

С. Ю. ТЕПЛЫХ
Е. Е. КОТОВСКАЯ
П. А. ГОРШКАЛЕВ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ВОДОПРОВОДНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ ЧЕРНОРЕЧЕНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ПАВОДКОВЫЙ ПЕРИОД

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF DRINKING WATER PURIFICATION AT THE WATER TREATMENT FACILITIES OF THE CHERNORECHENSK RESERVOIR DURING THE FLOOD PERIOD

Рассмотрены природные и технические аспекты, способствующие поступлению на водопроводные очистные сооружения города Севастополя воды некондиционного качества в паводковый период, вызывавшие неоднократную остановку водопроводных очистных сооружений. Рассмотрены варианты переоснащения существующей схемы подачи и очистки воды, с определением укрупненной стоимости. В работе представлено технологическое обоснование применения схемы двухступенчатого отстаивания, которое может быть реализовано в рамках имеющегося оборудования и небольшого технологического переоснащения.

Ключевые слова: паводковый период, гидравлическая крупность, радиальный отстойник, горизонтальный отстойник, скорый фильтр, контактная камера, каньон, донный водозабор, гипохлорит натрия

The paper considers the natural and technical aspects that contribute to the supply of substandard quality water to the water treatment facilities of the city of Sevastopol during the flood period, which caused repeated shutdown of water treatment facilities. Options for retrofitting the existing water supply and purification scheme are considered, with the determination of the enlarged cost. The paper presents a technological justification for the application of a two-stage sedimentation scheme, which can be implemented within the framework of existing equipment and a small technological re-equipment.

Keywords: flood period, hydraulic size, radial sump, horizontal sump, rapid filter, contact chamber, canyon, bottom intake, sodium hypochlorite

Введение

Источниками централизованного водоснабжения Республики Крым служат водохранилища зарегулированного естественного стока рек, а также водохранилища наливного типа (источником наполнения которых ранее являлись воды реки Днепр, поступающие по руслу Северо-Крымского канала). Качественный состав водохранилищ естественного стока подвергается значительному изменению в паводковый период, что оказывает существенное влияние на технологический процесс очистки воды на водопроводных очистных сооружениях (ВОС), вплоть до полного прекращения работы. Например, в июле 2018 г., после прошедших сильных дождей в городе Севастополе, в течение суток полностью была прекращена подача воды [1]. Эксплуатирующая организация представила следующие разъяснения: «Из-за шестикратного превышения уровня мутности в реке Черная было принято решение временно

приостановить работу водопроводных очистных сооружений и понизить давление в сети водоснабжения. В частности, уровень мутности воды достиг 3 тыс. мг/л, очистные сооружения допускаются к работе при уровне до 500 мг/л» [1]. В конце января 2024 г. подобная ситуация повторилась, город вновь был отключен от системы водоснабжения, были объявлены выходные дни с прекращением работы социальных учреждений (школы, детские сады) [2]. В январе-феврале 2024 г. затруднения технологического процесса очистки отмечались и на других водопроводных очистных станциях Республики Крым, без остановки работы, но потребовавшие оперативных мероприятий.

Еще одной проблемой эксплуатационного персонала ВОС города Севастополя в паводковый период является неудовлетворительная работа гипохлорита натрия, при том что при незначительных показателях мутности, на которых работает станция больший период года, подобной проблемы не возникает.

Вышеперечисленное обусловило выбор темы исследования, заключающейся в совершенствовании технологии очистки воды Чернореченского водохранилища в паводковый период.

Цель и задачи данного исследования – рассмотрение вариантов переоснащения технологической схемы очистных сооружений с получением обоснования принятого решения.

Для достижения заявленной цели были сформулированы и реализованы следующие задачи:

- рассмотреть условия формирования источника централизованного водоснабжения – Чернореченского водохранилища;
- оценить условия поступления воды на ВОС, имеющие отличительные характеристики, обуславливающие многократные изменения качественного состава в паводковый период, а также влияющие на технологический процесс очистки;
- выполнить анализ качественных показателей воды Чернореченского водохранилища, определяющих технологическую схему очистки;
- подготовить анализ существующей схемы очистки воды на ВОС с определением технологических параметров;
- провести экспериментальные исследования на реальной воде с последующим анализом полученных результатов;
- составить рекомендации.

Качественный состав воды поверхностных источников централизованного водоснабжения (ИЦВ), поступающей на очистку, определяет технологическую схему, порядок и дозы введения реагентов и оказывает значительное влияние на эффективность работы очистных

сооружений. На всех этапах очистки осуществляется отбор проб и их тщательный анализ по органолептическим, физико-химическим и бактериологическим показателям, направленный на контроль работы сооружений и дающий возможность принять оперативные действия по изменению технологической схемы [3, 4]. В табл. 1 представлены сведения по качественному составу воды, поступающей на водопроводные очистные сооружения города Севастополя – гидроузел 3 (ГУ-3) в межень и паводковый период.

Для понимания факторов, оказывающих значительное влияние на формирование качественного состава вод, наполняющих Чернореченское водохранилище, рассмотрим *условие образования источников питания реки Черная*.

