

ПРИМЕНЕНИЕ НАПОРНОЙ ФЛОТАЦИИ В ВОДОПОДГОТОВКЕ

Чмелев И.Ю., директор,
ООО «Харьковский Водоканалпроект»
chmelov62@gmail.com

Исакиева О.Г., к.т.н., доцент,
Сорокина В.Е., к.т.н., доцент,
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
olga.isakieva@gmail.com

Аннотация. В данной статье предложены инновационные технологии в строительстве новых и реконструкции действующих станций водоподготовки. В качестве эффективного метода удаления коллоидных и взвешенных веществ, нефтепродуктов и жиров, а также фитопланктона, рассматривается напорная флотация.

Рассмотрены варианты реконструкции действующих сооружений водоподготовки путем замены процесса отстаивания напорной флотацией.

Приведены описание, принцип действия и результаты работы флотофильтрационной установки Klaricell RJ (Австрия). Данная установка является комбинированной и позволяет совмещать в себе такие процессы, как: коагуляция, флокуляция, флотация, фильтрация и промывка. При этом промывные воды отсутствуют. Эффективность очистки высокая, при любом качестве исходной воды качество на выходе всегда стабильно.

Ключевые слова: водоподготовка, реконструкция, напорная флотация, водовоздушная смесь, флотатор, флотофильтр.

ВИКОРИСТАННЯ НАПІРНОЇ ФЛОТАЦІЇ У ВОДОПІДГОТОВЦІ

Чмельов І.Ю., директор,
ТОВ «Харківський Водоканалпроект»
chmelov62@gmail.com

Ісакієва О.Г., к.т.н., доцент,
Сорокіна В.Ю., к.т.н., доцент,
Харківський національний університет будівництва та архітектури
olga.isakieva@gmail.com

Анотація. В даній статті запропоновані інноваційні технології у будівництві нових та реконструкції діючих станцій водопідготовки. Як ефективний метод видалення колоїдних та завислих речовин, нафтопродуктів та жирів, а також фітопланктону, розглядається напірна флотация.

Розглянуті варіанти реконструкції діючих споруд водопідготовки шляхом заміни процесу відстоювання напірною флотацією.

Наведені опис, принцип дії та результати роботи флотофільтраційної установки Klaricell RJ (Австрія). Дана установка є комбінованою і дозволяє поєднувати у собі такі процеси, як: коагуляція, флокуляція, флотация, фільтрація та промивка. При цьому промивні води відсутні. Ефективність очистки висока, при будь-якій якості вихідної води якість на виході завжди стабільна.

Ключові слова: водопідготовка, реконструкція, напірна флотация, водоповітряна суміш, флотатор, флотофільтр.

THE USE OF PRESSURE FLOTATION IN THE WATER TREATMENT STATIONS

Chmelev I.Y., Director,
LLC «Kharkiv Vodokanalproject»
chmelov62@gmail.com

Isakieva O.G., PhD., Assistant Professor,
Sorokina V.E., PhD., Assistant Professor,
Kharkiv National University of Construction and Architecture
olga.isakieva@gmail.com

Abstract. Classical technological schemes for the purification of natural waters become ineffective against pollutants, whose presence in water or increase in their concentration has not been taken into account in the design.

The efficiency of traditional water treatment facilities is sharply reduced, even with a slight deviation from the design parameters.

This article proposes innovative technologies in the construction of new and reconstruction of active water treatment plants. As an effective method for the removal of colloidal and suspended substances, petroleum products and fats, as well as phytoplankton, the pressure flotation is offered.

Options for the reconstruction of existing water treatment facilities by replacing the process of sedimentation with pressure flotation are considered

Flotofilter Klaricell RJ (Austria) is offered for the construction of new water treatment plants. The description, operating principle and results of the work of flotofilter Klaricell RJ (Austria) are given. This installation is combined one and allows combining such processes as: coagulation, flocculation, flotation, filtration and washing. At the same time there is no washing water. The cleaning efficiency is high, at any quality of the initial water; the quality at the outlet is always stable.

The use of flotofilters allows building water treatment stations of small sizes and in the shortest possible time for any objects of drinking water supply and for technical water.

Keywords: water treatment, pressure flotation, reconstruction, water-air mixture, flotator, flotofilter.

Введение (постановка проблемы). Проблема подготовки качественной воды, как питьевой, так и технической, с каждым днем становится все более актуальной. Постоянно растет интерес к новым методам очистки воды, новым материалам, технологиям, сооружениям.

Любая станция подготовки воды питьевого качества из поверхностного источника должна включать не только процесс отделения взвешенных веществ и фитопланктона, но и удаление цветности. Удаление растворённых и коллоидных структур, которыми определяется цветность воды в водоёме, производится посредством коагуляции и флокуляции с последующей флотацией и/или седиментацией и глубокой доочисткой воды методом фильтрации [1, 2].

