

А. Н. КИМ  
Е. О. ГРАФОВА  
Ю. П. ЕВТИФЕЕВ

## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ МОНОГОРОДОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS OF WATER SUPPLY SYSTEMS OF SINGLE-INDUSTRY TOWNS OF THE REPUBLIC OF KARELIA

*В статье на примере моногородов Республики Карелия показана возможность восстановления деятельности предприятий в зависимости от состояния инженерного обеспечения систем водоснабжения. Отмечено снижение водопотребления, высокий износ водоочистных сооружений, отсутствие реагентной обработки цветных вод и, как результат, неэффективная эксплуатация сооружений. Показано, что реконструкция возможна при применении инвестиционной программы. Разработаны проекты реконструкции технологической схемы очистки маломутной, высокоцветной воды и создания оборотной системы очистки промывных вод контактных осветителей.*

**Ключевые слова:** высокоцветные воды, контактное осветление

*On the example of single-industry towns of the Republic of Karelia the article shows the possibility of restoring the activities of enterprises depending on the state of engineering support of water supply systems. There was a decrease in water consumption, high wear of water treatment plants, the lack of reagent treatment of colored water and, as a result, inefficient operation of facilities. It is shown that the reconstruction is possible with the application of the investment program. Projects have been developed for the reconstruction of the technological scheme for purifying low-turbid, high-color water and creating a circulating system for cleaning the wash water of contact illuminators.*

**Keywords:** high-color water, contact clarification

На сегодняшний день в Республике Карелия насчитывается одиннадцать монопрофильных муниципальных образований (моногорода): Кондопога, Костомукша, Лахденпохья, Питкяранта, Пудож, Сегежа, Суоярви и поселения Вяртсиля, Муезерский, Надвоицы, Пиндуши. Данные населенные пункты построены в эпоху ускоренной индустриализации и в настоящее время находятся в сильной зависимости от деятельности градообразующих предприятий, которые, как правило, сейчас работают с низкой эффективностью или вовсе ликвидированы во времена «перестройки» экономики. На сегодняшний день ведется активная работа по определению приоритетных направлений диверсификации по каждому из населенных пунктов и привлечению инвесторов для ее реализации [1].

Основой для оценки потенциала моногородов является представление о имеющихся резервах и возможностях их дальнейшего развития. К ним относятся перспективы использования существующих земель для новых или переориентированных производств; степень инженерного обеспечения моногородов, в том числе электро- и водоснабжением; применение наилучших доступных технологий; оснащение новых производств системами очистки промышленных и хозяйственно-бытовых стоков, а также очистки воздуха и обработки отходов производства и потребления [2].

За последние 30 лет в моногородах Карелии наблюдается отток населения, снижение количества и мощности производств, что приводило к снижению водопотребления и водоотведения (табл. 1). Исследование данной проблемы позволит оценить состояние инженерных и экологических систем моногородов Карелии, определить техническую возможность их перехода на новые виды производств.

Большинство водопроводных очистных сооружений Республики Карелия были построены в 70–х гг. прошлого века по типовым проектам без учета особенностей местности и характеристик водоемов. По природному химическому составу поверхностные воды республики относятся к минерализованным, маломутным (менее 1,5 мг/дм<sup>3</sup>), с большим количеством гумусовых веществ, что обуславливает повышенную цветность и перманганатную окисляемость [3]. По цветности воды Карелии можно разделить на среднецветные – от 35 до 120 град и высокоцветные – свыше 120 град (см. табл. 1) [4].

Воды в водоисточниках Питкяранты, Вяртсиля, Лахденпохья, Надвоицы в зависимости от времени года можно отнести к мало- и среднецветным. В Кондопоге, Муезерский, Пудоже, Костомукше и Суоярви воды среднецветные. Все остальные населенные пункты используют воду из источников с высокой или средней цветностью. Однако большинство существующих очистных сооружений были спроек-

Характеристика производительности водоочистных сооружений и цветности водоисточников Карелии

Населенный пункт	Производительность ОС, тыс. м <sup>3</sup> /сут		Цветность водоисточников, град	
	проектная	фактическая	минимальная	максимальная
Суоярви	4,7	3,0	55	120
Кондопога	20,0	15,0	60	75
Муезерский	3,0	0,5	70	90
Надвоицы	5,0	2,6	11	56
Питкяранта	20,0	20,0	33	37
Пудож	6,0	2,5	45	95
Сегежа	25,0	15,0	40	140
Пиндуши	2,0	0,5	–	–
Костомукша	32,0	22,0	42	114
Лахденпохья	5,0	3,5	27	53
Вяртсиля	2,0	0,3	42	42

тированы для малоцветных высокомутных вод по типовым проектам с очисткой на осветлителях со взвешенным слоем осадка [5].

