

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ МОДУЛЕЙ ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ РАЙОНОВ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Санин Г. М., Рукобратский Н. И., Баруздин Р. Э.

SELECTING ENGINEERING SOLUTIONS FOR WATER TREATMENT MODULES IN THE OIL AND GAS FIELD AREAS OF THE FAR NORTH

Sanin G. M., Rukobratsky N. I., Baruzdin R. E.

Аннотация

Введение. Приводятся данные по технологическим решениям модулей водоподготовки, входящих в состав комплексов хозяйственно-питьевого водоснабжения небольших населенных пунктов, расположенных в районах Крайнего Севера, поверхностными источниками водоснабжения которых являются маломутные высокоцветные воды. К таким источникам относятся речные сети р. Оби (включая южную зону Обской губы Карского моря), р. Пури и р. Таза (включая Тазовскую губу Карского моря). **Методы.** Представлен анализ применяемых технологий водоподготовки, реагентов и материалов, а также технологических режимов обработки воды, установлены причины неудовлетворительной работы эксплуатируемых модулей водоподготовки, реализующих физико-химические методы очистки воды. **Результаты.** Установлено, что применение в качестве загрузки скорых фильтров зернистых материалов (автокаталитические сорбенты АС и МС, МЖФ) малоэффективно, так как они предназначены для очистки бесцветных подземных вод с повышенным содержанием диссоциированных соединений двухвалентного железа и марганца. Эксплуатация модулей в течение года осуществляется без учета сезонных колебаний качественного состава исходной воды и реагентами с утраченными активными свойствами. **Заключение.** На основании проведенных исследований предложены технологические решения для очистки маломутных высокоцветных вод поверхностных источников, обеспечивающие достижение целевых качественных показателей, соответствующих наилучшим доступным технологиям.

Ключевые слова: модули водоподготовки, очистка маломутных высокоцветных вод, загрузка фильтров.

Abstract

Introduction. The article provides data on engineering solutions for water treatment modules being part of the utility and drinking water supply complexes in small settlements located in the Far North, where low-turbidity, high-colored waters serve as the surface sources of water supply. These sources include the river networks of the Ob River (including the southern area of the Gulf of Ob, Kara Sea), Pur River, and Taz River (including the Gulf of Taz, Kara Sea). **Methods.** We present an analysis of the applied water treatment technologies, reagents, and materials, as well as water processing modes, and establish the reasons for the unsatisfactory performance of the operated water treatment modules implementing physical-and-chemical methods of water purification. **Results.** It is found that the use of granular materials as media for rapid filters (AS, MS, MZHF autocatalytic sorbents) is not very effective since they are intended for the purification of colorless groundwater with a high content of dissociated compounds of divalent iron and manganese. Throughout the year, the modules operate without account for seasonal fluctuations in the qualitative composition of the source water and with reagents that have lost their active properties. **Conclusion.** Based on the conducted studies, we propose engineering solutions for the purification of low-turbidity, high-colored waters of surface sources, making it possible to achieve target quality indicators complying with the best available technologies.

Keywords: water treatment modules, purification of low-turbidity, high-colored waters, filter media.

Введение

Освоение нефтегазовых районов Крайнего Севера является национальным приоритетом Российской Федерации и предусматривает создание на этих территориях комфортных и достойных условий для проживания населения, одним из которых является обеспечение жителей качественной питьевой водой.

Начиная с 2000-х годов в небольших населенных пунктах вводились в эксплуатацию малогабаритные комплексы хозяйственно-питьевого водоснабжения в блочно-модульном исполнении производительностью до 1000 м³/сут. Модули водоподготовки представляли собой серийные изделия как импортного, так и отечественного производства, реализующие технологии водо-

очистки, не в полной мере адаптированные к конкретному источнику водоснабжения и условиям эксплуатации оборудования в северных широтах. Поэтому работа водопроводных очистных сооружений (ВОС) и показатели качества очищенной воды не всегда соответствовали нормативным требованиям питьевой [5, 6].

При эксплуатации ВОС возникали проблемы, связанные с техническим обслуживанием модулей водоочистки, снабжением, хранением реагентов и расходных материалов.

Предмет, задачи и методы исследования

Цель работы — повышение эффективности и надежности работы малогабаритных модулей водоподготовки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить две задачи:

1) выполнить анализ технологических решений, положенных в основу эксплуатируемых модулей водоподготовки, и определить причины их неудовлетворительной работы;

2) разработать принципиальное технологическое решение по совершенствованию модулей водоподготовки применительно к обработке маломутных и высокоцветных вод поверхностных водоисточников.

Крайний Север РФ — это малоосвоенные территории, поверхностные водоисточники которых относятся к маломутным цветным водам с высокой окисляемостью, повышенным содержанием органоминеральных соединений железа и марганца, нефтепродуктов и фенола, превышающим ПДК для воды питьевого качества, а по минеральному составу — к классу гидрокарбонатных слабоминерализованных мягких вод.

В поверхностных водоисточниках происходят сезонные колебания концентраций загрязняющих веществ. При этом негативное влияние на экологическое состояние водоисточника оказывают эксплуатация нефтегазовых месторождений, сплав леса по рекам и сброс хозяйственно-бытовых сточных вод от населенных пунктов.

В табл. 1 приведены показатели качества воды в нижнем течении р. Таз на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (Ващенко Е. Д. Исследование воды Пуровского района ЯНАО. НИР. Результаты мониторинга качества питьевой воды в округе. Отчет управления Роспотребнадзора по ЯНАО за 6 месяцев 2017 г.).

