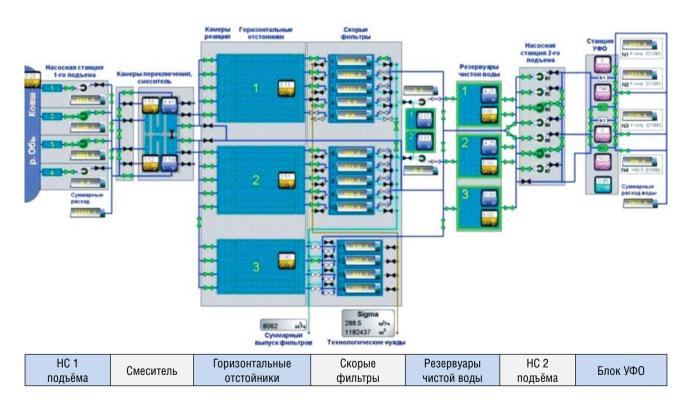
Внедрение инновационных технологий на объектах водоснабжения города Новосибирска

Ю.Н. ПОХИЛ¹, В.В. МАМАЕВ², И.В. ВАЛУЙСКИХ³, МУП г. НОВОСИБИРСКА «ГОРВОДОКАНАЛ»

Рис. 1. Технологическая схема НФС

В последние годы на станциях водоподготовки МУП г. Новосибирска «Горводоканал» был внедрен ряд передовых технологий и инновационных решений, позволивших значительно повысить качество очищенной воды.

По проекту на станциях водоподготовки очистка поверхностной воды, забираемой из реки Обь, осуществлялась по классической схеме – горизонтальные отстойники и скорые фильтры, с первичным и вторичным хлорированием.



- ¹ Похил Юрий Николаевич, директор МУП г. Новосибирска «ГОРВОДОКАНАЛ», 630007, г. Новосибирск-7, ул. Революции, 5, тел.: (383) 210-36-55, e-mail: gorvoda@mail.ru
- ² Мамаев Владимир Васильевич, зам. главного инженера, МУП г. Новосибирска «ГОРВОДОКАНАЛ», 630007, г. Новосибирск-7, ул. Революции, 5, тел.: (383) 290-74-09, e-mail: gorvoda@mail.ru.
- ³ Валуйских Игорь Васильевич, заместитель главного технолога, МУП г. Новосибирска «ГОРВОДОКАНАЛ», 630007, г. Новосибирск-7, ул. Революции, 5, тел.: (383) 290-74-09, e-mail: IVALUJSKIH@gorvodokanal.com



Современная концепция водоподготовки основана на принципе многобарьерной очистки, надежно обеспечивающей эпидемиологическую безопасность и высокое качество воды. Такой подход, в сочетании с использованием современных систем управления, в настоящее время применяется на новосибирских сооружениях водоподготовки – насосно-фильтровальных станциях (рис. 1).

Оборудование для технологического контроля и управления процессом дозирования реагентов

Ранее на станциях водоподготовки в качестве реагентов использовались сульфат алюминия и полиакриламид (ПАА). С 1999 г. в технологии очистки воды применяется оксихлорид алюминия, в результате чего потребление товарного реагента снизилось в 3–4 раза. Применение вместо ПАА современных флокулянтов (Праестол 650 ТR и ВПК-402 М) также позволило снизить их расход в 20–25 раз. Переход на новые реагенты обеспечил повышение качества питьевой воды, уменьшение агрессивного воздействия на стальные трубы, улучшение условий труда и санитарных условий процессов хранения и приготовления реагентов, а также снижение энергозатрат и трудоемкости операций разбавления и дозирования.

При переходе на новые реагенты было применено новое дозирующее оборудование, управляемое с 2004 г. контрольно-измерительными модулями (КИМ) «Коагулянт-Осветлитель», «Хлор-мониторинг» и «Автоматический дозатор коагулянта – комплекс «УНИТОК».