Для обеспечения водой города Севастополя в 1954 г. было построено Чернореченское водохранилище, располагающееся в самой низкой части Байдарской долины, обладающее полезным объемом 64,2 млн. м³, площадь водного зеркала составляет 64 га. В водохранилище аккумулируется природная вода из небольших горных рек, ручьев, родников, питающих реку Черная. Одним из таких питателей является Скульский источник, расположенный в юго-восточной части Байдарской долины, на окраине с. Родниковского. Скульский источник имеет ряд выходов воды на поверхность, разбросанных вдоль дна ущелья, в половодье основной поток воды выбивается из-под аллювий правого берега шлейфом шириной до 20–25 м. Водовмещающие карстующие породы – известняки верхней юры; максимальный расход источника составляет 11400 л/с, минимальный – 30 л/с, средний многолетний – 1380 л/с. Воды

Таблица 1. Данные качественного состава воды, поступающей на ГУ-3
Table 1. Data on the qualitative composition of water supplied to waterworks -3

Показатель	Содержание в исходной воде		Требование СанПиН 2.1.4.1074-01 к очищенной воде	Схема очистки
	межень	паводок		
Мутность, мг/л	1,5	1,5–480	<1,5 (2) ¹	Осветление
Цветность, град ПКШ	20	40–50	<20 (35) ¹	Обесцвечивание
Перманганатная окисляемость, мгО ₂ /л	1,65–2,8	4	5	
pH	7,8	7,8	6–9	–
Щелочность, мг-экв/л	3–5	3–5		
Аммоний солевой, мг/л	<0,005	<0,005	2	
Нитриты, мг/л	<0,003	<0,003		
Нитраты, мг/л	3,6		45	
Хлориды, мг/л	25–40		350	
Железо, мг/л	<0,1		0,3 (1) ¹ (1,0)	
Коли-индекс, клеток/л	1200	240000		

в известняках верхней юры имеют температуру 11–12 °С и являются гидрокарбонатными кальциевыми с минерализацией 0,3–0,5 г/л [5].

Река Черная вытекает из Чернореченского водохранилища, и ее русло проходит по самому длинному каньону Крыма – Чернореченскому. Длина реки – 35 км, площадь водосбора – 427 км². Основные притоки: р. Байдарка, р. Сухая Речка, р. Айтодорка [5]. Метки расположения водозабора и гидроузлов показаны на рис. 1.

Водозаборные сооружения. Из Чернореченского водохранилища вода поступает в отводящий канал по естественному руслу реки Черная до гидроузла 2 (ГУ-2) (абсолютная

отметка – 46,000), ниже по течению расположен ГУ-14 (29,000), при помощи которого осуществляется забор и подача воды на водопроводные очистные сооружения города – ГУ-3. Расстояние от Чернореченского водохранилища до ГУ-2 (рис. 2, а) составляет около 20 км. Водозаборное сооружение представляет собой выпуск тоннельного типа. Подача воды от ГУ-2 до ГУ-3 может осуществляться как самотёком, за счёт перепада отметок, так и при помощи насосных агрегатов. Среднесуточная производительность насосной станции рассчитана до 63 тыс. м³/сут. Второй водозабор (ГУ-14) расположен ниже по течению, в районе с. Штурмовое (рис. 2, б, в) [6].

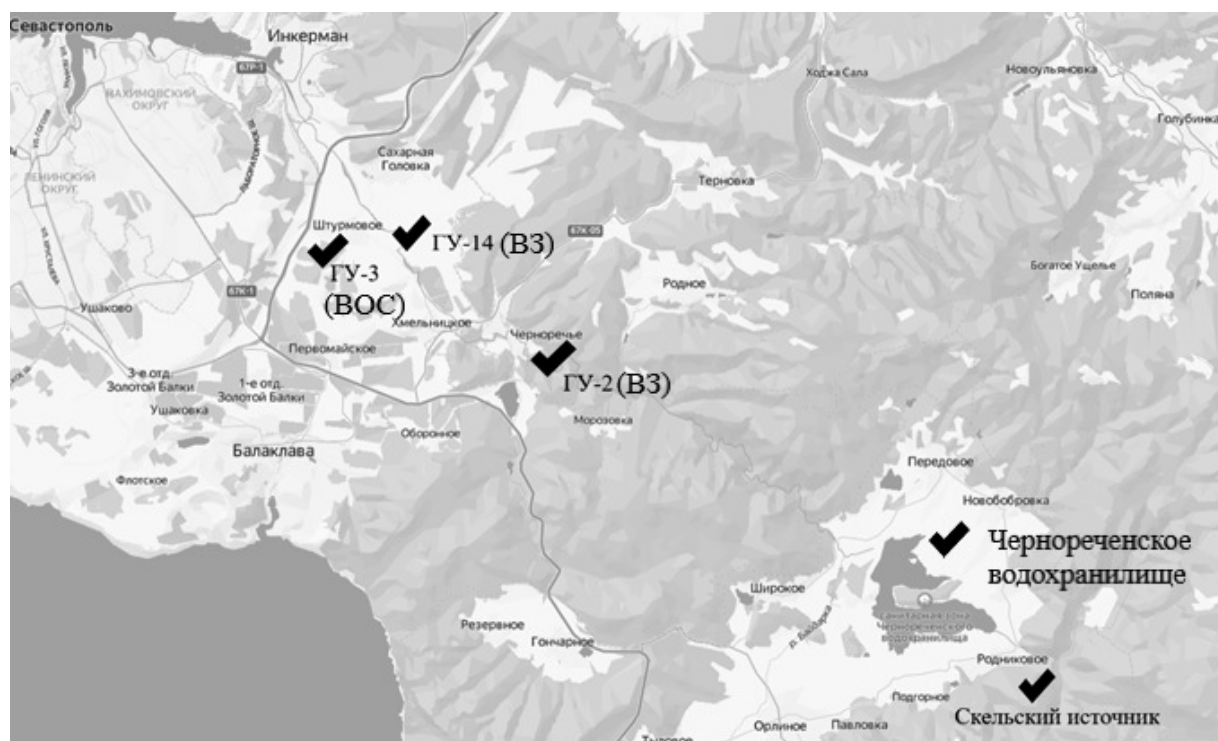


Рис. 1. Схема размещения водопроводных сооружений города Севастополя
Fig. 1. The layout of the water supply facilities of the city of Sevastopol