Максимальные значения таких показателей, как цветность, перманганатная окисляемость, аммоний азота, наблюдаются в период ледостава (зимняя межень), в летнюю межень к этим показателям добавляются железо, нефтепродукты и фенолы. В короткий период весеннего половодья и осеннего паводка происходит существенное снижение концентраций вышеперечисленных ингредиентов. Максимальное увеличение мутности наблюдается в осенний паводок. Как видно из данных, представленных в табл. 1, качество воды р. Таз не отвечает требованиям СанПиН 2.1.4 1074–01 и СанПиН 2.1.5.980–00 по мутности, цветности, перманганатной окисляемости, нефтепродуктам, железу общему, аммонийному азоту и фенолам.

Кроме этого, исследования показали, что вода р. Таз агрессивна по отношению к бетону (индекс Ланжелье $J < 0$) и обладает недопустимыми коррозионными свойствами по отношению к металлам (индекс Ризнера $ИР > 9,0$).

В настоящее время для водоснабжения малых населенных пунктов в бассейне р. Таз используются водопроводные очистные сооружения (ВОС) производительностью до 1000 м³/сут. Технологические схемы модулей водоподготовки ВОС, которые отражают основные технологические операции обработки воды, представлены на рис. 1.

Механическая очистка предназначена для удаления грубодисперсных примесей, планктона, водорослей, песка [1, 11, 13, 17]. В модулях водоподготовки 1, 2 применяются сетчатые фильтры с приводами обратной промывки Honeywell (www.honeywell.ru), Cintropur NW650 (www.ecovita.ru) и Arkal (<https://promfilters.ru/arkal>). В модулях 1, 3 в целях химической деструкции органических веществ (гуматы, фульвокислоты и др.), а также соединений железа и марганца в виде трудноокисляемых органоминеральных комплексов проводится предварительное хлорирование воды гипохлоритом натрия марки «А», который поставляется на ВОС в канистрах с концентрацией активного хлора 18 % или получают на месте электролизом раствора поваренной соли. Массовая доза реагента по свободному активному хлору в зависимости от концентрации загрязняющих веществ колеблется от 5 до 12 мг/л.

Показатели качества воды р. Таз

Номер	Показатели	Ед. изм.	Значения показателей в условиях гидрологических режимов						ПДК по СанПиН 2.1.4.1074-01 с учетом ГН 2.1.4 1315-03	ПДК по СанПиН 2.1.5.980-00 с учетом ГН 2.1.5 1315-03
			Зимняя межень			Весеннее половодье				
			mid	min	max	mid	min	max		
1	Обобщенные показатели качества									
1.1	Температура	°С	2,5	1	4	3,5	3	4	–	–
1.2	Запах при 20 °С	балл	1	0	2	0,5	0	1	2	–
1.3	Мутность	мг/л	3,3	1,4	5,2	1,4	0,7	2,1	1,5	–
1.4	Цветность	град	171	142	200	45	24	65	20	–
1.5	рН	–	6,3	6,1	6,5	6,1	5,9	6,3	6,0–9,0	6,5–8,5
1.6	Жесткость общая	ммоль/л	1	0,8	1,2	0,71	0,41	1	7	7
1.7	Щелочность	ммоль/л	0,67	0,62	0,72	0,56	0,38	0,73	–	–
1.8	Окисляемость перманганатная	мг/л	20,9	17,2	24,6	5,3	4,7	5,8	5	–
1.9	Сухой остаток	мг/л	67	64	70	45	40	50	1000	1000
1.10	Фенолы	мг/л	0	0	0	0	0	0	0,001	0,001
1.11	Нефтепродукты	мг/л	0,02	0,01	0,03	0,005	0	0,01	0,1	0,1
2	Показатели химического состава воды									
2.1	Железо общее	мг/л	1,7	1,0	2,3	1,3	0,9	1,7	0,3	0,3
2.2	Марганец	мг/л	0,18	0,15	0,2	–	–	–	0,1	0,1
2.3	Азот аммонийный	мг/л	4,6	2,9	6,3	2,2	0,1	0,35	1,5	1,5
2.4	Нитриты	мг/л	0,004	0,003	0,006	0,009	0,016	0,003	3	3
2.5	Нитраты	мг/л	1,6	1,2	2	<0,1	<0,1	<0,1	45	45
2.6	Сульфаты	мг/л	7	1,6	5,4	1,5	1	2	500	500
2.7	Хлориды	мг/л	4,95	1,5	3,9	1,6	1	2,2	350	350
Номер	Показатели	Ед. изм.	Значения показателей в условиях гидрологических режимов						ПДК по СанПиН 2.1.4.1074-01 с учетом ГН 2.1.4 1315-03	ПДК по СанПиН 2.1.5.980-00 с учетом ГН 2.1.5 1315-03
			Летняя межень			Осенний паводок				
			mid	min	max	mid	min	max		
1	Обобщенные показатели качества									
1.1	Температура	°С	10	8	12	8	6	10	–	–
1.2	Запах при 20 С	балл	1,5	1	2	1,5	1	2	2	–
1.3	Мутность	мг/л	4,2	3,6	4,8	10	3,5	16,4	1,5	–
1.4	Цветность	град	160	127	192	128	93	162	20	–
1.5	рН	–	7,15	7	7,3	7,05	6,9	7,2	6,0–9,0	–
1.6	Жесткость общая	ммоль/л	1,25	1	1,5	0,98	0,56	1,4	7	6,5–8,5
1.7	Щелочность	ммоль/л	0,69	0,6	0,78	0,44	0,4	0,48	–	7
1.8	Окисляемость перманганатная	мг/л	24,3	20,2	28,4	12,4	8,4	16,4	5	–
1.9	Сухой остаток	мг/л	90	80	100	131	115	147	1000	1000
1.10	Фенолы	мг/л	0,015	0,004	0,026	0	0	0,001	0,001	0,001
1.11	Нефтепродукты	мг/л	0,95	0,53	1,37	0,04	0,03	0,05	0,1	0,1
2	Показатели химического состава воды									
2.1	Железо общее	мг/л	3,7	1,5	5,9	0,66	0,53	0,77	0,3	0,3
2.2	Марганец	мг/л	–	–	–	–	–	–	0,1	0,1
2.3	Азот аммонийный	мг/л	3,4	1,9	4,8	0,35	0,3	0,4	1,5	1,5
2.4	Нитриты	мг/л	0,034	0,004	0,064	0,122	0,015	0,23	3	3
2.5	Нитраты	мг/л	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	45	45
2.6	Сульфаты	мг/л	5,25	4,5	6	4,3	4	4,6	500	500
2.7	Хлориды	мг/л	6	4,8	7,2	4,75	4,1	5,4	350	350

