.org/10.24866/2227-6858/2024-2/53-61>

## Подготовка подземной воды с повышенным содержанием железа и марганца для питьевого водоснабжения

Евгений Леонидович Войтов<sup>1</sup>✉, Юрий Леонидович Сколубович<sup>1</sup>,  
Татьяна Анатольевна Рафальская<sup>1</sup>, Михаил Николаевич Шевцов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин),  
Новосибирск, Российская Федерация

<sup>4</sup> Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Российская Федерация

✉ [voitovel@ya.ru](mailto:voitovel@ya.ru)

**Аннотация.** При использовании подземных вод для питьевого водоснабжения поселков часто возникает необходимость в их обезжелезивании и деманганации. Вода со сверхнормативным содержанием железа и марганца неприятна на вкус, вызывает болезни сердечно-сосудистой, костной и репродуктивной систем человека. Высокая жесткость воды ведет к атеросклерозу и мочекаменной болезни. Цель данного исследования – разработка технологической схемы подготовки питьевой воды из подземных источников для водоснабжения малых населенных мест Сибири. Исследования проведены в рабочем поселке Ордынский Новосибирской области на экспериментальной установке, предназначенной для очистки природной подземной воды из скважин. В результате установлено, что предварительная аэрация и реагентная обработка воды с последующим фильтрованием на двух ступенях осветлительных фильтров, загруженных новым фильтрующим материалом «Диамикс Аква», обеспечивают питьевое качество очищенной воды. Разработана новая технологическая схема водоподготовки для питьевого водоснабжения поселка, включающая новое оборудование, материалы и реагенты, с повторным использованием промывных сточных вод и утилизацией водопроводного осадка.

**Ключевые слова:** обезжелезивание, деманганация, подземные воды, гуминовые комплексы, окислители, твердые осадки, перманганат калия, гипохлорит натрия, каустик, осветлительные фильтры, ионо-обменные фильтры, диамикс, фильтроцикл, стехиометрия

**Для цитирования:** Войтов Е.Л., Сколубович Ю.Л., Рафальская Т.А., Шевцов М.Н. Подготовка питьевой воды из скважин с высоким содержанием железа и марганца // Вестник Инженерной школы Дальнево-сточного федерального университета. 2024. № 2(59). С. 53–61.

Original article

## Preparation of underground water with a high content of iron and manganese for drinking water supply

Evgeny L. Voytov<sup>1</sup>, Yuriy L. Skolubovich<sup>1</sup>, Tatyana A. Rafalskaya<sup>1</sup>, Mikhail N. Shevtsov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russian Federation

<sup>2</sup> Pacific National University, Khabarovsk, Russian Federation

✉ [voitovel@ya.ru](mailto:voitovel@ya.ru)

**Abstract.** When using groundwater for drinking water supply to villages, there is often a need for their deferrization and demanganization. Water with excess iron and manganese content has an unpleasant taste and causes diseases of the cardiovascular, skeletal and reproductive systems of humans. High water hardness leads to atherosclerosis and urolithiasis. The purpose of this study is to develop a technological scheme for the

preparation of drinking water from underground sources for water supply to small populated areas in Siberia. The research results were obtained by conducting experimental studies. The research was carried out at an experimental installation in the working village of Ordynsky, Novosibirsk region, for the purification of natural groundwater from wells. As a result of research, it was established that preliminary aeration and reagent treatment of water followed by filtration on 2-stage clarification filters loaded with the new Diamix Aqua filter material ensures the drinking quality of purified water. A new technological scheme for water treatment for the drinking water supply of the village has been developed, including new equipment, materials and reagents, with the reuse of rinsing wastewater and disposal of water sludge.

**Keywords:** deferrization, demanganation, groundwater, humic complexes, oxidizers, solid sediments, potassium permanganate, sodium hypochlorite, caustic, clarifying filters, ion-exchange filters, diamix, filter cycle, stoichiometry

**For citation:** Voitov E.L., Skolubovich Yu.L., Rafalskaya T.A., Shevtsov M.N. Preparation of underground water with a high content of iron and manganese for drinking water supply. *FEFU: School of Engineering Bulletin*, 2024, no. 2(59), pp. 53–61. (In Russ.).