Рис. 2. Фотофиксация водозаборных сооружений Севастополя:

а – фотофиксация ГУ-2; б, в – фотофиксация ГУ-14 [6]

Fig. 2. Photo fixation of Sevastopol water intake structures:

a – photo fixation of waterworks-2; b, c – photo fixation of waterworks-14 [6]

Гидроузел 14 (ГУ-14) представлен насосной станцией и небольшой напорной плотиной, расположен в 6 км ниже по течению р. Чёрная от ГУ-2. Сырая вода при помощи насосной станции подается от ГУ-14 на очистные сооружения ГУ-3 по стальному водоводу $\text{Ду}600$ мм, $l = 2,5$ км. Производительность станции – до 63 тыс. $\text{м}^3/\text{сут.}$ Подача воды от ГУ-2 осуществляется на блок очистных сооружений БОС-2, а от ГУ-14 вода поступает на БОС-1 [6].

Технологические схемы очистки воды. Водопроводные очистные сооружения представлены двумя блоками: первый блок состоит из двух очередей. Суммарная производительность первого блока $Q = 63\,000$ $\text{м}^3/\text{сут.}$ В состав

сооружений первого блока 1-й очереди (1954 г.) входят горизонтальные отстойники (ГО) (6 секций, габаритные размеры: $5 \times 40 \times 4,5$ (h)) и скорые фильтры (СФ) (8 шт., габаритные размеры: $5 \times 5 \times 3,2$ (h) м), 2-й очереди (1968 г.) – ГО (4 секции, габаритные размеры: $5 \times 40 \times 4,5$ (h)) и СФ (6 шт., $5 \times 5 \times 3,2$ (h) м). Производительность второго блока (БО-2) (1987 г.) составляет $Q = 63\,000$ $\text{м}^3/\text{сут.}$ В состав БО-2 включены ГО со встроенными камерами хлопьеобразования (КХО) (8 секций, габаритные размеры: $6 \times 40 \times 3,8$ (h)) и СФ (9 шт., габаритные размеры: $7,5 \times 5$ м). Технологическая схема водопроводных очистных сооружений г. Севастополя – БО-1 представлена на рис. 3, а технологическая схема БО-2 – на рис. 4.

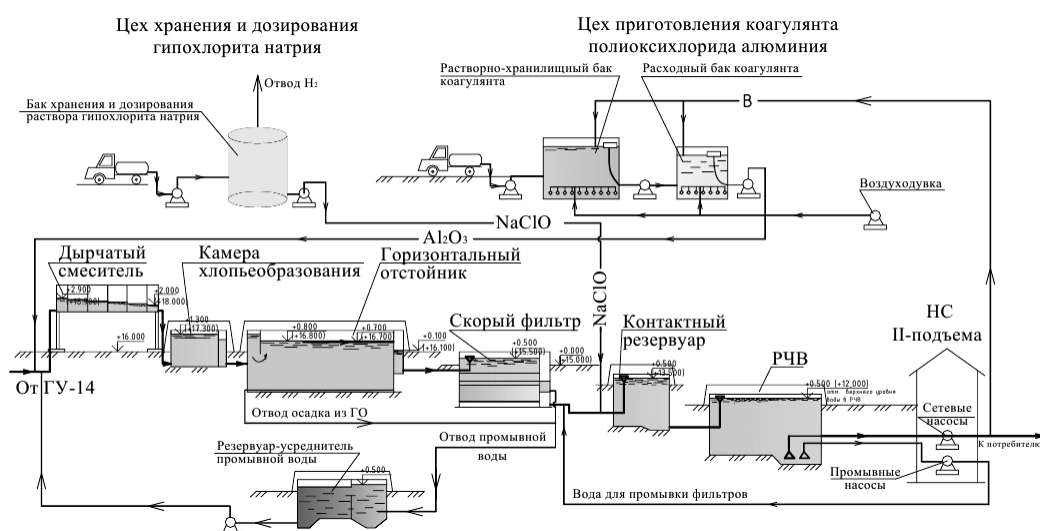


Рис. 3. Высотно-технологическая схема обработки природной воды БО-1 ГУ-3
Fig.3. High-altitude technological scheme of natural water treatment cleaning unit-1 waterworks-3