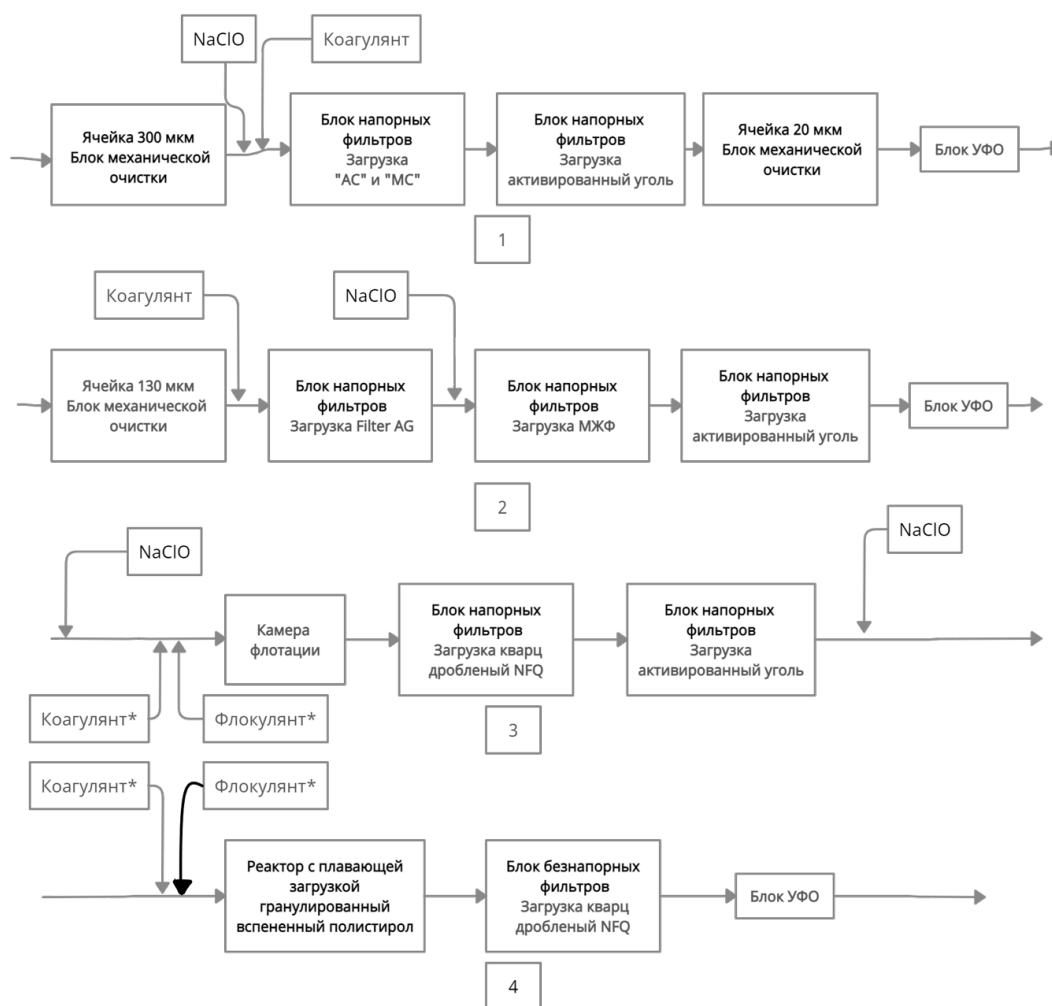


Рис. 1. Сокращенные операторные схемы модулей водоподготовки: 1 — модуль водоподготовки 500 м³/сут; 2 — модуль водоподготовки 500 м³/сут; 3 — модуль водоподготовки 240 м³/сут; 4 — модуль водоподготовки 200 м³/сут

* Коагулянт — полиоксихлорид алюминия (Аква-Аурат) (www.aurat.ru), флокулянт Праестол 2515TR (<https://waterhim.ru/solenis/flokulyant-praestol>)

Для коагуляции тонкодисперсных примесей, обуславливающих мутность и цветность воды, используются растворы гидрооксихлорида алюминия и полиоксихлорида алюминия Аква-Аурат™30, а для флокуляции — раствор Праестол 2515TR. Массовая доза коагулянта по Al₂O₃ может достигать значений до 19–25 мг/л [3, 7, 8].