## Введение

При использовании подземных вод нередко возникает необходимость в их обезжелезивании и деманганации. Длительное употребление воды с повышенным содержанием железа приводит к заболеваниям печени, увеличивает риск инфарктов, негативно влияет на репродуктивную функцию организма. Избыток марганца вызывает окраску и вяжущий привкус, заболевания костной системы. Вода с повышенным содержанием железа (более 0,3 мг/л) и марганца (свыше 0,1 мг/л) причиняет неудобства в быту, неприятна на вкус. Повышенная жесткость воды вызывает атеросклероз и мочекаменную болезнь [1].

Общий анализ качества подземной воды показал, что подземные воды, подаваемые от скважин поселка, относятся к 3-му классу, то есть доведение воды до питьевого качества, отвечающего ГОСТ<sup>2</sup> и СанПиН<sup>3</sup>, требует ее аэрации, реагентной обработки, двухступенчатого фильтрования и обеззараживания. В подземной воде предельно допустимые концентрации (ПДК) по железу и марганцу превышены до 10 раз, жесткости – до 1,5 раз. Остальные показатели качества удовлетворяют нормативным требованиям. Однако подземная вода, подаваемая на водоснабжение поселка, не обеззараживается, что может приводить к эпидемиологическим заболеваниям.

Классическая технология обезжелезивания подземных вод основана на их предварительной аэрации и последующем фильтровании [2]. В процессе предварительной аэрации из воды удаляется избыток углекислоты, и она обогащается кислородом воздуха. Это способствует повышению pH и первичному окислению соединений железа в воде. В контактном резервуаре происходят реакция окисления железа растворенным в воде кислородом воздуха и выделение из воды пузырьков воздуха.

Окисления в воде соединений марганца простой аэрацией обычно недостаточно. Основное разрушение комплексных соединений железа и частично марганца, их окисление достигаются путем введения в обрабатываемую воду сильного окислителя (хлора, озона, перманганата калия и т.п.). Образующиеся при этом оксиды железа и марганца извлекаются из воды фильтрованием через зернистую загрузку.

Окисление ионов двухвалентного марганца растворенным в воде кислородом воздуха (в результате аэрации) протекает эффективно и достаточно при ее подщелачивании (обычно известью или едким натром) до pH более 9,5. Однако такой метод реагентной обработки связан, во-первых, с усложнением эксплуатации и повышением требований безопасности производства при приготовлении и использовании едких химических растворов, а во-вторых, вызывает проблему образования и необходимость утилизации твердых осадков гидроксида кальция

<sup>2</sup> ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора.

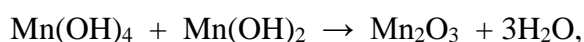
<sup>3</sup> СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

с применением извести, а также способствует увеличению концентрации ионов  $\text{Na}^+$  свыше ПДК при использовании каустика. Применение в качестве окислителя для исходной воды больших доз хлора или его соединений нежелательно, вследствие его способности вступать в реакции замещения с образованием токсичных, трудноокисляемых хлорорганических (в частности, хлорфенольных) соединений. Для предотвращения образования хлорорганических соединений рекомендуется ограничить содержание активного хлора в поступающей воде концентрацией 2 мг/л [3].

Перманганат калия при деманганации воды позволяет быстро и эффективно окислять  $\text{Mn}(2)$  до нерастворимого диоксида. Образующийся дисперсный осадок  $\text{MnO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  или  $\text{Mn}(\text{OH})_4$ , имея большую удельную поверхность (300 м<sup>2</sup>/г), является, в свою очередь, эффективным сорбентом и катализатором окисления  $\text{Mn}(2)$  до  $\text{Mn}(4)$  растворенным в воде кислородом:



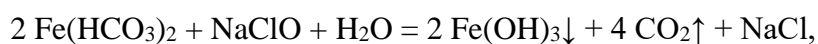
При фильтровании на поверхности зерен загрузки образуется слой отрицательно заряженного осадка гидроксида марганца  $\text{Mn}(\text{OH})_4$ , который адсорбирует положительно заряженные ионы  $\text{Mn}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{2+}$ . Гидролизуясь, эти ионы реагируют с осадком  $\text{Mn}(\text{OH})_4$ , образуя хорошо окисляемый  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  по реакциям:



Очистить воду от марганца перманганатом можно на 95–99% [1]. Однако использование перманганата калия в качестве реагента при подготовке питьевой воды ограничивается его высокой дефицитностью и дороговизной.

Одной из эффективных современных, а главное – безопасных для здоровья схем химического окисления воды для её очистки является метод окисления гипохлоритом натрия [5]. Даже без угольной очистки после дозации гипохлорита и обезжелезивания вода становится чистой и пригодной для использования в быту.