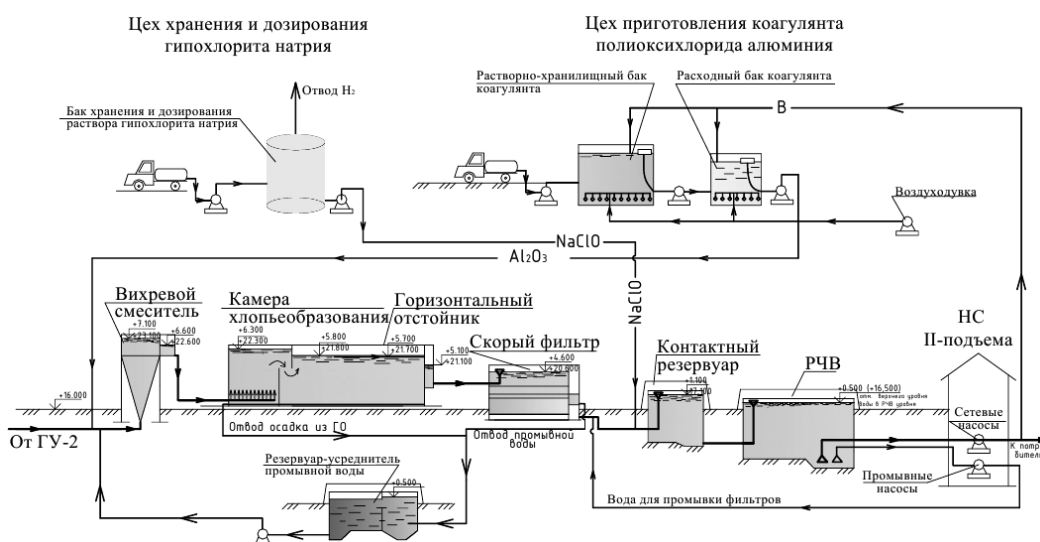


Рис. 4. Высотно-технологическая схема обработки природной воды БО-2 ГУ-3
Fig.4. High-altitude technological scheme of natural water treatment cleaning unit-2 waterworks-3

Анализ высотно-технологических схемы и генплана площадки водопроводных очистных сооружений показал, что технологическая линия, построенная и введенная в эксплуатацию во второй половине 80-х гг. XX в., имеет отметки выше на 5 м по зеркалу воды, чем отметки в аналогичных сооружениях технологической линии, построенной в середине 60-х гг., что может позволить осуществить последовательное включение сооружений отстаивания в технологическую цепочку. Еще одна характерная особенность блока очистных сооружений (БО-1) (в эксплуатации с середины 60-х гг.) заключается в том, что они построены по принципу деблокирования: камеры хлопьеобразования (КХО) и секции горизонтальных отстойников (ГО) размещены на расстоянии от фильтровальных сооружений, находящихся в здании, а секции КХО и ГО выполнены в обваловании, что соответствует п. 16.23 СП 31.13330.2021, так как поблизости функционирует достаточное количество различных карьеров.

Основная часть работы. Для выработки плана мероприятий, направленных на изменение технологии очистки воды поверхностного источника в паводковый период, прежде всего необходимо разобраться в определении самого явления, обуславливающего препятствия для бесперебойной работы ВОС. Согласно [7] паводком называется фаза водного режима реки, которая может многократно повторяться в различные сезоны года, характеризующаяся интенсивным, обычно кратковременным, увеличением расходов и уровня воды и вызываемая интенсивными дождями или снеготаянием во время оттепелей. При этом отсутствует четко выраженная периодичность, характеризующаяся интенсивным и сравнительно кратковременным подъемом уровня воды. К факторам, оказывающим влияние на величину максимального подъема уровня воды во время паводка, относятся: количество осадков, их интенсивность, продолжительность, площадь охвата, предшествующее выпадение осадков, увлажненность и водопроницаемость почвы, рельеф бассейна, величина уклонов рек [7].

Представленные описания раскрывают природно-климатические факторы, способные оказывать значимое влияние на технологию очистки ВОС.

Для разработки технических мероприятий в первую очередь необходимо обратиться к мировому опыту в технологии подготовки воды. Например, для станции очистки питьевой воды для города Александрия (Северная Африка) указано, что при входящей мутности 3000 мг/л в состав водопроводных очистных сооружений включены горизонтальные отстойники и ско-

рые фильтры – на одной станции, и радиальные отстойники и скорые фильтры – на другой [8]. То есть при достижении величин мутности 3000 мг/л за рубежом применяют различные типы отстойников.

Рассмотрим следующие возможные технические решения:

- заключение потока воды, направляемого на ВОС, в два водовода протяженностью 20 км и DN 630 мм каждый;
- обустройство инфильтрационного подруслового водозабора (рис. 5, б);
- применение дополнительной ступени отстаивания (рис. 5, а);
- подготовка сооружений для предварительной очистки в водозаборе [9];
- применение процессов осветления в поле центробежных сил – применение гидроциклонов.

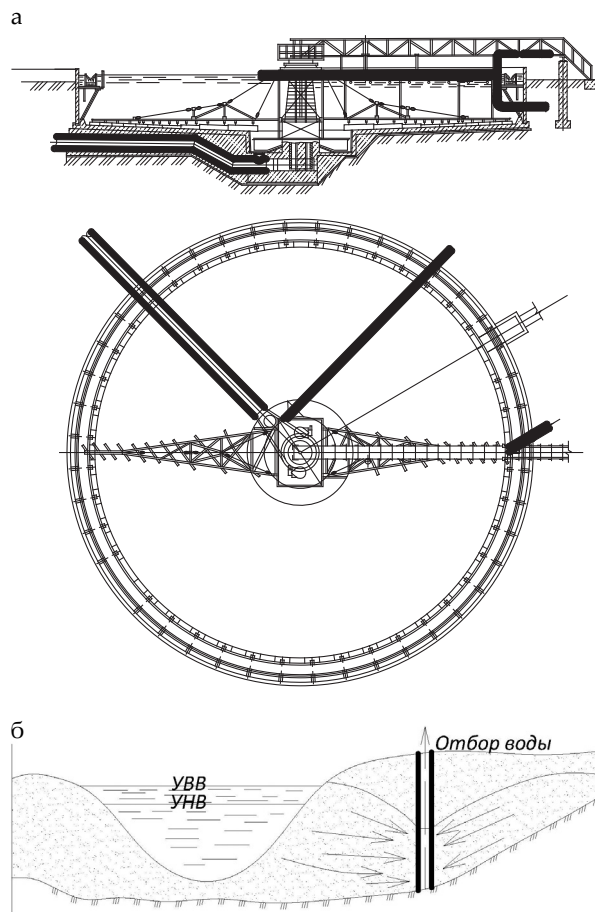


Рис. 5. Варианты сооружения для переоснащения существующих очистных сооружений г. Севастополя:

- а – строительство радиальных отстойников;
 - б – устройство инфильтрационного водозабора
- Fig. 5. Construction options for retrofitting existing wastewater treatment plants in Sevastopol:
- a – construction of radial settling tanks;
 - b – installation of infiltration water intake

Для технико-экономического обоснования принятых проектных решений выполним сравнение перечисленных вариантов (Пособие по водоснабжению и канализации городских и сельских поселений (к СНиП 2.07.01-89):

1 вариант – строительство двух напорных водоводов диаметром DN630*70,3 ПЭ100 PN20 bar [9]. Общая стоимость с учетом всех видов работ и укрупненной стоимости материалов определили в соответствии с НЦС 81-02-14-2023, которая составляет $C = 26231,88 \times 2 \times 20 = 1\,049\,275,200$ тыс. р.

2 вариант – устройство инфильтрационно-го водозабора без учета прокладки водоводов. Общая сметная стоимость в ценах 1984 г. составляет 840 тыс. р., что равно **206,02 млн. р.** в ценах 2024 г.

3 вариант – строительство двух групп по 4 радиальных отстойника в каждой секции с распределительной чашей по типовому проекту ТП 902-2-472.89. Стоимость строительно-монтажных работ составляет $179,78 \times 2 = 359,56$ тыс. р. в ценах 1984 г.; стоимость оборудования – $32,89 \times 2 = 65,78$ тыс. р.; общая сметная стоимость составит **188,485 млн. р.** в ценах 2024 г.

4 вариант – прокладка стального трубопровода DN630*8, l = 186 м на территории ВОС, которая позволит переключить в последовательное соединение две группы горизонтальных отстойников, а также арматуры. $C = 0,186 \times 28895 = 5374,47$ тыс. р. в ценах 2024 г.

При выполнении укрупненных технико-экономических расчетов применяли различные методики оценки стоимости, и для лучшей наглядности целесообразно было выполнить обобщение в виде табл. 2.

После выполнения сравнения укрупненной стоимости вариантов наименее затратным методом является вариант строительства дополнительного трубопровода, последовательно соединяющего два горизонтальных отстойника. Подобная схема позволит получить производительность в два раза меньше требуемой и позволит обеспечить минимальные потребности водоснабжения или подать воду в некоторые районы города.

Для обоснования предложенного варианта необходимо рассмотреть не только экономическую составляющую и техническую возможность реализации, но и физико-химические аспекты, являющиеся главными при выборе схемы переоснащения. К таким вопросам относится определение гидравлической крупности осаждаемой взвеси, поступающей на очистные сооружения в паводковый период.

Для определения гидравлической крупности была проведена серия опытов на реальной воде с мутностью: 80, 81, 120, 550 мг/л. Воду для лабораторных исследований отбирали из реки Черная в районе села Черноречье в непосредственной близости от водозабора после прошедших сильных интенсивных дождей (декабрь 2018 г.). По стандартной методике [10] определяли **гидравлическую крупность, которая является тангенсом угла наклона касательной к седиментационной кривой** [11], исходящей из определенного значения процентного осаждения. Результаты определения гидравлической крупности представлены на рис. 6.

Результаты вычислений тангенсов углов наклона касательных к седиментационным кривым приведены в табл. 3.

Таблица 2. Приведение стоимости вариантов к ценам 2024 г.
Table 2. Bringing the cost of options to the prices of 2024

Рассматриваемый вариант	Стоимость СМР в ценах 1984 г., тыс. р.	Стоимость оборудования в ценах 1984 г., тыс. р	Общая стоимость в ценах 2024 г., млн. р.	Общая стоимость в ценах 2024 г., млн. р.
1. Строительство двух напорных водоводов диаметром DN630*70,3 ПЭ100 PN20 bar			1 049,28 (НЦС 81-02-14-2023)	1 049,28 (НЦС 81-02-14-2023)
2. Устройство инфильтрационного водозабора	840 [10]			206,02
3. Строительство двух секций по 4 радиальных отстойника	359,56 (ТП 902-2-472.89)	65,78 (ТП 902-2-472.89)		188,485
4. Прокладка стального трубопровода DN630*8, l = 186 м на территории ВОС			5,374 (НЦС 81-02-14-2023)	5,374