В модуле 3 напорной флотации подвергается обработанная реагентами сырая вода в установке, состоящей из флотационной камеры и сатуратора для получения перенасыщенного водовоздушного раствора. Габаритные размеры камеры — 1960×1300×1000 мм.

Фильтры с загрузкой гранулированными материалами АС (<http://alsis-ur.ru/products>), МС

(<http://alsis-ur.ru/products>), МЖФ (<http://alliance-neva.ru/articles/mzf>) по причине отсутствия в поверхностных природных водах соединений в ионной форме двухвалентного железа и марганца выполняют функции контактных фильтров [1, 14, 16]. В модулях водоподготовки 1 и 2 используются фильтры серии 3672 с управляющими клапанами Magnum IT(CV) (<https://watersmarket.ru/autotrol-magnum-it>). Количество фильтров в блоке осветления модуля 1–4 шт., а в блоке модуля 2 соответственно 3 шт. В модуле 3 в блоке два фильтра. Габаритные размеры: диаметр 1200 мм, высота 3095 мм. В модуле 4 — четыре безнапорных фильтра с габаритными размерами: диаметр 800 мм, высота 2200 мм.

В модуле 4 осветление и обесцвечивание воды производят в реакторе с плавающей загрузкой — гранулированный вспененный полистирол с диаметром зерна 2–4 мм (габаритные размеры: диаметр 2280 мм, высота 2250 мм) [4].

Для удаления остаточных концентраций веществ, таких как нефтепродукты, хлорфенолы, хлорамины, диоксины и другие канцерогенные соединения, образующиеся при первичном хлорировании, осветленная и обесцвеченная вода подвергается сорбционной очистке на фильтрах, загруженных гранулированным активированным углем [1, 4, 13, 17]. В модуле 1, 2 использовались фильтры серии 3672 с управляющими клапанами Magnum. Количество фильтров — 4 шт. В модуле 3 количество фильтров — 2 шт. Габаритные размеры фильтра: диаметр 1000 мм, высота 4054 мм.

Обеззараживание производится раствором гипохлорита натрия или УФО с последующей обработкой гипохлоритом натрия, обеспечивающим пролонгированный дезинфицирующий эффект и содержание свободного активного хлора в питьевой воде в местах потребительского водоразбора не ниже 0,3–0,5 мг/л [11, 13, 19]. В модулях 1, 2 используются бактерицидные установки AquaPro 48 qpm (<https://aquaprowater.ru>) — 3 шт. в каждом, а в модуле 4 — бактерицидная установка УДВ-6/6-А-6 (www.aquaserviss.ru/uv/udv).

Критерии оценки технологических решений модулей водоподготовки

В процессе натурных инженерных обследований водоочистных комплексов оценка применяемых технологических решений осуществлялась:

- по показателю очищенной воды, опираясь на требования [5, 6];
- применяемым технологиям водоподготовки, реагентам и материалам качественных и количественных показателей сырой воды, источника водоснабжения (табл. 1);
- технологическим режимам водоподготовки, существующим нормам и правилам [2, 9, 10, 12, 14, 15, 18].

Результаты исследований и обсуждение

Основными причинами неудовлетворительного качества очистки воды являются:

- применяемая технология в модулях водоподготовки 1 и 2 (рис. 1) предназначена для очистки бесцветных маломутных (прозрачных)

подземных (артезианских) вод с повышенным содержанием диссоциированных соединений двухвалентного железа и марганца и солей жесткости. Поэтому применяемые методы водоподготовки малоэффективны при очистке высокоцветных маломутных вод поверхностных водоисточников;

- эксплуатация модулей в течение года осуществляется с постоянными параметрами без учета сезонных колебаний качественного состава исходной воды;
- химическая деструкция загрязнений воды, коагуляция и обеззараживание окислителями осуществляются реагентами с утраченными активными способностями, что недопустимо.

Используемый в модулях водоподготовки гипохлорит натрия (NaClO) промышленного производства, поставляемый в виде жидкости с концентрацией активного хлора 17–19 %, относится к химически неустойчивым соединениям (за 30 суток хранения концентрация активного хлора в продукте может уменьшаться на 30 %). По этой причине потребитель должен самостоятельно проверять пригодность этого средства перед использованием. Отсюда нормированный запас гипохлорита натрия на складе не должен превышать 30-суточного потребления. Несоблюдение эксплуатирующей организацией условий хранения и контроля гипохлорита натрия приводит к утрате его первоначальных свойств.

В соответствии с Рекомендациями по применению коагулянта Аква-Аурат™30 концентрация рабочего раствора, дозируемого в обрабатываемую воду в зависимости от принятых доз и расходов, должна составлять 1–10 % по активной части Al_2O_3 или 3,3–33 % по товарному продукту. В модуле водоподготовки на 200 м³/сут (см. рис. 1, схема 4) рабочий раствор коагулянта приготавливается с концентрацией по активной составляющей 0,6 %, а по товарному продукту — 2 %.

Доза коагулянта, с которой обрабатывается вода на ВОС 200 по товарному продукту, составляла 14 мг/л или 4 мг/л по Al_2O_3 . Однако она недостаточна, так как в результате проведенных лабораторных исследований пробной коагуляции исходной воды было установлено, что исходную воду с цветностью 200 град. необходимо обра-

батывать с дозой коагулянта по активной части $D_{Al_2O_3} = 17$ мг/л.