Реагентная обработка на сегодняшний день отсутствует. В ряде населенных пунктов не производится надлежащего обеззараживания воды, что в совокупности с низким санитарно-техническим состоянием трубопроводов делает воду опасной для здоровья населения [6]. Большинство сооружений устарели как морально, так и физически, а используемое оборудование имеет критическую степень износа, требует замены или не соответствует необходимой производительности. Не менее важным обстоятельством является отсутствие лабораторного контроля и несоблюдение зон санитарной охраны водоисточника [7].

Очистные сооружения городов Пудож и Кондопога имеют один и тот же недостаток технологической схемы. Были запроектированы осветлители коридорного типа, применяемые для высокомутных вод вместо одноступенчатого или двухступенчатого фильтрования с предварительной реагентной обработкой [8]. Сводная характеристика систем водоснабжения моногородов представлена в табл. 2. Очистные сооружения в городах Костомукша, Сегежа, Питкяранта спроектированы в соответствии с характеристиками своих водоисточников. Здесь основным водоочистным сооружением является контактный осветлитель.

На сегодняшний день реагентная обработка поддерживается только в Костомукше и Питкяранте. В существующей эксплуатации очистных сооружений Сегежи не поддерживается технология коагулирования воды, без которого невозможно осветление цветных вод. На всех сооружениях отсутствует система обработки промывных вод, содержащих

огромное количество загрязнений и непрореагировавших коагулянтов, которые направляются в водоприемники без какой-либо очистки.

Рассмотрим пример возможной реализации реконструкции водопроводных сооружений на примере моногорода Сегежа, расположенного в северной части Карелии. Источником питьевого водоснабжения города является река Сегежа (бассейн Белого моря, впадает в Выгозерско-Ондское водохранилище). Качество воды в водоисточнике характерно для поверхностных вод северного региона Европейской части России: повышенная цветность, изменяющаяся по сезонам года, низкие жесткость, щелочность и минерализация. Цветность воды обусловлена наличием гуминовых и фульвокислот и составляет 28–120 град ХКШ (хромокобальтовой шкалы). Максимальные значения цветности имеют место в мае (паводок) и во время осенних дождей (сентябрь – ноябрь). На рис. 1 представлено изменение цветности воды в месте водозабора за последние годы (2015–2017). Перманганатная окисляемость воды (рис. 2) колеблется в зависимости от цветности от 5,76 до 24 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Градусы цветности  $\Gamma = Ц / ПО$ , косвенно характеризующие состав гумусовых кислот в воде, изменяются от 4,8 до 5,9. Это свидетельствует о постоянстве органического загрязнения воды, представленного в основном фульвокислотами. Щелочность воды в водоисточнике (рис. 3) изменялась от 0,25 до 0,12 мг-экв/дм<sup>3</sup> и была минимальной для поверхностных источников Карелии. Жесткость воды составляла 0,14 – 0,30 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

Содержание коллоидного трехвалентного железа, входящего в состав железо-гумусовых комплексов, колебалось от 0,13 до 0,77 мг/дм<sup>3</sup>, что хорошо коррелирует с величиной цветности воды; рН воды изменялась от 6,0 до 7,1 и в связи с практическим отсутствием щелочности воды (см. рис. 3) может быть