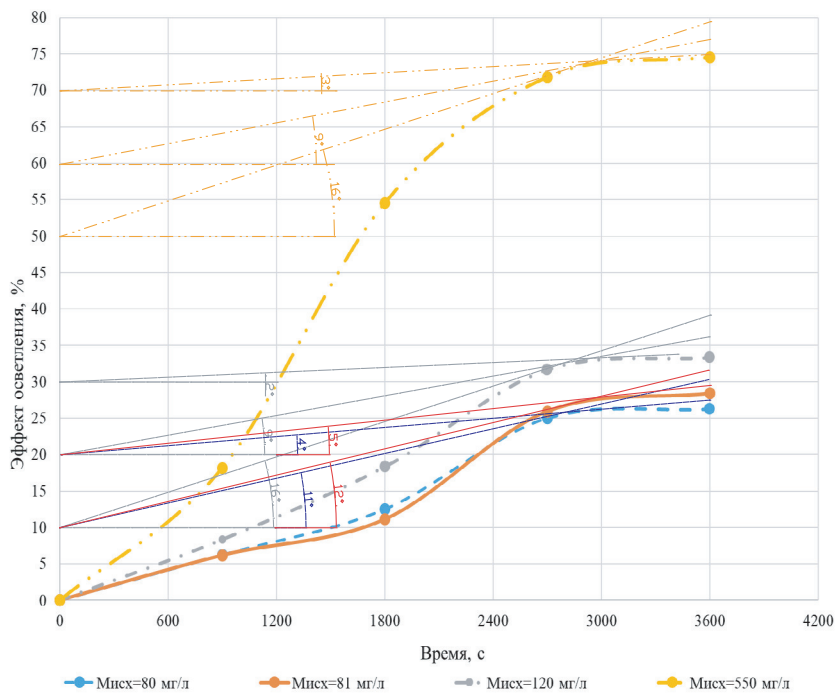


Рис. 6. Кривые осаждения при различных значениях исходной мутности с нанесенными касательными
Fig. 6. Deposition curves at different values of the initial turbidity with applied tangents

Таблица 3. Рассчитанные значения гидравлической крупности
Table 3. Calculated values of hydraulic size

Значение исходной мутности, мг/л	Эффект осветления, %	Угол наклона, град	Значение тангенса угла наклона
$M_{исх} = 550$	50	16	0,286
	60	9	0,158
	70	3	0,052
$M_{исх} = 120$	10	16	0,286
	20	9	0,158
	30	2	0,035
$M_{исх} = 81$	10	12	0,212
	20	5	0,087
$M_{исх} = 80$	10	11	0,194
	20	4	0,07

Для графического восприятия рассчитанные значения были нанесены на график (рис. 7), при помощи которого можно определить охват области значений гидравлической крупности.

Анализ диапазона значений гидравлической крупности позволил определить охват, соответствующий значениям от 0,052 до 0,286 мм/с. Сопоставление полученных значений с данными, представленными в табл. 4, позволяет определить, что мутность частиц соответствует илистому виду частиц, а это не противоречит применению отстойников.

Второй проблемой, возникающей при эксплуатации ВОС города Севастополя в паводковый период, является негативное действие первичного хлорирования при введении гипохлорита натрия. Первоначально на ВОС функционировала схема обеззараживания, работающая на жидком хлоре. Первичное дозирование – в трубопровод перед смесителем, а вторичное – в трубопровод перед контактными резервуаром. После строительства в Севастополе завода по производству гипохлорита натрия обеззараживание на ВОС осуществляется

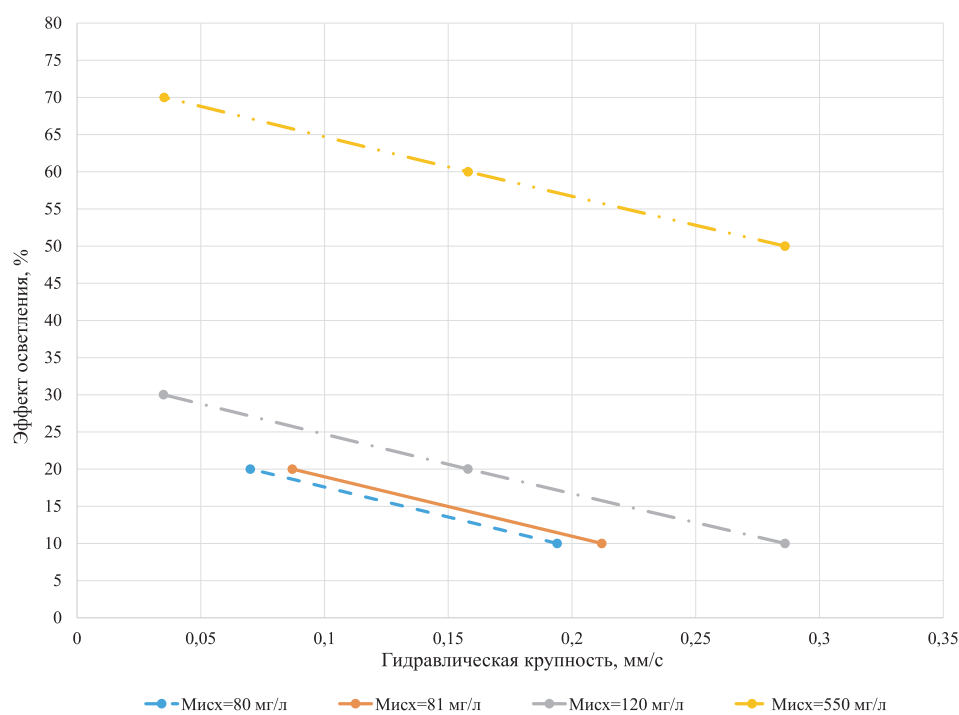


Рис. 7. Результаты определения гидравлической крупности
Fig. 7. Results of determining the hydraulic size

Таблица 4. Гидравлическая крупность некоторых частиц [12]
Table 4. Hydraulic size of some particles [12]

Вид частиц	<i>d</i> , мм	<i>v</i> _{г.к.} , м/с
Песок	1	100 × 10 ⁻³
	0,5	53 × 10 ⁻³
	0,1	6,9 × 10 ⁻³
Ил	0,05	1,7 × 10 ⁻³
	0,01	0,07 × 10 ⁻³
Глина	0,0027	0,005 × 10 ⁻³
	0,001	0,0007 × 10 ⁻³