В модуле водоподготовки (см. рис. 1, схема 3) рабочий раствор коагулянта приготавливается с концентрацией по активной составляющей 0,3 % (3,75 г/л), а по товарному продукту — 1,25 % (12,5 г/л), что не отвечает требованиям рекомендаций (www.aurat.ru).

Для успешной коагуляции в свободных условиях в вихревых вертикальных камерах хлопьеобразования в модуле водоподготовки 500 м³/сут (см. рис. 1, схема 1) время пребывания воды в этих камерах должно быть не меньше 12 минут, скорость восходящего потока 4-5 мм/с, а скорость в отводной трубе — не более 0,05 м/с [2]. Фактически при максимальной расчетной пропускной способности (7 м³/ч) время пребывания воды в каждой из трех колонн хлопьеобразования будет составлять 2,2 мин, скорость восходящего потока — 12 мм/с, а скорость в отводной трубе — 1,47 м/с. Таким образом, камеры хлопьеобразования (контактные колонны) неэффективны и могут быть исключены из технологической схемы водоподготовки. В этом случае коагуляция будет проходить в стесненных условиях в загрузке осветлительных фильтров (контактная коагуляция).

В модуле водоподготовки 500 м³/сут (см. рис. 1, схема 1) сырая вода, обработанная гипохлоритом натрия и коагулянтом, поступает на фильтры, загруженные сорбентами каталитического обезжелезивания АС и МС, выполняющие несвойственные этим материалам функции контактной коагуляции [1, 6].

Так как сорбенты АС и МС неэффективны в отношении органического железа, то при его наличии в воде любой из форм на поверхности гранул фильтрующего материала со временем образуется органическая пленка, изолирующая катализатор от воды. В дальнейшем при продолжительном контакте с сильными окислителями (озон, активный хлор, перманганат калия) структура такой загрузки подвергается разрушению и превращению в монолит (рис. 2). Подтверждением этих процессов является значительный рост в фильтрах гидравлического сопротивления и увеличения потерь напора, которые после промывки практически не изменяются. В результате проведенных обследований было

установлено, что потери напора в трех ступенях фильтрующих загрузках модуля водоподготовки 500 м³/сут достигают 22–28 м при нормативных потерях 6–8 м вод. ст.

Эксплуатационные параметры фильтров модуля водоподготовки 500 м³/сут (см. рис. 1, схема 1) существенно отличаются от нормативных значений (табл. 2). По этой причине фильтры в режиме фильтрации остаются гидравлически недогруженными. Промывка фильтрующих загрузок с недостаточной интенсивностью и приводит к неоправданному увеличению продолжительности промывки и перерасходу очищенных вод на собственные нужды, которые достигают 31 % от производительности модуля водоподготовки при норме расходов воды на собственные нужды без их повторного использования — 10–14 %.

В модуле водоподготовки 500 м³/сут (схема 2) загруженный на первой ступени осветлительных фильтров гранулированный материал из природного алюмосиликата торговой марки «Filter AG» используется в основном для задержания из подземных (артезианских) вод (после аэрации, обработки озоном или гипохлоритом натрия) крупных хлопьев окисленного железа и имеет следующие ограничения в применении:

- концентрация взвешенных веществ в поступающей на фильтр воде не должна превышать 15 мг/л;
- перманганатная окисляемость ≤ 15 мг/л;
- нефтепродукты ≤ 1,0 мг/л;
- активный хлор ≤ 5,0 мг/л;
- рН 6,5–8,5;
- гарантийный срок службы фильтрующей загрузки 2 года.

В большинстве случаев при обработке сырой воды р. Таз коагулянтами с дозой по Al_2O_3 более 10 мг/л поступающие на фильтр взвешенные вещества будут превышать допустимые нормативные значения. Превышение значений допустимых концентраций будет наблюдаться и при прехлорировании воды с минимальной дозой по активному хлору 8 мг/л. Принимая во внимание эти обстоятельства, также то, что перманганатная окисляемость в речной воде в периоды летней и зимней межени находится в пределах от 17 до 28 мг/л, можно сделать вывод о непригодности материала марки «Filter AG» для использования в качестве загрузки осветлительных фильтров.



Рис. 2. Фильтрующий материал — сорбент АС (МС)

Каталитическая загрузка МЖФ в фильтрах второй ступени применяется для преобразования растворенных примесей двухвалентного железа и марганца в нерастворенные соединения и осадения их в гранулах фильтроматериала. Так как природные воды из поверхностных водных объектов не содержат соединения двухвалентного железа и марганца (железо и марганец присутствует в этих водах в виде органоминеральных комплексов), обезжелезивающие фильтры с МЖФ используются не по назначению.

Отдельные эксплуатационные параметры осветлительных, обезжелезивающих и сорбционных фильтров отличаются от нормативных значений (табл. 3 и 4).

Высокие гидравлические сопротивления в модулях водоподготовки (до 2 бар) указывают на негативные изменения структурно-механических свойств фильтрующих материалов. Как показывает опыт эксплуатации фильтров с управляющими клапанами, при проведении их промывки с нормативной подачей воды наблюдается быстрый вынос фильтрующей загрузки. По этой причине промывку вынужденно проводят с низкой интенсивностью подачи промывной воды, недостаточной для эффективного удаления задержанных загрязнений.