Таблица 2

## Характеристика систем водоснабжения моногородов Карелии

Населенный пункт	Водоисточник	Сооружение очистки	Применение реагентов	Обеззараживающий агент
Суоярви	Оз. Исо-Пюхярви	-	-	Гипохлорит натрия
Кондопога	Оз. Нигозеро	ОВО* скорый фильтр	-	Газообразный хлор
Муезерский	Р. Муезерка	-	-	Газообразный хлор
Надвоицы	Оз. Выг	Скорый фильтр	-	Гипохлорит натрия
Питкяранта	Ладожское озеро	Барабанные сетки; КО**	-	Газообразный хлор
Пудож	Р. Водла	ОВО* скорый фильтр	-	Гипохлорит натрия
Сегежа	Р. Сегежа	КО**	-	Газообразный хлор
Пиндуши	Артезианские скважины	-	-	-
Костомукша	Оз. Каменное	КО**	$Al_2(SO_4)_3$ $Ca(OH)_2$	Газообразный хлор
Лахденпохья	Оз. Пайкярви	-	-	Газообразный хлор
Пос. Вяртсиля	Р. Юуван-Йоки	Отстойники скорые фильтры	-	Газообразный хлор

\*ОВО – осветлитель со слоем взвешенного осадка; \*\*КО – контактный осветлитель.

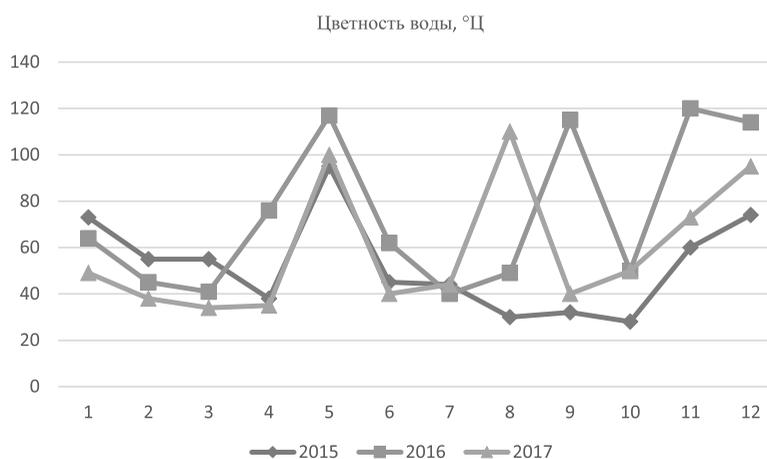


Рис. 1. Зависимость изменения цветности воды по сезонам года

легко снижена при хлорировании; сухой остаток (сумма взвешенных, органических и минеральных примесей в воде) составлял 30–60 мг/дм<sup>3</sup>.

Очистные сооружения водопровода с применением контактных осветлителей (КО-1) проектной производительностью 25000 м<sup>3</sup>/сут спроектированы проектным институтом «Карелгражданпроект» в 1970 г. За основу приняты решения типового проекта ТП 4–18–858 ВОС с контактными осветлителями производительностью 50000 м<sup>3</sup>/сут, выполненного проектным институтом «УкрГИПроккоммунстрой»

и ТП 4–18–705 ВОС, со скорыми фильтрами, разработанными «ЦНИЭП инженерного оборудования».

В состав проекта включены следующие сооружения:

- две барабанные сетки БСМ 1,5 x 1,9 (м), установленные над входной камерой (промывка сеток предусмотрена водой от насосной станции II подъема);
- входная камера на два отделения, каждый объемом 91,3 м<sup>3</sup>, с временем пребывания воды в ней 10 мин;
- десять контактных осветлителей типа КО-1 общей площадью 264 м<sup>2</sup>. В осветлителях предусмотрен