раствором гипохлорита натрия, доставляемого на станцию. Введение данного обеззараживающего агента нарушает процесс коагуляции. Для подтверждения или опровержения этого факта в лабораторных условиях была проведена серия опытов по предварительному хлорированию. В лабораторные цилиндры с водой, имеющей исходную мутность 120 мг/л, ввели гипохлорит натрия с дозой 1 мг/л по активной части, через 3 мин ввели коагулянт «Полвак» (аналог коагулянта «Акванорм») с предварительно определенными дозами (22 и 24 мг/л по активной части) и наблюдали за процессом коагуляции, при этом каждые 15 мин осуществляли отбор проб. Результаты приведены в табл. 5, при этом произошло резкое увели-

Таблица 5. Результаты прехлорирования при исходной мутности 120 мг/л
Table 5. Results of pre-chlorination at an initial turbidity of 120 mg/l

Дата проведения эксперимента	Время введения гипохлорита натрия	Время введения «Полвака»	Время отбора проб	<i>M</i> _{ост'} мг/л, в цилиндре без введения гипохлорита натрия	<i>M</i> _{ост'} мг/л, в цилиндре с введением гипохлорита натрия
14.12.2018	14.30	14.33			
			14.48	117,5	110
			15.03	110	155
			15.18	115	130
			15.33	95	110

чение мутности, процесс коагуляции протекал с образованием хлопьев (рис. 8, г), но через час наблюдения остаточная мутность превышала входящую, а также был существенно повышен водородный показатель pH.

Таким образом, после проведения прехлорирования можно заключить, что введение хлора в виде гипохлорита натрия негативно влияет на процесс коагуляции, что обуслов-

лено повышенным содержанием щелочности в воде Чернореченского водохранилища, а также содержанием щелочи в составе гипохлорита натрия. При подкислении обрабатываемой воды процесс очистки улучшился.

Можно рекомендовать включение в технологическую схему очистки установки обеззараживания при помощи ультрафиолета, исполненной в виде набора кассет.



Рис. 8. Этапы процесса коагуляции при предварительном обеззараживании с помощью гипохлорита натрия:

а – введение гипохлорита натрия в 4-й и 5-й цилиндры с дозой по активной части 1 мг/л; б – введение в 4-й и 5-й цилиндры коагулянта «Полвак» с дозой 22 и 24 мг/л; в – фотофиксация 4-го и 5-го цилиндров через 15 мин после введения коагулянта; г – фотофиксация образовавшихся незначительных хлопьев взвеси после введения коагулянта через 15 мин (5-й цилиндр); д – фотофиксация окончания процесса коагуляции через 60 мин после введения коагулянта

Fig. 8. The stages of the coagulation process during preliminary disinfection with sodium hypochlorite: а – the introduction of sodium hypochlorite into the 4th and 5th cylinders with a dose of 1 mg/l for the active part; б – the introduction of the “Polvak” coagulant into the 4th and 5th cylinders with a dose of 22 and 24 mg/l; в – photofixation of the 4th and 5th cylinders 15 minutes after the introduction of the coagulant; г – photofixation of the formed minor flakes of suspension after the introduction of the coagulant 15 minutes later (5th cylinder); д – photofixation of the end of the coagulation process 60 minutes after the introduction of the coagulant

Выводы. 1. В исследовании рассмотрены основные причины, оказывающие негативное влияние на параметры очистки воды в паводковый период.

2. Выполнено технико-экономическое сравнение возможных вариантов, направленных на устранение негативных факторов очистки воды в паводковый период.

3. На основании полученных экспериментальных данных были предложены технические решения, позволяющие более эффективно эксплуатировать водопроводные очистные сооружения города Севастополя в паводковый период.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вести Севастополя. «Подачу воды в районы Севастополя восстановят к 18.00» [Электронный ресурс]. URL: <https://vesti-sevastopol.ru/podachu-vody-vosstanovjat> (дата обращения: 14.06.2024).
2. РИА НОВОСТИ. «Режим ЧС и отключения воды: все о последствиях непогоды в Севастополе» [Электронный ресурс]. URL: <https://crimea.ria.ru/20240122/rezhim-chs-i-otklyucheniya-vody-vse-o-posledstviakh-nepogody-v-sevastopole-1134380505.html> (дата обращения: 14.06.2024).
3. Котовская Е.Е. Оценка качественных показателей источников централизованного питьевого водоснабжения г. Симферополя и их влияния на технологию очистки // Строительство и техногенная безопасность: сб. науч. тр. Симферополь : АСиА, КФУ им. В.И. Вернадского, 2017. Вып. 7(59). С. 73–81.
4. Стрелков А.К., Котовская Е.Е., Теплых С. Ю. Определение эффективности очистки воды поверхностных источников централизованного водоснабжения от органических загрязнений на примере г. Симферополя // Градостроительство и архитектура. 2017. Т. 7, № 3(28). С. 35–45. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.7.
5. Устойчивый Крым. Водные ресурсы / В.С. Тарасенко, Б.И. Боровский, З.В. Тимченко и др. Симферополь: Таврида, 2003. 413 с.
6. Крымова Ю. Как очищают воду для Севастополя: репортаж из Севастопольского водоканала [Электронный ресурс]. URL: <https://crimea.vgorode.ua/news/kommunalka/172132-kak-ochyschait-vodu-dlia-sevastopolia-reportazh-yz-sevastopolskoho-vodokanala> (дата обращения: 14.06.2024).
7. Методические рекомендации по организации мероприятий, направленных на снижение последствий весеннего половодья и паводков. М.: Министерство РФ по ГО и ЧС, 2005. 106 с.
8. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Гетманец С. В. Коагулянты в технологии очистки природных вод. М.: Наука, 2005. 576 с.
9. Группа компаний ПРОМБАЗА. Пластиковые трубы [Электронный ресурс]. URL: <https://www.prombase.ru/water/truby-pe-100/sdr-9/> (дата обращения: 14.06.2024).
10. Кульский Л.А., Горановский И.Т., Когановский Л.М., Шевченко М.А. Справочник по методам анализа и очистки воды. К.: Наукова думка, 1980. 1205 с.
11. Фрог Б.Н. Водоподготовка. М.: МГУ, 2001. 680 с.
12. Караушев А.В. Теория и методы расчета речных наносов. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 271 с.