В модуле водоподготовки 200 м³/сут промывка четырех песчаных фильтров происходит один раз в сутки последовательно по два фильтра. Время промывки каждой пары фильтров составляет 30 минут, по 15 минут на каждый фильтр (в 3 раза продолжительнее норматива), с интенсивностью 6 л/с×м² (в 2,5 раза ниже норматива). Отсюда суточный объем промывной воды равен 21,6 м³ против 15,8 м³ по нормативу. Обеззараживание очищенной воды осуществляется на бактерицидной установке УФ облучения, которое, в от-

Таблица 2

Сравнительная оценка технологических параметров фильтрационной очистки в модуле водоподготовки 500 м³/сут с нормативными значениями (см. рис. 1, схема 1)

Наименование эксплуатационных параметров	Ед. изм.	Фильтры 1-й ступени		Фильтры 2-й ступени		Фильтры 3-й ступени	
		Факт	Норма	Факт	Норма	Факт	Норма
Скорость фильтрования	м/ч	8,2	10–15	18,4	10–15	8,2	10–12
Скорость промывки	м/ч	18	40–50	32	40–50	18,3	20–32
Интенсивность промывки	л/с·м ²	5	11	9	11	5,0	8–9
Продолжительность промывки	мин	27	10	27	10	27	8–7
Объем воды на одну промывку	м ³	5,2	4,2	3	2	5,2	2,4

Таблица 3

Сравнительная оценка технологических параметров фильтрационной очистки в модуле водоподготовки 500 м³/сут (схема 2) с нормативными значениями

Наименование эксплуатационных параметров	Ед. изм.	Осветлительные фильтры		Фильтры обезжелезивания		Сорбционные фильтры	
		Факт	Норма	Факт	Норма	Факт	Норма
Скорость фильтрования	м/ч	11	12–15	11	7–12	11	10–12
Скорость промывки	м/ч	24,6	20–25	24,6	24–29	24,6	20–32
Интенсивность промывки	л/с×м ²	6,7	14–16	6,7	11	6,7	8-9
Продолжительность промывки	мин	20	8–12	20	8–10	20	8-7

Таблица 4

Эксплуатационные параметры песчаных и сорбционных фильтров модуля водоподготовки 240 м³/сут отличаются от нормативных значений

Наименование эксплуатационных параметров	Ед. изм.	Песчаные фильтры		Сорбционные фильтры	
		Факт	Норма	Факт	Норма
Скорость фильтрования	м/ч	4,4	6–8	6,4	10–12
Скорость промывки	м/ч	22	65–73	26,5	20–32
Интенсивность промывки	л/с×м ²	6,1	16–18	7,4	8-9
Продолжительность промывки	мин	15	6-5	15	8-7
Объем воды на одну промывку	м ³	6,2	7,3–6,8	5,2	2,1–2,9

личие от обеззараживания активным хлором, не обладает свойством пролонгированного бактерицидного действия. По этой причине существует опасность бактериального заражения очищенной воды на пути ее движения к потребителю.

Рекомендации по повышению эффективности работы модулей водоочистки

На основании результатов обследования модулей водоподготовки и установления причин их неудовлетворительной работы предлагается технологическая схема, представленная на рис. 3.

В табл. 5 представлены основные параметры реагентной обработки воды р. Таз, которые позволят получать питьевую воду, соответствующую требованиям СанПиН 2.1.4.1074–01.

В контактных фильтрах целесообразно использовать загрузку гидроантрацита торговой марки «Аквалат» крупностью зерен 0,7–1,2 мм (www.aqualat.ru).

Гидроантрацит обладает высокими эксплуатационными показателями: грязеемкостью 4–4,5 кг/м³, скоростью фильтрования 10–12 м/ч, интенсивностью промывки 10–12 л/с×м², расширение загрузки в режиме промывки составляет 40 %.

Эффективность применения данного материала обосновывается положительными результатами очистки воды поверхностных водоисточников Ленинградской области в малогабаритных установках, в состав которых входят узлы дозирования реагента Аква-Аурат™30 и контактного фильтра с зернистой загрузкой гидроантрацитом.

В сорбционных фильтрах предлагается использовать широко применяемую на практике загрузку, обладающую свойствами фильтросорба — активированный уголь NWC 12×40 (www.carbon-nwc.ru).

Ввиду того что водные растворы гипохлорита натрия неустойчивы и с течением короткого времени разлагаются с потерей своей химической активности, прехлорирование и обеззараживание воды производятся только свежеприготовленным на месте раствором NaClO со сроком давности приготовления не более 5 суток. Целесообразно использовать электролизные установки для по-