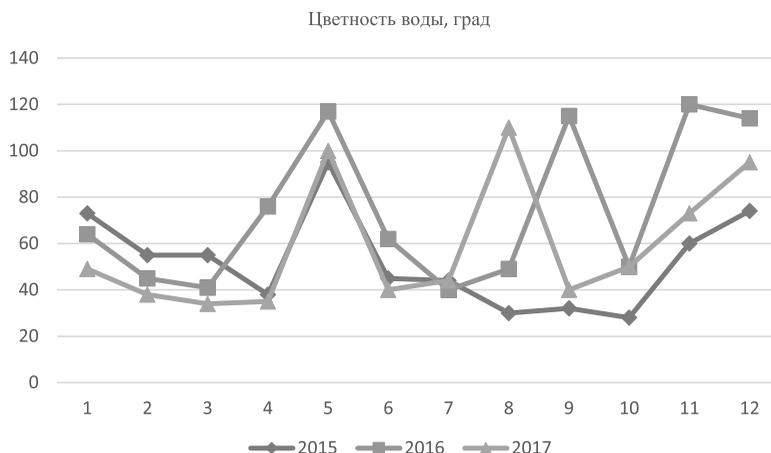


Рис. 2. Зависимость изменения окисляемости воды по сезонам года

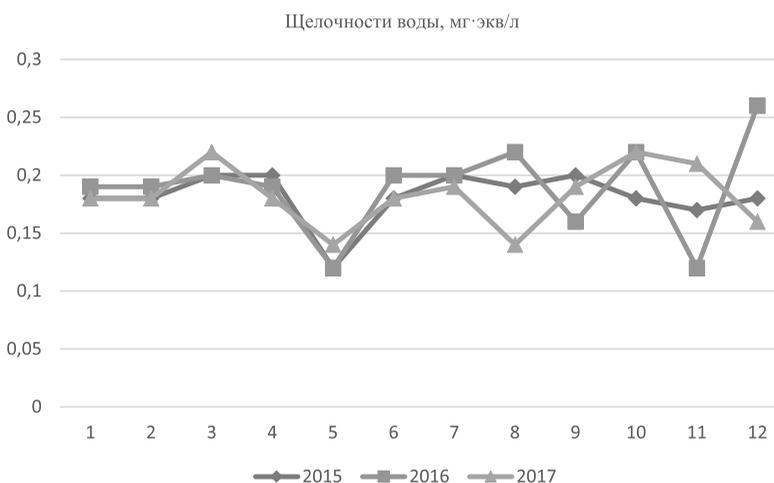


Рис. 3. Зависимость изменения щелочности воды по сезонам года

трубчатый дренаж большого сопротивления, состоящий из 20 стальных труб  $D=125$  мм, с устройством на каждой трубе 16 отверстий диаметром 14 мм, просверленных по нижней образующей трубы (рис. 4). Перфорированные трубы покрыты гравием (щебнем) диаметром фракций 40–2 мм общей высотой 600 мм. Поверх щебня уложены фильтрующие слои из кварцевого песка фракцией 0,5–2,0 мм толщиной 2000 мм. Расчетная скорость фильтрования – 5,0 м/ч. Промывка загрузки предусматривалась водой с интенсивностью  $17 \text{ дм}^3/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$ , подаваемой на промывку промывными насосами из резервуара чистой воды.

Проектом предусматривалась технология очистки воды на контактных осветлителях с коагуляционной обработкой воды. В 1983 г. после неудачной наладки построенных сооружений Специализированным Управлением по очистке промстоков и водоподготовке (Санкт-Петербург) был разработан технологический регламент работы очистных сооруже-

ний, в котором предусматривалось безреагентное фильтрование воды, обеззараживание ее хлором и частичная стабилизация кальцинированной содой. Отказ от коагуляционной обработки воды обуславливался отсутствием подщелачивания ее при коагуляции, повышенным содержанием остаточного алюминия в фильтрате, а также опасениями в снижении производительности станции от проектной и недостатке воды для населения и промпредприятий. Действие этого технологического регламента было продлено в 1989 г.

В 1995 г., после передачи водопроводных очистных сооружений (ВОС) в собственность города, режим безреагентного фильтрования был взят за основу нового технологического регламента, разработанного МП ЖКХ и действующего в настоящее время, но он не получил согласования в надзорных органах. На рис. 5 представлена технологическая схема обработки питьевой воды на ВОС г. Сегежи в настоящее время.