Эти КИМ позволяют в автоматическом режиме измерять электропроводность воды, концентрацию коагулянта, флокулянта и активного хлора в очищаемой воде, её мутность, величину рН и температуру на различных этапах технологического процесса. КИМ «Коагулянт-Осветлитель» в режиме оперативного контроля определяет значения мутности, величины рН и скорости осветления коагулированной взвеси на различных участках технологического процесса реагентной очистки (рис. 2).

Контрольно-аналитический комплекс «УНИ-

ТОК» позволяет в автоматическом режиме:

- обеспечить контроль и управление дозированием коагулянта;
- осуществлять контроль мутности, pH, температуры, скорости осветления воды на всех этапах технологического процесса;
- проводить пробную коагуляцию;
- производить самоочистку датчиков;
- вести самодиагностику оборудования;
- осуществлять диспетчеризацию и оперативный контроль технологического процесса.

В результате его применение позволяет экономить 5–15 % коагулянта.

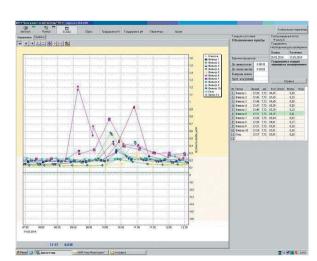




Рис. 2.

Временные

мутностей

НФС-1

ЗАВИСИМОСТИ

КИМ «УНИТОК».

ФИЛЬТРОВАННОЙ ВОДЫ

фильтров №№ 1-10

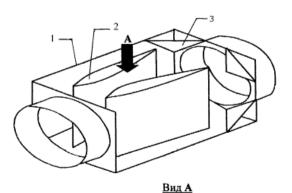
1-го и 2-го блоков

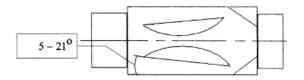


Рис. 3. Смеситель мгновенного действия

Рис. 4. Устройство для флокулирования (Флокулятор). 1—корпус устройства;

- 2-вставки в виде профиля крыла;
- 3 направляющие угловые вставки





Оптимизация узла смешения реагентов с водой

Для интенсификации смешения реагентов с обрабатываемой водой разработан и внедрен оригинальный гидравлический смеситель мгновенного действия [1]. Существенное перегораживание сечения трубопровода (рис. 3) за счет монтажа специальной вставки создает высокую интенсивность вихревых потоков, обеспечивающих почти мгновенное равномерное смешение реагента, превосходящее смешение в предусмотренном по проекту громоздком вертикальном смесителе.

Применение гидравлического смесителя позволяет:

- за счет увеличения в 10 раз интенсивности смешения в самом трубопроводе сократить время смешения реагентов с водой в 100 и более раз, исключив из эксплуатации существующий смеситель;
 - снизить дозу реагентов на 15-20 %;
 - повысить итоговое качество питьевой воды.

При маломутной речной воде в холодное время года процессы хлопьеобразования замедляются, и эффективность осаждения загрязнений в горизонтальных отстойниках снижается, тем самым увеличивая нагрузку на фильтры.

Оптимальным (в том числе и по затратам) вариантом решения этой проблемы явилось использование усовершенствованной камеры хлопьеобразования. Перед входом в существующую камеру хлопьеобразования установлены дополнительные смесительные устройства – флокуляторы (рис. 4).

Хлопьеобразование при такой технологии происходит в два этапа: в условиях более быстрого перемешивания – в новом устройстве и более медленного – в существующей камере хлопьеобразования отстойника. Дополнительно была разработана и смонтирована эжекционная схема рециркуляции осадка из камеры хлопьеобразования в камеру флокулирования одновременно с вводом флокулянта [2, 3].

Применение описанной схемы с рециркуляцией позволило при малой мутности речной воды интенсифицировать процесс хлопьеобразования, что привело к снижению мутности обработанной воды после отстойников на 15– 20 % (табл. 1).