Процесс окисления двухвалентного железа происходит по формуле

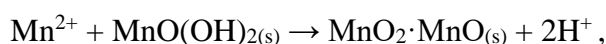


Являясь сильным окислителем, кислород воздуха всегда ищет источник окисления и вступает в химическую реакцию с этим веществом. В глубоких артезианских скважинах железо находится в растворенном состоянии и при попадании в воду кислорода со временем превращается в коллоидный раствор железа ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ). После коагуляции коллоидный раствор превращается в гидроксид железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), образуя твердый осадок, который задерживается в загрузке фильтра-обезжелезивателя.

Гипохлорит выигрывает перед кислородом воздуха, так как последний действует медленно и быстро расходуется на окисление, а гипохлорит действует эффективнее как по времени, так и по эффективности. При взаимодействии с растворенным железом, марганцем, сероводородом и органическими веществами гипохлорит легко отдает атом кислорода. Углекислый газ, освободившись от молекулы железа, улетучивается, а окисленное до твердого трехвалентного состояния железо выпадает в осадок и задерживается в фильтрующей среде обезжелезивателя.

При введении в загрязненную воду гипохлорита натрия эффект окисления достигается в достаточной мере при значениях pH не менее 8,0–8,5 и времени контакта 60–90 минут. Требуемая доза реагента для окисления  $\text{Mn}^{2+}$  до  $\text{Mn}^{4+}$  по стехиометрии составляет 1,3 мг на каждый миллиграмм растворенного  $\text{Mn}^{2+}$ , на практике – выше. Максимальная концентрация  $\text{Mn}^{2+}$  в воде до 7 мг/л, pH > 6,5.

Реакции окисления ионов марганца в воде с помощью гипохлорита натрия можно описать следующими уравнениями [12]:





### Цель работы

На основании анализа качества подземной воды и технологий водоподготовки были определены наиболее рациональные технологические схемы обработки воды:

- 1) аэрация с последующей реагентной обработкой перманганатом калия, двухступенчатое фильтрование через зернистую загрузку и последующее обеззараживание;
- 2) то же с реагентной обработкой воды гипохлоритом натрия.

Кроме того, для снижения повышенного содержания в очищенной воде солей жесткости после осветительных фильтров технологическая схема очистки должна быть дополнена ионообменными умягчительными фильтрами.

Цель данного исследования – разработка технологической схемы подготовки питьевой воды из подземных источников для водоснабжения малых населенных мест Сибири.

### Оборудование и материалы

Экспериментальные исследования проводились в рабочем поселке Ордынское Новосибирской области, использующем в качестве источника водоснабжения 13 скважин с повышенным содержанием железа, марганца и солей жесткости. Для определения оптимальной технологии водоподготовки в контейнере вблизи одной из водозаборных скважин поселка была смонтирована пилотная установка по очистке подземной воды (рис. 1).

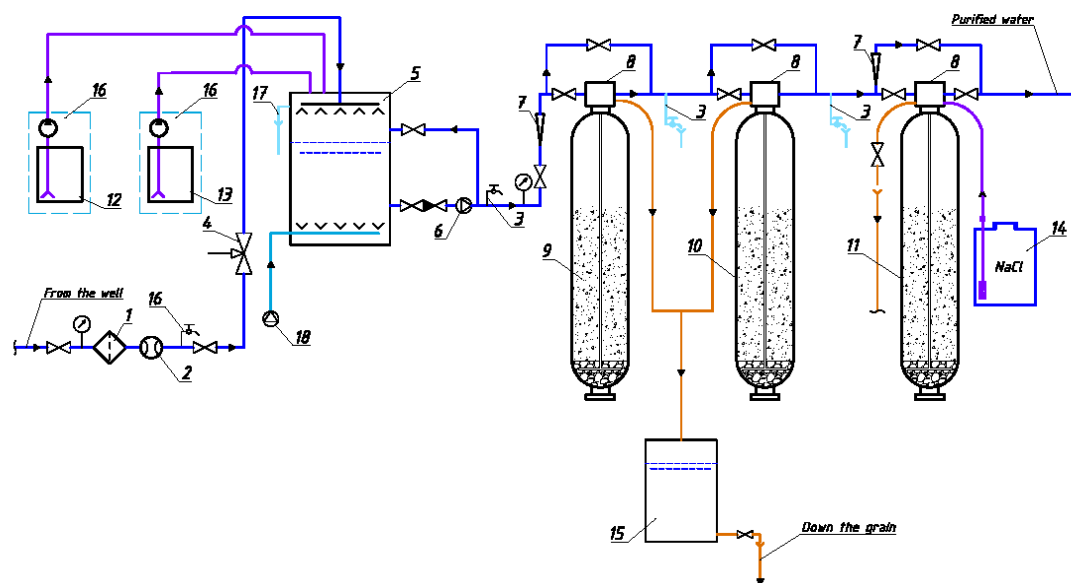


Рис. 1. Схема пилотной установки по очистке подземной воды:

- 1 – фильтр грубой очистки; 2 – водомер; 3 – пробоотборник; 4 – водовоздушный эжектор;
- 5 – контактный резервуар-аэратор; 6 – подкачивающий насос; 7 – ротаметр; 8 – клапаны управления работой фильтра; 9 – фильтр с загрузкой «Диамикс Аква» d= 0,7–2,0 мм;
- 10 – фильтр с загрузкой «Диамикс Аква» d = 0,3–0,7 мм; 11 – ионообменный фильтр;
- 12 – расходный бак перманганата калия; 13 – расходный бак гипохлорита натрия;
- 14 – солевой бак NaCl; 15 – бак отработанной промывной воды; 16 – дозировочный насос;
- 17 – перелив; 18 – компрессор

Fig. 1. Scheme of a pilot plant for groundwater purification: 1 – coarse filter; 2 – water meter; 3 – sampler; 4 – water-air ejector; 5 – contact tank-aerator; 6 – booster pump; 7 – rotameter; 8 – valves for controlling the operation of the filter; 9 – filter with loading “Diamix Aqua” d= 0.7–2.0 mm; 10 – filter with loading “Diamix Aqua” d = 0.3–0.7 mm; 11 – ion exchange filter; 12 – potassium permanganate supply tank; 13 – sodium hypochlorite supply tank; 14 – NaCl salt tank; 15 – waste rinsing water tank; 16 – dosing pump; 17 – overflow; 18 – compressor

В качестве фильтрующего материала для фильтров 1-й и 2-й ступеней применен Диамикс-Аква – новый материал производства ООО «Diamix», включенного в реестр европейских сертифицированных производителей сорбентов. Диамикс-Аква изготовлен на основе диатомиита с высокой сорбционной способностью, химически стоек и совместим со всеми видами окислителей.

Высота слоев загрузок во всех фильтрах составляла 600 мм. Продолжительность фильтроциклов (время между промывками) ограничивалась 48 часами согласно нормам санитарной надежности<sup>4</sup>. Скорость фильтрования на всех фильтрах – 8–10 м/ч. С помощью манометров измерялись потери напора в фильтрующих загрузках в начале и в конце фильтроциклов. В качестве реагентов-окислителей исследовались перманганат калия и гипохлорит натрия. Цель исследования реагентов – оценка их эффективности как катализаторов окисления железа и марганца в воде и определение рабочих доз. Отбор проб обрабатываемой воды в процессе водоочистки производился не реже одного раза в час.

Анализ проб воды производился с помощью спектрофотометра DR/2500 “ODYSSEY” компании “Hach Lange” (г. Дюсельдорф). Ежечасные экспресс-анализы pH и концентрации хлора в воде осуществлялись с помощью тест-прибора для бассейнов Pooltest hth ARCH AMBOISE, величины общей жесткости – с помощью тест-комплекта «Общая жесткость» ЗАО «Кристалмас+» (г. Санкт-Петербург).

### Результаты экспериментальных исследований

В первой серии экспериментальных работ исследовалась очистка подземной воды (см. таблицу).

**Суточные средние показатели качества очищаемой подземной воды при использовании в качестве реагентов перманганата калия и гипохлорита натрия**  
 Daily average quality indicators of purified groundwater when using potassium permanganate and sodium hypochlorite as reagents

Точка отбора проб	Fe <sub>общее</sub> , мг/л	Mn, мг/л	Жобщая, ммоль/л	pH	Активный хлор, мг/л	Продолжительность фильтро-цикла, ч
Перманганат калия, D <sub>KMnO4</sub> = 1,5 мг/л						
Исходная (скважина)	0,35	0,63	9,0	7,8	0,0	24
После аэрации	0,35	0,60	8,8	8,1	0,0	
После фильтра 1-й ст.	0,00	0,30	7,5	8,0	0,0	
После фильтра 2-й ст.	0,00	0,05	7,2	8,0	0,0	
Гипохлорит натрия, D <sub>NaClO</sub> = 2 мг/л						
Исходная (скважина)	0,30	0,60	7,8	7,5	0,0	48
После аэрации	0,30	0,62	7,7	8,2	1,7	
После фильтра 1-й ст.	0,05	0,50	7,5	8,1	1,5	
После фильтра 2-й ст.	0,00	0,00	7,4	8,1	1,1	
<i>Примечание 1.</i> Состав основных сооружений опытной установки: бак-аэратор, фильтр 1-й ступени, фильтр 2-й ступени, ионообменный фильтр (при необходимости).						
<i>Примечание 2.</i> Согласно СанПин, предельно допустимая концентрация железа в воде составляет 0,3 мг/л, марганца – 0,1 мг/л.						