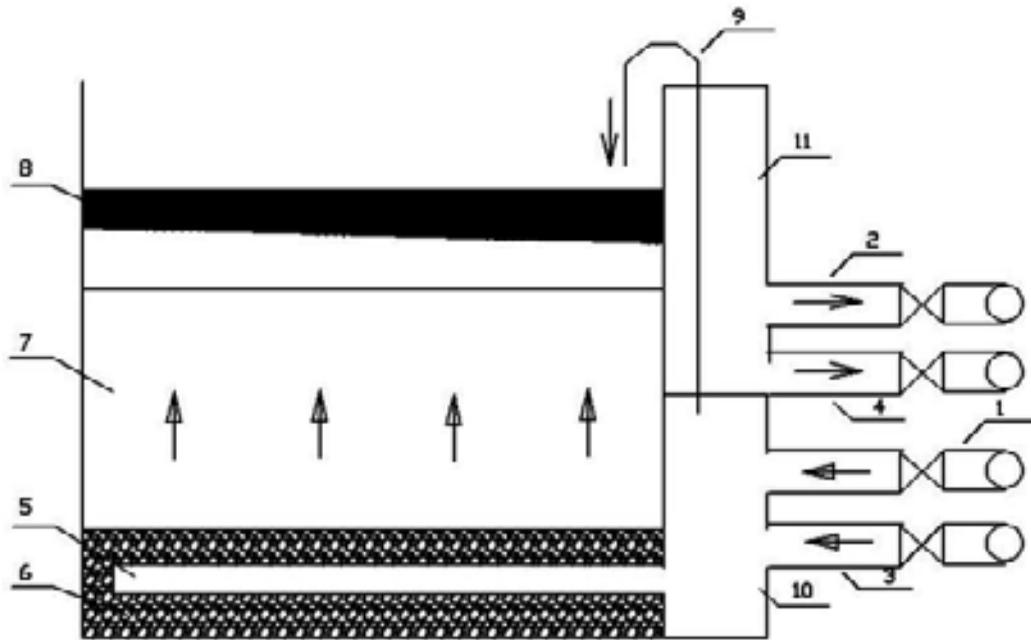


Рис. 4. Конструкция контактных осветителей КО-1 на ВОС г. Сегежи:

1 – трубопровод подачи воды на очистку  $D_u = 250$  мм; 2 – трубопровод отвода фильтрованной воды  $D_u = 250$  мм; 3 – трубопровод подачи промывной воды  $D_u = 500$  мм; 4 – трубопровод промывной воды  $D_u = 500$  мм; 5 – распределительные дырчатые трубы  $D_u = 125$  мм, шаг отверстий 300 мм; 6 – поддерживающие слой из гравия  $d = 40 \dots 2$  мм, толщина слоя 600 мм; 7 – фильтрующая загрузка: кварцевый песок 0,5 ... 2,0 мм, высотой 2,0 м; 8 – лотки сбора промывной воды; 9 – трубопровод удаления воздуха из напорного канала при промывке; 10 – напорный канал промывной воды; 11 – канал сбора фильтрованной и промывной вод



Рис. 5. Существующая схема очистки воды на ВОС г. Сегежи

Вода насосной станцией I подъема подается в барабанные сетки БСМ 1,5 x 1,9, далее поступает во входную камеру из двух отделений, где в течение 10 мин из воды удаляется воздух. При выходе воды из камеры производится ее первичное хлорирование хлорной водой дозой 2,0 мг/дм<sup>3</sup> по Cl<sub>2</sub>. Хлорированная вода поступает в контактные осветлители типа КО-1, фильтруется снизу вверх со скоростью 4–5 м/ч. Промывка осветлителей в паводок проводится один–два раза в сутки с интенсивностью 17 дм<sup>3</sup>/(с·м<sup>2</sup>) в течение 5–7 мин. Контроль за промывкой визуальнo-ручной, не автоматизирован. Перед подачей воды в резервуары чистой воды проводится вторичное хлорирование дозой 0,6 мг/дм<sup>3</sup> и подщелачивание кальцинированной содой до pH = 7,5 (для снижения коррозионной активности воды).

Этот режим обработки воды обеспечивает ее соответствие требованиям СанПиНа [3] по бактериологическим показателям, мутности, pH. Однако при цветности воды в водоисточнике свыше 55 град (что наблюдается семь месяцев в году) качество очищенной по существующей технологии воды не отвечает требованиям [3] по окисляемости, цветности, содержанию железа. Следует отметить, что на протяжении многих лет в городе производилось хлорирование высокоцветной воды, что приводило к образованию хлорорганических соединений, опасных для населения [9–11].