главный критерий

аблица 1								
Дата (2010 г.)		Доза, мг/л (оксихлорид алюминия/флокулянт)						
	исходная вода	на выходе с первого блока отстойников (экспериментальный с флокуляторами)	на выходе со второго блока отстойников (контрольный)	первый блок	второй блок			
		Без флокуляторов при расходе на пері	вом и втором блоках 5600 м³/ч	•				
20.04	3,3	3,31	3,11	0,5/0,3	0,5/0,3			
21.04	12,2	6,25	5,83	5/0,3	5/0,3			
22.04	4,5	6,25	5,73	2/0,3	2/0,3			
23.04	2,8	2,82	2,66	0,5/0,3	0,5/0,3			
24.04	7,2	6,25	5,83	3,5/0,3	3,5/0,3			
25.04	6,4	6,34	5,76	4/0,3	4/0,3			
26.04	5,05	5,66	5,23	4/0,3	4/0,3			
27.04	6,8	6,78	6,62	2,5/0,3	2,5/0,3			
С флокуляторами на первом блоке отстойников (установлены 30 апреля 2010 г.) при расходе на первом и втором блоках 5600 м³/ч								
1.05	5,3	5.11	5,41	2,5/0,3	2,5/0,3			
2.05	7,7	7,14	7,88	4,5/0,3	4,5/0,3			
3.05	10,1	6,25	6,85	5/0,3	5/0,3			
4.05	11	8,06	9,08	6/0,3	6/0,3			
5.05	10,15	4,91	5,71	10,5/0,3	10,5/0,3			
6.05	10,2	2,53	3,57	15,5/0,3	15,5/0,3			
7.05	12,4	3,66	4,35	15,5/0,3	15,5/0,3			
11.05	61	4,47	5,01	30/0,15	30/0,15			
12.05	62,9	3,87	4,99	30/0,15	30/0,15			
13.05	56	4,27	5,15	30/0,15	30/0,15			
14.05	39	3,61	3,71	30/0,45	30/0,45			
15.05	37,5	3,93	4,57	30/0,45	30/0,45			
		окуляторами на первом блоке отстойников при р			,			
7.06	6,3	5,86	6,1	2/0,45	6/0,45			
8.06	6,43	5.79	6,11	2/0,45	6/0,45			
9.06	5,9	4,94	5,74	2/0,45	6/0,45			
10.06	5,74	5,04	5,9	2/0,45	6/0,45			
11.06	6,32	4,51	4,88	2/0,45	6/0,45			
12.06	5,6	3,98	4,25	2/0,45	6/0,45			
13.06	4,99	3,66	4,14	2/0,45	6/0,45			
14.06	6,32	5,04	5,26	2/0,45	6/0,45			
П	Іосле перенесен	ния точки забора хлопьев в камеру хлопьеобразс	рвания при расходе на первом и второ	м блоках 5 500 м				
15.07	5,95	4,45	4,8	5/0,3	5/0,3			
16.07	4,62	4,1	4,6	5/0,3	5/0,3			
17.07	4,35	3,77	4,05	5/0,3	5/0,3			
18.07	3,71	3,61	3,82	5/0,3	5/0,3			
19.07	3,77	2,06	2,12	5/0,3	5/0,3			
20.07	3,87	2,1	2,95	10/0,25	10/0,25			
21.07	3,98	1,18	1,75	10/0,25	10/0,25			
22.07	4,25	2,49	3,6	8/0,25	8/0,25			
23.07	4,4	2,06	2,96	8/0,25	8/0,25			
24.07	4,09	1,43	2,38	8/0,25	8/0,25			
25.07	4,62	1,48	2,7	8/0,25	8/0,25			
26.07	4,41	2,5	3,3	8/0,25	8/0,25			



Оптимизация работы фильтровальных сооружений

Ранее на действующих скорых фильтрах НФС в качестве фильтрующего материала применялся дешевый дробленый альбитофир (магматическая горная порода) или песок, которые не всегда соответствовали требованиям по фракционному составу и требовали дополнительно больших трудовых и материальных затрат по приготовлению, в результате чего конечная стоимость значительно вырастала и становилась соразмерной современным готовым более эффективным фильтрующим загрузкам. В этой связи выбор фильтрующего материала был проведен на основании исследований непосредственно на производственных фильтрах.