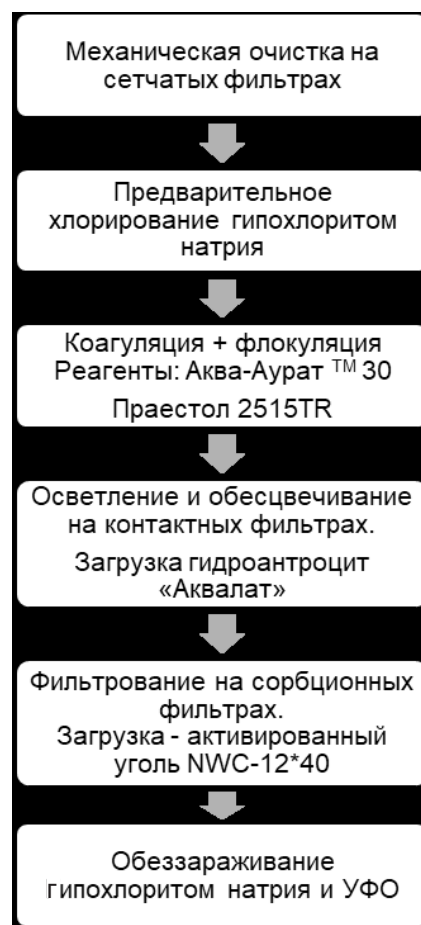


Рис. 3. Технологическая схема обработки маломутных и высокоцветных вод

Параметры реагентной обработки

№ п/п	Наименование показателей	Ед. изм.	Значения показателей в условиях гидрологических режимов			
			Зимняя межень	Летняя межень	Весеннее половодье	Осенний паводок
1	2	3	4	5	6	7
1	Качество сырой воды: мутность цветность окисляемость перманганатная железо общее марганец азот аммонийный нефтепродукты фенолы	мг/л град мг/л мг/л мг/л мг/л мг/л мг/л мг/л	3,3 171 21 1,7 0,18 4,6 0,02 0	4,7 160 24,3 3,7 – 3,4 0,95 0,015	1,4 45 5,3 1,3 – 2,7 0,005 0	10 128 7,1 0,7 – 0,35 0,04 0
2	Массовая доза коагулянта Аква-Аурат 30 по активной части Al_2O_3	мг/л	16	15	8	13
3	Массовая доза флокулянта Праестол 2515TR по сухому веществу	мг/л	1,0	1,0	1,0	1,0
4	Доза активного хлора для прехлорирования	мг/л	8	8	4,0	6,0
5	Доза активного хлора для обеззараживания	мг/л	2,0	2,0	2,0	2,0

лучения 0,8 %-ного раствора гипохлорита натрия из поваренной соли непосредственно на ВОС.

Заключение

Предложенная технологическая схема соответствует требованиям действующих норм и правил, и обеспечивает получение качественной питьевой воды из маломутных высокоцветных вод поверхностных водоисточников, оптимизацию технологического процесса, сокращение расхода очищенной воды на собственные нужды, а также позволяет увеличить полезную производительность рассмотренных модулей водоподготовки.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании, реконструкции и модернизации модулей водоподготовки комплексов хозяйственно-питьевого водоснабжения небольших населенных пунктов.

Литература

- Абрамов, Н. Н. (1982). Водоснабжение. 3-е издание. М.: Стройиздат, 440 с.
- АКХ им. К. Д. Панфилова (1985). Пособие по проектированию сооружений для очистки и подготовки воды (к СНиП 2.04.02–84). М.: ЦИТП Госстроя СССР, 128 с.
- Бабенков, Е. Д. (1977). Очистка воды коагулянтами. М.: Наука, 356 с.
- Веселов, Ю. С., Лавров, И. С. и Рукобратский, Н. И. (1985). Водоочистное оборудование. Конструирование и использование. Л.: Машиностроение, 232 с.
- Главный государственный санитарный врач РФ (2002). СанПиН 2.1.4.1074–01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем

питьевого водоснабжения. Контроль качества». М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 103 с.

6. Главный государственный санитарный врач РФ (2003). ГН 2.1.5.1315–03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. М.: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Министерства здравоохранения Российской Федерации, 154 с.

7. Горелкина, Г. А., Маджугина, А. А., Ушакова, И. Г. и Корчевская, Ю. В. (2015). Условия эффективной водоочистки маломутных природных вод высокой цветности. [online] Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ, № 2 (2). Доступно по ссылке: <http://e-journal.omgau.ru/images/issues/2015/2/00044.pdf> [Дата обращения 25.11.2020].

8. Драгинский, В. Л., Алексеева, Л. П. и Гетманцев, С. В. (2005). Коагуляция в технологии очистки природных вод. М.: Науч. изд., 576 с.

9. Журба, М. Г. (ред.) (2000). Классификатор технологий очистки природных вод. М.: ГНЦ НИИ ВОДГЕО, 118 с.

10. Журба, М. Г., Соколов, Л. Н. и Говорова, Ж. М. (2003). Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. В 3 томах. Т. 1. М.: Издательство АСВ, 288 с.

11. Кармазинов, Ф. В. (ред.) (2003). Водоснабжение Санкт-Петербурга. СПб.: Новый журнал, 687 с.

12. Кастальский, А. А. и Минц, Д. М. (1962). Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения. Учебное пособие. М.: Высшая школа, 558 с.

13. Кульский, Л. А. (1980). Теоретические основы и технология кондиционирования воды. 3-е издание. Киев: Наукова думка, 563 с.

14. Кульский, Л. А., Булава, М. Н., Горонковский, И. Т. и Смирнов, П. И. (1972). Проектирование и расчет очистных

сооружений водопроводов. 2-е издание. Киев: Будівельник, 424 с.

15. Минрегион России (2012). СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02–84. М.: ФАУ «ФЦС», 124 с. [online] Доступно по ссылке: <http://www.gostrf.com/normadata/1/4293801/4293801307.pdf> [Дата обращения: 25.11.2020].

16. Минц, Д. М. (ред.) (1955). Контактные осветлители для очистки воды. АКХ им. К. Д. Панфилова. М.: Изд-во М-ва коммун. хозяйства РСФСР, 172 с.

17. Николадзе, Г. И. и Сомов, М. А. (1995). Водоснабжение. М.: Стройиздат, 688 с.

18. Правительство РФ (2013). Постановление Правительства РФ от 29 июля 2013 г. № 644 «Об утверждении правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Российской Федерации». [online] Доступно по ссылке: <http://government.ru/docs/3559> [Дата обращения: 25.11.2020].

19. Фоканов, В. П. и Шалларь, А. В. (2003). Обеззараживание воды ультрафиолетовым облучением и хлором. Преимущества и недостатки. В: Гигиенические проблемы водоснабжения населения и войск, 20–21 ноября 2003 г., Санкт-Петербург. СПб.: ВМедА, сс. 182–183.