Было установлено, что состояние сооружений крайне изношено и для их восстановления требуется:

- оснащение устройствами для работы с коагулянтом, известью, флокулянтом, сульфатом аммония;
- ремонт или замена одной барабанной сетки, оснащение трубопроводов трубчатыми смесителями, ремонт гидроизоляции;
- устранение проблем перемешивания слоев контактного осветлителя при его промывке и восстановление герметичности напорных каналов осветлителей;
- оптимизировать расположение эжекторов в схеме хлорирования воды.

С учетом качества исходной воды оптимальной технологией ее очистки является использование реагентной обработки (преаммонизация, подщелачивание, коагулирование, флокулирование) с последующей подачей воды на контактные осветлители [12]. Это подтверждается удовлетворительной эксплуатацией аналогичных сооружений в Костомукше, Петрозаводске, Архангельске, Мурманске, Санкт-Петербурге.

В настоящее время для внедрения коагуляционной обработки воды требуется реконструкция и капитальный ремонт сооружений, в том числе решение вопроса с обработкой промывных вод. До ввода реагентной обработки исходной воды необходимо реконструировать существующую станцию контактных осветлителей, а именно переоборудовать КО-1 в КО-3, построить сооружения обработки

промывных вод, обустроить сооружения реагентного хозяйства. Предлагаемая схема очистки воды представлена на рис. 6.

В исходную воду перед барабанными сетками предлагается вводить сульфат аммония (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> дозой 0,33 мг/дм<sup>3</sup> по NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (для снижения концентрации, образующейся при хлорировании высокоцветных вод хлорорганики) и известь (для подщелачивания). Обработку воды жидким хлором заменить на дезинфекцию гипохлоритом натрия. В качестве коагулянта предложен оксихлорид алюминия, а в качестве флокулянта – полиакриламид неионного типа. Особое внимание следует уделить системе смешения реагентов с водой [13]. Предусматривается проведение более интенсивных периодических промывок зернистой загрузки КО, при которых задержанные загрязнения вымываются и аккумулируются в резервуарах промывной воды [14].

Перед резервуарами чистой воды осветленная на КО вода хлорируется второй раз. Требуемая доза вторичного хлорирования подбирается пробным хлорированием и контролируется по остаточной дозе хлора в 0,5 мг/дм<sup>3</sup> в контрольной точке городской сети города. Ввод извести на стабилизацию возможен до и после резервуаров, в зависимости от степени обеззараживания воды.

Для повышения барьерной роли водопроводных очистных сооружений (в части удаления вирусов, бактерий) предусматривается монтаж установки ультрафиолетового излучения. Предпочтение следует отдавать одновременной обработке воды ультрафиолетом и вторичным хлорированием. В этом случае реализуется синергидный эффект физико-химической обработки воды, кратно снижается требуемая доза хлорреагента, повышается эффект очистки воды.

В городскую сеть подается вода с цветностью 10 град, окисляемостью менее 3,0 мг/дм<sup>3</sup>, остаточным алюминием менее 0,2 мг/дм<sup>3</sup>, содержанием хлора менее 0,5 мг/дм<sup>3</sup>. Высокое значение pH = 8,3 обеспечивает защиту металлических трубопроводов от коррозии. Вода после промывки контактных осветлителей подается самотеком в два отстойника, устроенных из свободных контактных осветлителей (КО). В нее вводится флокулянт дозой 1,0 мг/дм<sup>3</sup>. После часового отстаивания вода может быть использована для новых промывок КО или отправлена в канализацию. Осадок из отстойников может быть сброшен в городскую канализацию, где остаточный алюминий промывных вод связывает биогенный элемент – фосфор и далее утилизируется вместе с осадком в канализационные очистные сооружения (КОС).

Общая стоимость реконструкции водопроводных очистных сооружений по разработанной схеме составит около 70 млн. руб. Средства на реализацию проекта могут быть найдены путем поддержки предприятий ЖКХ через различные федеральные программы, такие как завершившаяся федеральная