В качестве новых фильтрующих материалов для сравнения были испытаны: дробленая горелая порода (г. Киселевск Кемеровской области) и гранулированный алюмосиликатный полифункциональный адсорбент ОДМ-2Ф.

В результате производственных исследований установили, что степень осветления воды на фильтрах с горелой породой и ОДМ-2Ф значительно выше (на 30–40 %) по сравнению с фильтром, загруженным дробленым альбитофиром или песком. Существенно увеличился фильтроцикл: качество фильтрата даже по истечении суток ухудшается незначительно.

Одним из недостатков ОДМ- 2Φ является его малый удельный вес, в связи с чем требуется меньшая интенсивность промывки, что сложно осуществлять на сооружениях (требует существенных затрат на реконструкцию), рассчитанных на интенсивность $16-17 \text{ л/c·m}^2$.

Постепенная замена фильтрующего материала в существующих фильтрах на дробленую горелую породу позволила увеличить их грязеемкость, повысить производительность фильтров и качество получаемой питьевой воды, увеличить продолжительность фильтроцикла и снизить расход промывной воды.

Автоматизация РАБОТЫ ФИЛЬТРОВ

Работа фильтров полностью автоматизирована на основе следующих контролируемых параметров:

- расход фильтрованной воды,
- уровни воды в фильтрах,
- уровень воды в РЧВ,
- потери напора (перепад давления на фильтре).

Программное обеспечение позволяет рассчитывать и контролировать следующие параметры процесса, производные от измеряемых:

- скорость фильтрации
- интенсивность промывки;
- гидродинамическое сопротивление фильтра.

Осуществляется временной контроль начала и завершения операций, выполняемых оборудованием.

Поэтапное внедрение системы автоматизации по результатам мониторинга позволило оптимизировать процесс промывки фильтров, кроме того позволяет контролировать не только рабочие характеристики фильтров, но и сравнивать по ним эффективность работы фильтров, загруженных разными фильтрующими материалами.

Перечисленные выше непрерывно контролируемые параметры составляют основу комплексной системы диспетчерского управления.

Система обладает следующими характеристиками:

- осуществляет автоматический сбор технологических параметров процесса фильтрации;
- позволяет задавать режимы работы фильтров с операторского пульта;
- отображает необходимую оперативную технологическую информацию для диспетчеров, технологов и операторов фильтров на мониторах;
- ведет базу данных всех технических параметров работы фильтров для последующего анализа и передачи статистических данных в диспетчерскую и технологам;
- сигнализирует о наступлении аварийных ситуаций и сбоях в работе контролируемых систем;



• имеет несколько уровней контроля технологического процесса фильтрации и промывки в виде последовательно или одновременно отображаемых на мониторе мнемограмм, графиков с различной степенью детализации информации о состоянии сооружений и протекающих процессов.

Внедренная система автоматизации промывки фильтров на НФС позволила увеличить продолжительность фильтроцикла, сократить расход воды на промывку, контролировать все рабочие характеристики фильтров, сравнивать по ним эффективность работы фильтров, исключить человеческий фактор, снизить эксплуатационные затраты и обеспечить высокое качество питьевой воды (рис. 5).

В настоящее время автоматизированная система промывки фильтров – основа комплексной системы водоочистки – охватывает весь цикл водоподготовки от водозабора до подачи воды в сеть. Информация АСУ ТП НФС в реальном масштабе времени поступает в корпоративную АСУ ТП и является основой для оптимизации водораспределительной сети и надежного водоснабжения потребителей города.

Ультрафиолетовое обеззараживание

Ультрафиолетовое обеззараживание находит все более широкое применение в технологических схемах подготовки питьевой воды. Основным аргументом в пользу ультрафиолетового облучения является необходимость обеспечения обеззараживания в отношении устойчивых к химическому воздействию микроорганизмов: вирусов и цист простейших. Эффективность обеззараживания УФ-облучением в отношении этих микроорганизмов доказана исследованиями ведущих российских институтов и общемировой практикой. Другим основным достоинством метода является отсутствие образования побочных продуктов. Единственным его недостатком применительно к водоснабжению является отсутствие эффекта последействия, но его в полной мере компенсирует образование хлораминов в процессе хлораммонизации, сохраненном в схеме водоподготовки.