Анализ последних исследований и публикаций. Классические технологические решения – статические камеры реакции, отстойники, контактные осветлители, скорые фильтры – становятся малоэффективными против загрязняющих веществ, наличие которых в воде или увеличение их концентрации не были учтены при проектировании. Эффективность работы таких сооружений резко снижается даже при небольшом отклонении от проектных показателей: изменение качества входной воды, и особенно при низких температурах воды зимой, или наличие фитопланктона летом, и особенно резко снижается при изменении количества потребления очищенной воды.

К недостаткам классических схем относятся:

– статические камеры реакции – громоздкие, малоэффективные аппараты. Особенно низка их эффективность в период низких и сверх низких температур, при низкой мутности и высокой цветности. В них отсутствуют механизмы повышения эффективности срабатывания химикатов при изменении характеристик исходной воды;

– отстойники или осветлители – громоздкие сооружения малоэффективные при низких температурах и совсем не эффективные в период цветения водоёмов, в этот период возникает вопрос «зачем топить то, что хочет плавать». Они очень нестабильно работают по сезонам и при резких увеличениях нагрузки (например, паводковый период или при ливневых дождях). Осадок в них образуется с очень низкой концентрацией, и дальнейшая его обработка вызывает большие проблемы;

– песчаные фильтры – нестабильно работают в зависимости от выше указанных причин. В зимний период при низких температурах при неполном срабатывании химикатов на предыдущих стадиях песок быстро забивается мелкими хлопьями, и возникают большие проблемы с промывкой песка. Такая же проблема возникает в период цветения водоёмов;

– отдельной проблемой стоит проблема образования большого количества промывных вод и их обработка;

– в классических схемах нет защиты от попадания нефтепродуктов.

Цель и задачи. В связи с вышеизложенным, нужны новые высокоэффективные сооружения очистки воды либо требуются решения для устранения недостатков работы уже существующих сооружений станций водоподготовки.

Устранить эти недостатки можно, повысив эффективность:

– предварительной механической подготовки воды – с помощью установки микрофильтров с сетками 50-80 мкм;

– предварительной физико-химической подготовки воды – путем установки (замены) оборудования для эффективного проведения химической обработки воды, а именно, динамических коагуляционных и флокуляционных камер;

– удаления загрязнений образовавшихся в ходе физико-химической подготовки воды – заменой процесса отстаивания на процесс флотации;

– работы песчаных фильтров – путем перезагрузки фильтров, организации водовоздушной промывки и т.д.

Высокой эффективности удаления коллоидных и взвешенных веществ, нефтепродуктов, жиров, фитопланктона и т.д. можно достигнуть применением напорной флотации [3].

Одним из создателей технологии напорной флотации (DAF) и старейшим из существующих производителей оборудования напорной флотации в мире является компания «KWI International» (Австрия). Начав с создания своего первого напорного флотатора в 1947 году, концерн вырос в мирового лидера по производству и поставке оборудования для водоподготовки и водоочистки. В мире действует более 5000 установок компании «KWI International». Технические возможности компании необычайно широки, главное направление деятельности – поставка новейших технологий очистки оборотных и сточных вод, подготовки технической и питьевой воды. Компания KWI разработала и выпускает 7 различных типов установок напорной флотации для очистки вод, как природных, так и сточных [4].

При обработке природных вод используют флотаторы, в которых после коагулирования образуется легкий плохо оседающий осадок. Чаще к таким водам относятся воды с большой цветностью (более 120 градусов), невысокой мутностью, содержащие планктон и мелкодисперсную взвесь.

В отличие от систем осаждения флотаторы дают высокие или сверхвысокие концентрации шламов, которые в зависимости от типа флотатора могут регулироваться от 3,0 до 6,0%, поэтому не требуется никакая дополнительная подготовка шлама перед обезвоживанием. Производительность колеблется в пределах от 2 до 12000 м³/час.

Основой напорной флотации является – водовоздушная смесь, при этом, чем меньше будет пузырёк газа, тем эффективней будет работать флотатор. Предлагается два типа установок приготовления водовоздушной смеси: ADT (труба растворения воздуха) или ADR (реактор растворения воздуха). В аппарат подается вода под давлением до 6 бар и воздух от компрессора. После смешения очищаемой воды из реки с насыщенной воздухом водой и снятия давления, в воде образуется огромное количество мельчайших пузырьков, сорбирующих на поверхности частиц загрязнений и поднимающих их на поверхность. Образующийся флотошлам непрерывно удаляют из флотатора, отправляя далее на обезвоживание.

Эффективность очистки на флотационных установках значительно выше, чем в отстойниках, при этом при любом качестве исходной воды качество на выходе всегда стабильно. Также преимуществом применения флотации являются малые размеры оборудования из-за малого времени прохождения процесса разделения фаз (отделение твердой фазы от воды).