В результате опытов установлено, что в исходной подземной воде в период проведения исследований наблюдалось превышение ПДК незначительное по содержанию железа и шестикратное по марганцу. Ранее проведенные исследования показали, что аэрация подземной

<sup>4</sup> СП 517.1325800.2022 «Эксплуатация централизованных систем, сооружений водоснабжения и водоотведения». 2022. 93 с.

воды с последующим фильтрованием гарантирует достижение ПДК по содержанию железа даже при безреагентной ее обработке. Предварительная аэрация воды с последующим фильтрованием практически не снижала концентрации марганца в очищаемой воде без применения реагентов.

Подщелачивание исходной воды до  $pH=8,5\div 9,0$  обеспечивало снижение содержания марганца в очищаемой воде. Повышение значения  $pH$  воды свыше 9,0 невозможно в связи с необходимостью последующего подкисления очищенной воды для достижения ПДК и усложнением технологии водоподготовки.

Аэрация воды с последующим введением перманганата калия дозой 1–1,5 мг/л и дальнейшее двухступенчатое фильтрование на фильтрах с загрузкой Диамикс Аква обеспечивали снижение содержания марганца в очищенной воде до ПДК. Продолжительность фильтроцикла при скорости фильтрования 8–10 м/ч составляла одни сутки.

Аэрация воды с последующим введением гипохлорита натрия дозой 1,5–2 мг/л по содержанию активного хлора и двухступенчатое фильтрование на фильтре с загрузкой Диамикс обеспечивали снижение содержания марганца в очищенной воде до ПДК. При этом содержание хлора в очищенной воде не превышало 1,25 мг/л, что приемлемо для станций водоподготовки и позволяло исключить необходимость дополнительного обеззараживания воды. Величина общей жесткости очищенной воды достигала 7,5 мг-экв./л, что превышало ПДК (7,0 мг-экв./л). Таким образом, рекомендуемая для проектирования схема очистки подземной воды должна включать сооружения по ее умягчению.

Продолжительность фильтроцикла при скорости фильтрования 8–10 м/ч превышала 2,5 суток. Однако, согласно правилам эксплуатации станций водоподготовки подземных вод, необходимость поддержания санитарного состояния загрузок фильтров ограничивает продолжительность фильтроцикла двумя сутками<sup>5</sup>, что должно учитываться при проектировании водоподготовительных сооружений.

Во второй серии исследований изучалась очистка отработанных промывных вод фильтров с целью разработки технологии их утилизации [6]. Выбор эффективных реагентов и определение оптимальных доз коагулянтов и флокулянтов для обработки промывной воды произведены на основании результатов пробного коагулирования и отстаивания проб воды в стеклянных цилиндрах емкостью 1 л, проведенных по стандартным методикам.

На первом этапе опытов исследовалась очистка промывной воды фильтров, участвовавших в технологии обработки подземной воды перманганатом калия в течение одних суток. Хорошо перемешанная промывная вода помещалась в литровые цилиндры, в которые вводились растворы коагулянтов – оксихлорида алюминия или сульфата железа с дозами от 10 до 40 мг/л. Для укрупнения образующихся при этом хлопьев гидроксида алюминия или железа и ускорения их осаждения вводился раствор Праестола 650 ТР с дозами от 0,05 до 2,0 мг/л

Наилучший эффект осветления промывной воды получен ее коагулированием раствором оксихлорида алюминия с дозой 20 мг/л и добавлением раствора Праестола с дозой 1 мг/л. Время полного осаждения взвеси гидроксида алюминия составило 1 час. Весь гидроксидный осадок осел плотной массой на дно цилиндра. Объем осадка составил 8% от объема промывной воды. Однако отстаиваемая промывная вода содержала трудно выделяемую тонкую взвесь и была непрозрачной и высокоцветной.