Для повышения барьерной роли сооружений в дополнение к основной схеме обеззараживания воды хлорированием в 2010 г. было внедрено обеззараживание ультрафиолетом на НФС-1, а в 2013 г. – на НФС-5 (рис. 6).



Рис. 5. Автоматизация промывки фильтров на НФС

Рис. 6. Установки УФО









Цеха оснащены современным отечественным оборудованием, полностью автоматизированным (рис. 7), для облучения воды используются амальгамные лампы повышенной мощности с длительным сроком службы (не менее 16 000 часов). По четыре установки горизонтального типа в каждом цехе позволяют обрабатывать до 15 000 м³/час воды на НФС-1 и до 25 000 м³/час на НФС-5, т.е. всю воду, идущую на нужды города.

Рис. 7. Автоматизация УФО

Таблица 2. Основные показатели качества питьевой воды за 2014 г.

	Единицы	Нормативы Сан ПиН 2.1.4.1074-01	Результаты контроля					
Показатели качества	измерения	«Вода питьевая», ГН2.1.5.1315-03, ГН 2.1.5.2280-07, не более	предельные значения	средние значения				
1	2	3	4	5				
1. Органолептические показатели								
1.1. Мутность по каолину	мг/дм ³	1,5	<0,1–0,95	0,22				
1.2. Цветность	град.	20	1–10	5,4				
1.3. Запах	балл	2	0–1	1				
1.4. Привкус	балл	2	0–1	0				
2. Обобщенные показатели								
2.1. Водородный показатель	рН	в пределах 6–9	7,30–8,30	7,79				
2.2. Сухой остаток	мг/дм ³	1000	92–200	131				
2.3. Жесткость общая	Ж°	7	1,25–3,65	2,34				
2.4. Щелочность	ммоль/ дм³	не нормируется	1,20–3,45	2,22				
2.5. Окисляемость	мгО/дм ³	5	0,8–3,8	2,2				
2.6. Фенольный индекс	мг/дм ³	0,25	<0,0005	<0,0005				
2.7. Нефтепродукты	мг/дм ³	0,1	<0,005	<0,005				
2.8. АПАВ	мг/дм ³	0,5	<0,025	<0,025				
3. Неорганические вещества								
3.1. Хлор остаточный свободный	мг/дм ³	в пределах 0,3–0,5*	0,3-0,48*	0,38*				
3.2. Алюминий	мг/дм ³	0,2**	0,020-0,160	0,061				
3.3. Железо	мг/дм ³	0,3	<0,05–0,19	0,060				
3.4. Марганец	мг/дм ³	0,1	0,0010-0,0290	0,0088				
4. Органические соединения								
4.1. Хлороформ	мг/дм ³	0,06**	0,008-0,055	0,032				
4.2. Четыреххлористый углерод	мг/дм ³	0,002**	<0,0001–0,0008	<0,0001				

Примечания

^{**}Предельно допустимые концентрации в соответствии с ГН 2.1.5.1315-03. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водоемов. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования; ГН 2.1.5.2280-07. Гигиенические нормативы. «Дополнения и изменения 1 к гигиеническим нормативам «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. ГН 2.1.5.1315-03».



^{*} На выходе с водоочистных сооружений;

главный критерий

В настоящее время схема водоподготовки на НФС МУП г. Новосибирска «ГОРВОДОКАНАЛ» включает в себя аммонизацию воды, подачу коагулянта (оксихлорида алюминия) современными автоматизированными системами и установками «MixLine» автоматического приготовления и дозирования флокулянта (Праестол 650 TR), первичное хлорирование, смешение в смесителе мгновенного действия, предварительное флокулирование, осветление в горизонтальных отстойниках, фильтрацию на скорых фильтрах, вторичное хлорирование и Уфобеззараживание.