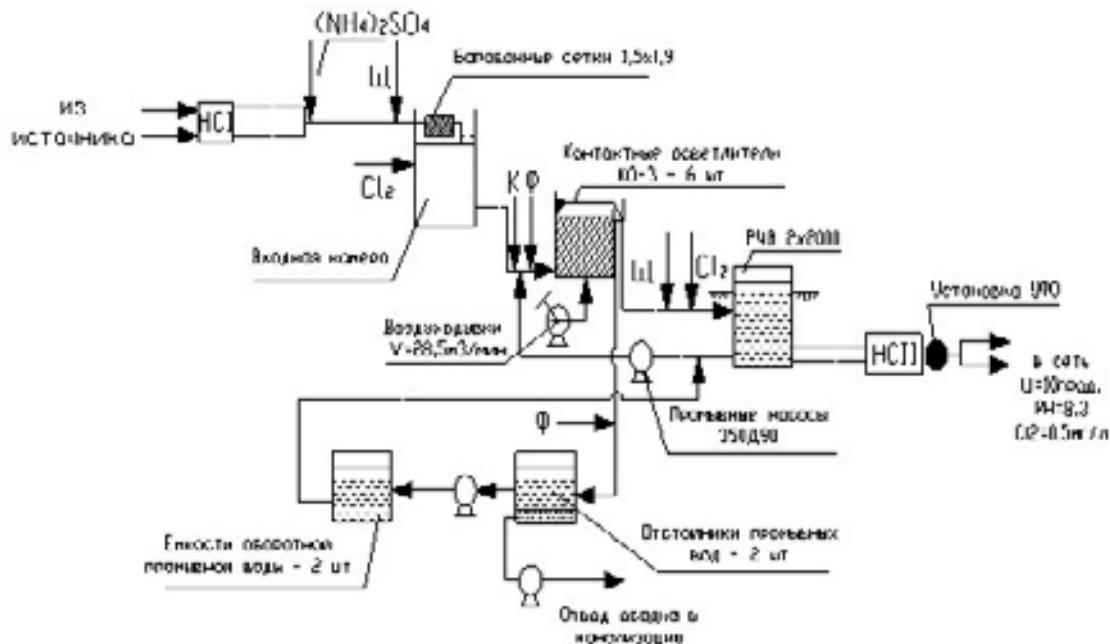


Рис. 6. Технологическая схема очистки воды на ВОС г. Сегежи

целевая программа «Чистая вода» [15]. Также возможна разработка и утверждение через ведомственное Министерство инвестиционной программы на 10 лет, что вполне реально в нынешних условиях.

**Выводы.** 1. Разработаны проекты реконструкции технологической схемы очистки маломутной, высокоцветной воды на ВОС г. Сегежи и создания оборотной системы очистки промывных вод контактных осветлителей общей стоимостью около 70 млн. руб.

2. Показано, что с учетом качества исходной воды оптимальной технологией ее очистки является ввод перед барабанными сетками сульфата аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  дозой  $0,33 \text{ мг/дм}^3$  по  $\text{NH}_3$ , первичное хлорирование гипохлоритом натрия дозой  $2,0 \text{ мг/дм}^3$  по  $\text{Cl}_2$ , подщелачивание кальцинированной содой до  $\text{pH} = 7,5$ , коагулирование оксихлоридом алюминия, флокулирование полиакриламидом неионного типа с последующим фильтрованием воды на КО-3.

3. Воду после промывки КО предлагается обрабатывать ПАА дозой  $1,0 \text{ мг/дм}^3$  и после часового отстаивания использовать для новых промывок. Осадок из отстойников может быть сброшен в городскую канализацию.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Урожаева Т. П. Моногорода в 1980–1990-е годы: зарубежный, российский и региональный опыт решения социально-экономических проблем // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2016. № 3 (156). С. 35–39.
2. Хайдаров Р. Р. Состояние экологии как фактор устойчивого развития моногорода // Власть. 2013. № 2. С. 72–75.

3. СанПиН 2.1.4.1074–01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. М., 2001. (Постановление № 24 Министерства здравоохранения Российской Федерации).

4. Драгинский В. Л., Евтифеев Ю. П., Докудовская С. А., Цыплакова Г. В., Трухина Г. М. Очистка высокоцветных вод северных регионов страны // Водоснабжение и санитарная техника. 1986. № 2. С. 6–8.

5. Гольденберг П. Г., Мирошниченко Ф. А., Графова Е. О., Аюкаев Р. И. Водное законодательство России. Штрафы или реконструкция очистных сооружений // Ресурсосберегающие технологии, материалы и конструкции: научно-практич. конф. Петрозаводск: ПетрГУ, 2012. С. 12–16.