На втором этапе опытов исследовалась очистка промывной воды фильтров, участвовавших в технологии обработки подземной воды гипохлоритом натрия в течение 2,5 суток. Также исследована очистка промывных вод их коагулированием оксихлоридом алюминия, сульфатом железа с применением флокулянта Праестол и без флокулянта. Пробное коагулирование воды позволило установить наиболее эффективные реагенты и подобрать их оптимальные дозы. Наилучший результат достигнут при использовании в качестве коагулянта оксихлорида алюминия с дозой 20 мг/л без применения флокулянтов. При этом отстаиваемая в

<sup>5</sup> СП 517.1325800.2022 «Эксплуатация централизованных систем, сооружений водоснабжения и водоотведения». 2022. 93 с.

течение 0,5 часа вода в цилиндре имела высокую прозрачность. Осадок имел высокую плотность и занимал малый объем (6% от объема цилиндра).

### Рекомендуемая технологическая схема водоподготовки

По результатам исследований и с учетом отечественного опыта очистки природных вод [7–10] разработана технологическая схема подготовки питьевой воды для водоснабжения рабочего поселка Ордынское Новосибирской области (рис. 2).

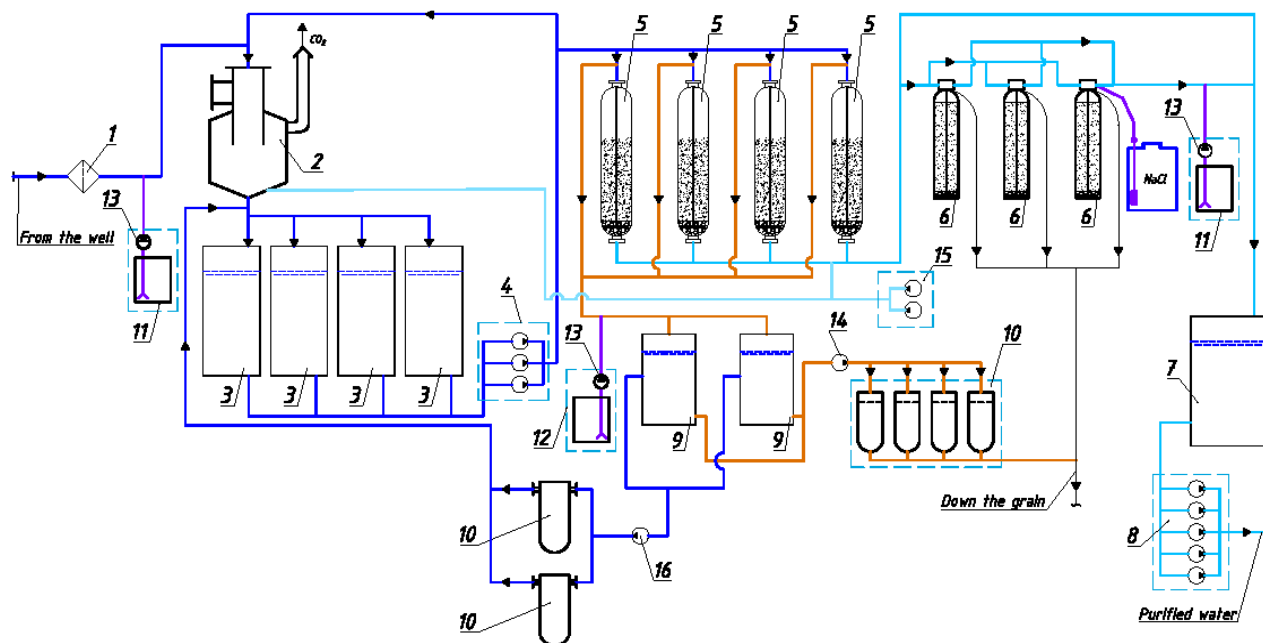


Рис. 2. Технологическая схема обработки воды:

- 1 – защитный грязевый фильтр; 2 – струйный вихревой декарбонизатор; 3 – контактные баки;
- 4 – насосная станция подкачки воды; 5 – фильтры осветлительные; 6 – фильтры умягчительные;
- 7 – резервуар чистой воды; 8 – насосная станция очищенной воды; 9 – баки промывной воды;
- 10 – мешочные фильтры; 11 – установки дозирования гипохлорита натрия; 12 – установка дозирования коагулянта; 13 – насос дозирования флокулянта; 14 – шнековый насос;
- 15 – компрессорная станция; 16 – насос промывных вод