Наличие в схеме водоподготовки нескольких технологий и технических решений, направленных на обеспечение эпидемиологической безопасности и высокого качества воды, не только делает эту схему исключительно надежной и универсальной, но позволяет минимизировать недостатки, свойственные каждому из методов, и добиться максимальной эффективности от их использования (табл. 2).

Оптимизация РАБОТЫВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Водопроводная сеть города является одним из основных элементов системы водоснабжения, а надежность её работы, выраженная, в первую очередь, в бесперебойности подачи воды конечным потребителям в необходимом объеме и с гарантированным напором, является одним из важнейших показателей качества оказываемых предприятием услуг.

За последнее время кардинально изменен подход к обеспечению работоспособности сетей водоснабжения и на более высокий уровень поставлена организация управления ее эксплуатацией. Все изменения в работе системы водоснабжения (отключения участков трубопровода, подключение новых потребителей, изменение режима работы насосных станций и т.д.) предварительно просчитываются с использованием гидравлической модели сети.

Проведены работы по разделению зон водоснабжения, позволившие исключить перетоки между ними, снизить расход электроэнергии и давление на выходе насосных станций.

Одним из важнейших направлений потребления сокращения электроэнергии, сокращения объема подаваемой воды и снижения количества повреждений на водопроводных сетях является внедрение системы автоматического мониторинга давления на насосных станциях и в диктующих точках сети. Эта система, являясь составной частью корпоративной АСУ ТП, позволяет оперативно выполнять корректировку режима работы насосных станций, предотвратив тем самым возникновение избыточных свободных напоров. Всего в настоящее время давление контролируется в 94 точках системы водоснабжения, часть из которых используется для автоматической регулировки давления в сети насосными станциями (НС) подкачки (работа НС по удаленной точке).

С недавнего времени совместно с модернизацией существующей водопроводной сети города постоянно оптимизируется работа насосных станций. За счет перераспределения потоков в сети и изменения зон водоснабжения отдельных районов, стало возможным уменьшение давления на НС, которое реализовано с помощью частотного регулирования. Опыт эксплуатации частотно-регулируемых приводов подтверждает эффективность их применения, которая выражается в снижении потребления электроэнергии, повышения ресурса работы основного оборудования, оптимизации режимов работы водопроводной сети, сокращении числа повреждений трубопроводов, снижении потерь воды. В настоящее время системами частотного регулирования оснащены большинство насосных станций. Наряду с непрерывным контролем гидравлических параметров системы водоснабжения и режимов работы НС, заменой запорно-регулирующей арматуры, в течение последних лет на водопроводной сети устанавливаются современные регуляторы давления.





Рис. 8. Графики давлений системы водоснабжения

В настоящее время на водопроводных сетях города Новосибирска установлено более 30 регуляторов давления (РД) диаметром от 50 до 500 мм, регулирующих давление как «до» так и «после» себя, позволяющие исключить значительные колебания давления и повысить надежность работы водопроводной сети (рис. 8). Одним из последних новшеств при регулировании подачи воды в п. ОбьГЭС использован регулятор давления «после себя» с управлением по радиоканалу. Эксплуатация современных регулирующих клапанов доказала высокую надежность и эффективность данного оборудования.

В результате установки регуляторов давления на участках водопроводной сети различных микрорайонов удалось снизить общую подачу воды насосными станциями, а также давление и аварийность.

Выводы

На насосно-фильтровальных станциях г. Новосибирска реализована технологическая схема водоподготовки, обеспечивающая многоступенчатую очистку и обеззараживание питьевой воды на основе совместного использования современных технологий ультрафиолетового облучения, оптимизированного выбора фильтрующих материалов, метода аммонизации, новых реагентов и внедрения инновационных технических решений – смесителей мгновенного действия и флокуляторов.



Внедрение перечисленных технологий и решений позволило добиться их максимальной эффективности, оптимизировать эксплуатационные затраты, снизить влияние негативных побочных эффектов и обеспечить высокое качество питьевой воды.