REFERENCES

1. News of Sevastopol. "Water supply to the districts of Sevastopol will be restored by 18.00." Available at: <https://vesti-sevastopol.ru/podachu-vody-vosstanovjat> (accessed 23 July 2024).
2. RIA NOVOSTI. "Emergency mode and water shutdown: all about the consequences of bad weather in Sevastopol." Available at: <https://crimea.ria.ru/20240122/rezhim-chs-i-otklyucheniya-vody-vse-o-posledstviakh-nepogody-v-sevastopole-1134380505.html> (accessed 23 July 2024).
3. Kotovskaya E.E. Assessment of the quality indicators of the sources of centralized drinking water supply in Simferopol and their impact on the purification technology. *Stroitel'stvo i tehnogennaja bezopasnost'* [Construction and technogenic safety]. 2017, no. 7(59). pp. 73–81. (in Russian)
4. Strelkov A.K., Kotovskaya E.E., Teplykh S.Yu. Determination of the effectiveness of water purification from surface sources of centralized water supply from organic pollutants on the example of Simferopol. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2017, vol. 7, no. 3(28). pp. 35–45. (in Russian) DOI 10.17673/Vestnik.2017.03.7
5. Tarasenko V.S., Borovsky B.I., Timchenko Z.V., etc. *Ustojchivyy Krym. Vodnye resursy* [Sustainable Crimea. Water resources]. Simferopol, Tavrida, 2003. 413 p.
6. Yulia Krymova. "How to purify water for Sevastopol: a report from the Sevastopol water utility." Available at: <https://crimea.vgorode.ua/news/kommunalka/172132-kak-ochyschait-vodu-dlia-sevastopolia-reportazh-yz-sevastopolskoho-vodokanala> (accessed 23 July 2024).
7. *Metodicheskie rekomendacii po organizacii meropriyatij, napravlennykh na snizhenie posledstvij vesennego polovod'ja i pavodkov* [Methodological recommendations on the organization of measures aimed at reducing the effects of spring floods and floods]. Moscow. Ministry of Civil Defense and Emergencies of the Russian Federation, 2005. 106 p.
8. Draginsky V.L., Alekseeva L.P., Getmanets S.V. *Koagulyanty v tehnologii ochistki prirodnykh vod* [Coagulants in natural water purification technology]. Moscow, Nauka Publ., 2005. 576 p.
9. PROMBAZA Group of companies. Plastic pipes. Available at: <https://www.prombase.ru/water/truby-pe-100/sdr-9/> (accessed 23 July 2024).
10. Kulsy L.A., Goranovsky I.T., Koganovsky L.M., Shevchenko M.A. *Spravochnik po svoystvam metodam analiza i ochistki vody v 2-h chastyah*. [Handbook of properties of methods of analysis and purification of water in 2 parts]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1980. 1205 p.
11. Frog B.N. *Vodopodgotovka* [Water treatment]. Moscow, MSU, 2001. 680 p.
12. Karaushev A.V. *Teoriya i metody rascheta rechnykh nanosov*. [Theory and methods of calculating river sediments]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1977. 271 p.

Об авторах:

ТЕПЛЫХ Светлана Юрьевна

доктор технических наук, доцент, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: lana2802@mail.ru

TEPLYKH Svetlana Yu.

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: lana2802@mail.ru

КОТОВСКАЯ Елена Евгеньевна

старший преподаватель кафедры инженерных систем в строительстве Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского 295050, Россия, г. Симферополь, ул. Киевская, 181 E-mail: elevkot@gmail.com

KOTOVSKAYA Elena Ev.

Senior Lecturer of the Engineering Systems in Construction Chair Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky 295050, Russia, Simferopol, Kievskaya st., 181 E-mail: ekevkot@gmail.com

ГОРШКАЛЕВ Павел Александрович

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: kafvv@mail.ru

GORSHKALEV Pavel Al.

PhD of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: kafvv@mail.ru

Для цитирования: Теплых С. Ю., Котовская Е.Е., Горшкалев П.А. Совершенствование технологии очистки питьевой воды на водопроводных очистных сооружениях Чернореченского водохранилища в паводковый период // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 49–59. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.06. For citation: Teplykh S.Yu., Kotovskaya E.E., Gorshkalev P.A. Improving the technology of drinking water purification at the water treatment facilities of the Chernorechensk reservoir during the flood period. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 49–59. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.06.



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ГЕОТЕХНИКА»



Инженерные изыскания, обследования зданий и сооружений, судебная экспертиза, консультационные услуги



Андрей Валентинович МАЛЬЦЕВ

кандидат технических наук, директор



443001, Самара, ул. Молодогвардейская, 194, каб. 0304Б
(846) 339-14-69; 8(987)953-46-23
geotehnika@yandex.ru
geotehnika@ya.ru