Fig. 2. Technological scheme of water treatment:

- 1 – protective dirt filter; 2 – jet vortex decarbonizer; 3 – pin tanks; 4 – water pumping station;
- 5 – clarification filters; 6 – softening filters; 7 – clean water tank; 8 – purified water pumping station;
- 9 – wash water tanks; 10 – bag filters; 11 – sodium hypochlorite dosing installation; 12 – coagulant dosing installation; 13 – flocculant dosing pump; 14 – screw pump; 15 – compressor station;
- 16 – wash water pump

### Выводы

1. Предварительная аэрация и реагентная обработка воды с последующим фильтрованием на двух ступенях осветлительных фильтров, загруженных сорбционным материалом Диамикс-Аква, обеспечивают высокое качество ее очистки, отвечающее требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

2. Безнапорная система аэрации с баком-аэратором открытого типа, дополненная водовоздушным эжектором, установленным на подающем трубопроводе от скважин, обеспечивает насыщение исходной подземной воды кислородом воздуха и смешивание обрабатываемой воды с растворами реагентов.

3. Реагентами-катализаторами процесса окисления металлов в воде могут являться перманганат калия или гипохлорит натрия, вводимые в исходную воду. Применение гипохлорита

натрия является более предпочтительным, так как обеспечивает образование в загрузках фильтров более плотного по структуре осадка, что увеличивает в 2–3 раза межрегенерационный период работы фильтров и соответственно сокращает необходимый объем очищенной промывной воды.

4. В загрузках зернистых осветлительных фильтров при окислении металлов образуются и задерживаются хлопья гидроксидов железа или марганца. Для гарантированного удаления нерастворимых соединений металлов из воды необходимо двухступенчатое последовательное фильтрование на скорых фильтрах, загруженных гранулированным сорбционным материалом производства компании ООО «Диамикс Аква» определенного фракционного состава.

5. Для снижения повышенного содержания в очищенной воде солей жесткости после осветлительных фильтров технологическая схема очистки должна быть дополнена ионообменными умягчительными фильтрами.

6. Промывка осветлительных фильтров, загруженных Диамикс Аква, производится очищенной водой с интенсивностью  $7 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$  в течение 10 минут. Для сокращения расхода промывной воды и повышения эффективности промывки фильтров рекомендуется применение их раздельной водовоздушной промывки.

7. Отработанная грязная промывная вода подвергается реагентной обработке, отстаиванию в течение 1 часа, фильтруется и постепенно перекачивается в контактные баки. Образовавшийся осадок обезжелезивается и вывозится в места, согласованные с органами санитарной охраны, или утилизируется в производстве строительных изделий, бетонов или растворов.

8. На основании проведенных экспериментальных исследований разработана и рекомендована к применению общая технологическая схема подготовки питьевой воды для малых населенных мест Сибири из подземных источников с повышенным содержанием железа и марганца.

#### ВКЛАД АВТОРОВ | CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

All authors made an equivalent contribution to the publication. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ | CONFLICT OF INTEREST

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Использование подземных вод для водоснабжения населенных пунктов Кемеровской области / Ю.Л. Сколубович, Е.Л. Войтов, Д.Д. Волков, Е.С. Гогина, Краснова Т.А., Е.И. Пупырев, В.С. Петросян // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2019. № 11(143). С. 50–55. EDN: MTPZEY
2. Фрог Б.Н., Первов А.Г. Водоподготовка. Москва: Издательство АСВ, 2015. 512 с.
3. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Гетманцев С.В. Коагуляция в технологии очистки природных вод. Москва: Научное издание, 2006. 576 с.
4. Дзюбо В.В., Алферова Л.И. Перспективные технологии очистки и кондиционирования подземных вод для питьевого водоснабжения в Западно-Сибирском регионе // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2005. Т. 7, № 5. С. 501–521.
5. Войтов Е.Л., Сколубович Ю.Л., Майков В.М., Шведков П.В. Подготовка питьевой воды из подземного источника с повышенным содержанием железа и марганца // Известия вузов. Строительство. 2023. № 2(770). С. 44–55. <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2023-770-2-44-55>
6. Сколубович Ю.Л., Пазенко Т.Я., Колова А.Ф., Войтов Е.Л., Волков Д.Д., Гогина Е.С. Реагентная очистка промывных вод фильтров // Известия вузов. Строительство. 2018. № 6(714). С. 27–37. EDN: VJYSUB



7. Инновационные технологии в системах водоснабжения и водоотведения: материалы Международной научно-практической конференции (24–25 октября 2019 г.) / под ред А.Н. Плотникова и др. Чебоксары: Среда, 2019. 152 с
8. Дзюбо В.В., Алферова Л.И. Перспективные технологии очистки и кондиционирования подземных вод для питьевого водоснабжения в Западно-Сибирском регионе // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2005. Т. 7, № 5. С. 501–521.
9. Орлов В. А. Реконструкция систем водоснабжения. Москва: Издательство АСВ, 2017. 208 с.
10. Журба М.Г., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Т. 2. Улучшение качества воды. Москва: Издательство АСВ, 2008. 544 с.