References

1. Abramov, N. N. (1982). *Water supply*. 3rd edition. Moscow: Stroyizdat, 440 p.

2. K. D. Panfilov Academy of Municipal Economy (1985). *Manual for the design of facilities for water purification and treatment (in addition to Construction Rules and Regulations SNIP 2.04.02–84)*. Moscow: Central Institute of Standard Designing, Gosstroy of the USSR, 128 p.

3. Babenkov, Ye. D. (1977). *Water treatment with coagulants*. Moscow: Nauka, 356 p.

4. Veselov, Yu. S., Lavrov, I. S. and Rukobratsky, N. I. (1985). *Water treatment equipment. Design and use*. Leningrad: Mashinostroyeniye, 232 p.

5. Chief Public Health Officer of the Russian Federation (2002). *Sanitary Regulations SanPiN 2.1.4.1074–01. Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control*. Moscow: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of the Russian Federation, 103 p.

6. Chief Public Health Officer of the Russian Federation (2003). *Hygienic Standards GN 2.1.5.1315–03. Maximum allowable concentrations (MAC) of chemical substances in the water of water bodies for household, drinking and amenity water use*. Moscow: Russian Register of Potentially Hazardous Chemical and Biological Substances of the Ministry of Health of the Russian Federation, 154 p.

7. Gorelkina, G. A., Madzhugina, A. A., Ushakova, I. G. and Korchevskaya, Yu. V. (2015). Conditions for effective treatment of natural low turbidity waters having high water colour index. [online] *Research and Scientific Electronic Journal of Omsk SAU*, No. 2 (2). URL: <http://e-journal.omgau.ru/images/issues/2015/2/00044.pdf> [Date of application 25.11.2020].

8. Draginsky, V. L., Alekseyeva, L. P. and Getmantsev, S. V. (2005). *Coagulation in natural water purification technology*. Moscow: Nauchnoye Izdaniye, 576 p.

9. Zhurba, M. G. (ed.) (2000). *Classifier of natural water treatment technologies*. Moscow: NII VODGEO, 118 p.

10. Zhurba, M. G., Sokolov, L. N. and Govorova, Zh. M. (2003). *Water supply. Design of systems and structures*. In 3 volumes. Vol. 1. Moscow: ASV Publishing House, 288 p.

11. Karmazinov, F. V. (ed.) (2003). *Water supply in St. Petersburg*. Saint Petersburg: Novy Zhurnal, 687 p.

12. Kastalsky, A. A. and Mints, D. M. (1962). *Water treatment for drinking and industrial water supply. Study guide*. Moscow: Vysshaya Shkola, 558 p.

13. Kulsky, L. A. (1980). *Water conditioning theoretical foundations and technology*. 3rd edition. Kiev: Naukova Dumka, 563 p.

14. Kulsky, L. A., Bulava, M. N., Goronovsky, I. T. and Smirnov, P. I. (1972). *Design and analysis of sewage treatment plants*. 2nd edition. Kiev: Budivelnik, 424 p.

15. Ministry of Regional Development of the Russian Federation (2011). *Regulations SP 31.13330.2012. Water supply. Pipelines and potable water treatment plants. Revised edition of Construction Rules and Regulations SNiP 2.04.02–84*. Moscow: FAU “FCS”, 124 p. [online] URL: <http://www.gostrf.com/normadata/1/4293801/4293801307.pdf> [Date of application 25.11.2020].

16. Mints, D. M. (ed.) (1955). *Contact clarifiers for water purification*. K. D. Panfilov Academy of Municipal Economy. Moscow: publishing house of the Ministry of Public Utilities of the RSFSR, 172 p.

17. Nikoladze, G. I. and Somov, M. A. (1995). *Water supply*. Moscow: Stroyizdat, 688 p.

18. Government of the Russian Federation (2013). *Decree of the Government of the Russian Federation No. 644 dated July 29, 2013 On the approval of rules for cold water supply and wastewater disposal as well as the introduction of amendments to certain legislative acts of the Russian Federation*. URL: <http://government.ru/docs/3559> [Date of application 25.11.2020].

19. Fokanov, V. P. and Shallar, A. V. (2003). Water disinfection with UV radiation and chlorine. Advantages and disadvantages. In: *Hygienic problems of water supply to the general public and troops, November 20–21, 2003, Saint Petersburg*. Saint Petersburg: Military Medical Academy, pp. 182–183.

Авторы

Санин Геннадий Михайлович, канд. техн. наук
ООО «Научно-производственная фирма «ВИНКО»»,
Санкт-Петербург, Россия
E-mail: gen.sanin@gmail.com

Рукобратский Николай Иванович, канд. техн. наук,
доцент

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-
строительный университет, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: rukobratsky@mail.ru

Баруздин Ростислав Эдуардович, аспирант
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-
строительный университет, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: r.baruzdin@inbox.ru

Authors

Gennadiy Michailovich Sanin, PhD in Engineering
VINKO Research and Production Company OOO, Saint
Petersburg, Russian Federation
E-mail: gen.sanin@gmail.com

Nikolay Ivanovich Rukobratsky, PhD in Engineering,
Associate Professor

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil
Engineering, Saint Petersburg, Russian Federation
E-mail: rukobratsky@mail.ru

Rostislav Eduardovich Baruzdin, post-graduate student
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil
Engineering, Saint Petersburg, Russian Federation
E-mail: r.baruzdin@inbox.ru