6. Аюкаев Р. И., Графова Е. О. Об особенностях водоснабжения и водоотведения баз отдыха загородного размещения (на примере Республики Карелии) // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2011. № 6 (119). С. 81–86.

7. Ким А. Н., Захаревич М. Б., Мартынова А. Ю. Повышение надежности работы систем водоснабжения на основе внедрения безопасных форм организации их эксплуатации и строительства. СПб.: СПбГАСУ, 2011. 62 с.

8. Клейн С. В., Седусова Э. В., Лебедева Т. М., Новооселов В. Г. Опыт формирования доказательной базы вреда здоровью населения в условиях загрязнения питьевой воды хлорорганическими соединениями // Здоровье семьи – 21 век. 2015. № 3. С. 38–54.

9. Воротынцева В. М., Мочалов Г. М., Суворов С. С., Артемьева О. А. Определение примесей органических и хлорорганических соединений, оксида и диоксида угле-

рода в высокочистом хлороводороде методом газовой хроматографии // Журнал аналитической химии. 2012. № 3. С. 297–304.

10. Вишневская В. Ю., Ледяева В. С. К вопросу гигиенической оценки содержания хлорорганических соединений в питьевой воде // Инженерный Вестник Дона. 2015. Т. 39. № 4–2 (39). С. 23.

11. Сколупович Ю.А., Войтов Е.Л., Никитин А.М. Повышение эффективности работы водопроводной станции // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 2. С. 21–25.

12. Гришин Б. М., Гарьканиа И. А., Вилкова Н. Г., Биккунова М. В., Шейн А. И. Технологии реагентной обработки природных вод с применением вихревых смесительных устройств // Региональная архитектура и строительство. 2016. № 4 (29). С. 100–107.

13. Чудновский С. М., Лихачева О. И., Одинцов В. В. Оптимизация процессов очистки воды в контактных осветлителях // Наука и современность. 2016. № 43. С. 189–192.

14. Пузырев Е. И., Примин О. Г. Проблемы современного состояния систем водоснабжения и водоотведения в России // Водоснабжение и канализация. 2014. № 3–4. С. 10–18.

Об авторах:

#### **КИМ Аркадий Николаевич**

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры водопользования и экологии  
Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет  
190005, Россия, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4,  
тел. (812) 316–48–49  
E-mail: water@spbgasu.ru

#### **KIM Arkady N.**

Doctor of Engineering Science, Professor of the Water Use and Ecology Chair  
St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering  
190005, Russia, St. Petersburg, 2 Krasnoarmeyskaya str., 4,  
tel. (812) 316–48–49  
E-mail: water@spbgasu.ru

#### **ГРАФОВА Елена Олеговна**

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства  
Петрозаводский государственный университет  
185910, Россия, Республика Карелия, г. Петрозаводск,  
пр. Ленина, 33  
тел. (814–2) 77–45–81

#### **GRAFOVA Elena O.**

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Building Technology and Organization Chair  
Petrozavodsk State University  
185910, Russia, Republic of Karelia, Petrozavodsk, Lenina av., 33,  
tel. (8142) 77–45–81

#### **ЕВТИФЕЕВ Юрий Павлович**

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства  
Петрозаводский государственный университет  
185910, Россия, Республика Карелия, г. Петрозаводск,  
пр. Ленина, 33,  
тел. (814–2) 71–10–93  
E-mail: voda@petsu.ru

#### **EFTIFEEV Yury P.**

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Building Technology and Organization Chair  
Petrozavodsk State University  
185910, Russia, Republic of Karelia, Petrozavodsk, Lenina av., 33,  
tel. (8142) 71–10–93  
E-mail: voda@petsu.ru

Для цитирования: Ким А.Н., Графова Е.О., Евтифеев Ю.П. Анализ технологических решений систем водоснабжения моногородов Республики Карелия // Градостроительство и архитектура. 2018. Т. 8, № 4. С. 29–36. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.04.6. For citation: Kim A.N., Grafova E.O., Evtifeev Yu.P. Analysis of Technological Solutions of Water Supply Systems of Single-Industry Towns of the Republic of Karelia // Urban Construction and Engineering. 2018. V. 8, 4. Pp. 29–36. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.04.6.