## REFERENCES

1. Skolubovich Yu.L., Voitov E.L., Volkov D.D., Gogina E.S., Krasnova T.A., Pupyrev E.I., Petrosyan V.S. The use of groundwater for water supply of settlements of the Kemerovo region. *Water purification. Water treatment. Water supply*, 2019, no. 11(143), pp. 50–55. (In Russ.).
2. Frog B.N., Pervov A.G. Water treatment. Moscow, ASV Publ., 2015. 512 p. (In Russ.).
3. Draginsky V.L., Alekseeva L.P., Getmantsev S.V. Coagulation in natural water purification technology. Moscow, Nauchnoe izdanie Publ., 2006. 576 p. (In Russ.).
4. Dzyubo V.V., Alferova L.I. Promising technologies for purification and conditioning of groundwater for drinking water supply in the West Siberian region. *Water management of Russia: problems, technologies, management*, 2005, vol. 7, no. 5, pp. 501–521. (In Russ.).
5. Voitov E.L., Skolubovich Yu.L., Maikov V.M., Shvedkov P.V. Preparation of drinking water from an underground source with a high content of iron and manganese. *News of Higher Educational Institutions. Construction*, 2023, no. 2, pp. 44–55. (In Russ.). <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2023-770-2-44-55>
6. Skolubovich Yu.L., Pazenko T.Ya, Kolova A.F., Voitov E.L., Volkov D.D., Gogina E.S. Reagent purification of washing filters. *News of Higher Educational Institutions. Construction*, 2018, no. 6(714), pp. 62–71. (In Russ.).
7. Plotnikov A. N. [and others]. Innovative technologies in water supply and sanitation systems: collection articles based on materials from the International Scientific and Practical Conference (October 24–25, 2019). ed. coll.: Cheboksary: Sreda Publ., 2019. 152 p. (In Russ.).
8. Dzyubo V.V., Alferova L.I. Promising technologies for purification and conditioning of groundwater for drinking water supply in the West Siberian region. *Water management of Russia: problems, technologies, management*, 2005, vol 7, no. 5, pp. 501–521. (In Russ.).
9. Orlov V.A. Reconstruction of water supply systems. Moscow, ASV Publ., 2017. 208 p.
10. Zhurba M.G., Govorova Zh.M. Water supply. vol. 2. Improving water quality. Moscow, ASV Publ, 2008. 544 p. (In Russ.).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Войтов Евгений Леонидович** – доктор технических наук, доцент, профессор, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Российская Федерация, [voitovel@ya.ru](mailto:voitovel@ya.ru)

**Evgeny L. Voytov**, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russian Federation, [voitovel@ya.ru](mailto:voitovel@ya.ru)

**Сколубович Юрий Леонидович** – доктор технических наук, профессор, ректор, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Российская Федерация, [skolubovich@sibstrin.ru](mailto:skolubovich@sibstrin.ru)

**Yuriy L. Skolubovich**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Rector of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russian Federation, [skolubovich@sibstrin.ru](mailto:skolubovich@sibstrin.ru)

**Рафальская Татьяна Анатольевна** – доктор технических наук, доцент, профессор, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Российская Федерация, [rafalskaya@mail.ru](mailto:rafalskaya@mail.ru)

**Tatyana A. Rafalskaya**, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russian Federation, [rafalskaya@mail.ru](mailto:rafalskaya@mail.ru)

**Шевцов Михаил Николаевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Российская Федерация, [000458@pnu.edu.ru](mailto:000458@pnu.edu.ru)

**Mikhail N. Shevtsov**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department, Pacific National University, Khabarovsk, Russian Federation, [000458@pnu.edu.ru](mailto:000458@pnu.edu.ru)

Статья поступила в редакцию / Received: 24.04.2024.

Доработана после рецензирования / Revised: 01.06.2024.

Принята к публикации / Accepted: 10.06.2024.