Основные направления дальнейшего совершенствования системы водоснабжения Новосибирска, активно реализуемые в настоящее время:

- 1. Оборудование насосных станций частотными преобразователями с возможностью управления по удаленной диктующей точке. Внедрение данной технологии позволяет добиться значительного сокращения расхода электроэнергии, аварийности и потерь воды.
- 2. Дальнейшая реализация системы управления сетями водоснабжения, которая дает достоверную информацию о давлении и расходе в различных точках сети. Получение информации о распределении давления в разных точках сети позволит снижать избыточные напоры. Это достигается заданием оптимальных режимов работы насосного оборудования.
- 3. Зонирование системы водоснабжения, установка регуляторов давления.
- 4. Дальнейшая поэтапная реализация проекта комплексной системы автоматизированного управления предприятием (КСАУП), в котором для каждого участка предприятия будет построена логическая модель, система критериев оценки эффективности производства, помогающая специалистам оптимизировать технологический процесс с целью сокращения затрат, без потери качества продукта. Комплексная автоматизация позволяет добиться существенной экономии ресурсов предприятия.
- 5. Применение и совершенствование в водоподготовке наиболее современных технологий очистки воды, позволяющих существенно повысить качество ее очистки, особенно в случаях чрезвычайных ситуаций при загрязнениях водоисточников.

Литература

- 1. ПАТЕНТ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ № 2324530 от 17.02.2006 г. «УСТРОЙСТВО ДЛЯ БЫСТРОГО СМЕШЕНИЯ РЕАГЕНТОВ (ВАРИАНТЫ)». ПАТЕНТО-ОБЛАДАТЕЛИ: ООО «ПОЛИМЕР», МУП г. НОВО-СИБИРСКА «ГОРВОДОКАНАЛ». HTTP://www. FINDPATENT.RU/PATENT/232/2324530.HTML.
- 2. Патент на изобретение № 2468998 «Устройство для флокулирова-ния (варианты)». Патентообладатели: ООО «Полимеры», МУП г. Новосибирска «ГОРВОДОКАНАЛ», HTTP://www.findpatent.ru/patent/246/2468998.html#.
- 3. ПАТЕНТ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ № 2482073 «СПО-СОБ ОЧИСТКИ ВОДЫ». ПАТЕНТООБЛАДАТЕЛИ: 000 «ПОЛИМЕРЫ», МУП г. НОВОСИБИРСКА «ГОРВОДО-КАНАЛ», HTTP://www.findpatent. RU/PATENT/248/2482073.HTML.
- 4. Свод правил СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84.
- 5. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации. М..2000.
- 6. САНПИН 2.1.4.1074-01 ПИТЬЕВАЯ ВОДА. ГИГИЕНИ-ЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВОДЫ ЦЕНТРАЛИ-ЗОВАННЫХ СИСТЕМ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА.— М., 2001.
- 7. ДРАГИНСКИЙ В.Л., АЛЕКСЕЕВА Л.П., ГЕТМАНЦЕВ С.В. КОАГУЛЯЦИЯ В ТЕХ-НОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД. М., 2005.
- 8. МУК 4.3.2030—05. Санитарно-вирусологический контроль эффективности обеззараживания питьевых и сточных вод УФоблучением. М., Роспотребнадзор, 2006.
- 9. Арутюнова И.Ю. Исследование различных технологических режимов очистки воды, направленных на снижение содержания хлорорганических соединений в питьевой воде. (Сборник статей и публикаций Московского водоканала). М., 2008.
- 10. ЖУРБА М.Г., ГОВОРОВА Ж.М., БАХИР В.М., УЛЬЯНОВ А.Н. К ОБОСНОВАНИЮ МЕТОДОВ ОБЕЗ-ЗАРАЖИВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД. (ВОДОСНАБЖЕ-НИЕ И СА-НИТАРНАЯ ТЕХНИКА. 2011, № 4).