Время пребывания воды во флотаторе в зависимости от исходных свойств воды в природном источнике от 5 до 20 мин.

В классических схемах после отстойников вода идет на песчаные фильтры с переменным качеством, что создает переменную нагрузку на песчаную загрузку. Поэтому требуется большое количество песка для гарантированного удержания большого количества загрязнений, что в свою очередь повышает мощность промывного оборудования и увеличивает количество промывных вод. Если мы заменяем отстаивание флотацией, и удаляем на флотаторе 95-97 % всех загрязнений, то на песчаную загрузку приходит мало загрязнений. При этом можно уменьшить объем фильтрующего материала и появляется возможность использования многослойных загрузок: щебень-песок или комбинированные загрузки, щебень-песок-гидроантрацит, щебень-песок-сорбционно-каталитические загрузки, в зависимости от требуемого качества воды и специфических загрязнений исходной воды.

Также необходимо переводить промывку фильтров на водовоздушную, это приводит к более эффективной промывке песка и меньшему количеству промывной воды.

Таким образом, можно реконструировать старые станции. При реконструкции станций водоподготовки возникает две проблемы: проблема промывных вод и повышения качества очищаемой воды.

Промывные воды несут переменное количество загрязнений, и их расход меняется в широком диапазоне в зависимости от сезона. Для решения этой проблемы компания выпускает флотационное оборудование в широком диапазоне производительности. Установив одну установку, производительностью близкой к максимальному количеству промывных вод, станция обеспечит очистку при любом количестве воды. Для очистки промывных вод рекомендуется применять флотационные установки Supercell SPC или Megacell MCV [4].

Что касается повышения качества очищаемой воды, то, как уже было сказано выше, в классической схеме имеется ряд плохо управляемых и не эффективных процессов. Предлагается заменить эти процессы. А именно, изменить схемы химической подготовки воды и заменить отстаивание напорной флотацией.

Рассмотрим на конкретном примере реконструкцию станции водоподготовки производительностью 50 000 м³/сут, которая состоит из камеры реакции, шести отстойников 6×56 м и двенадцати фильтров с фильтрующей площадью S=41м² каждый. Станция имела два критических периода: зима – низкая мутность и высокая цветность при сверхнизких температурах и лето – огромное количество фитопланктона. И в том и другом случае производительность станции падала до критических значений, а уж о качестве очистки нечего и говорить.

Были предложены следующие решения. Существующие два отстойника реконструировать следующим образом. Выделить две зоны подготовки воды (коагуляционная и флокуляционная камеры), установив бетонные перегородки и управляемые перемешивающие устройства, в оставшейся части снести промежуточную стену и установить горизонтальные ламельные флотаторы Megacell MCH производительностью по 700 м³/ч каждый и вспомогательное оборудование. Гидравлическая схема при этом не меняется. Оборудование изготавливается на заводе из нержавеющей стали. Время изготовления 100 дней. Затем оборудование монтажными блоками (каждый блок имеет транспортные габариты) доставить на станцию и за 7-8 дней смонтировать одну установку на месте. Для такой реконструкции требуется минимальный объем строительных работ.

Реконструкция фильтров заключается в ревизии дренажной системы и, при необходимости, перезагрузке песка, причем толщина слоя песка сокращается.

Вся станция оснащается приборами контроля качества и учета воды и системой автоматического управления на базе управляющего компьютера.

После реконструкции на станции нет промывных вод.

Второй конкретный пример реконструкции. Станция производительностью 140 000 м³/сут состоит из камеры реакции, двенадцати отстойников 8×63 м и двадцати четырёх фильтров с фильтрующей площадью S=45 м² каждый.

Предложенное решение: в четырёх отстойниках выделить с помощью бетонных перегородок камеры коагуляции и флокуляции, в них установить механические перемешивающие устройства с частотным регулированием скорости вращения. В каждом из четырёх отстойников выделить емкость (с помощью бетонной перегородки) с габаритами 8×16 м, в которой смонтировать оборудование для флотации (трубы, поверхностные скребки и т.д.). Таким образом, получится четыре независимые флотационные системы производительностью по 1400 м³/ч каждая. При этом гидравлическая схема не меняется. Вода после флотаторов по существующей схеме поступает на существующие фильтры. Флотошлам с концентрацией 3,5% самотёком поступает на центрифугу для обезвоживания. Промывные воды от промывки песчаных вод подаются в «голову».

Описанные выше технологии успешно применяются не только при решении задач по водоподготовке, но и на доочистке сточных вод после вторичных отстойников.

Для строительства новых станций водоподготовки компания «KWI International» предлагает новую концепцию. Разработаны компактные, эффективные станции, имеющие систему оперативного управления, управляющую станцией при любых быстродействующих и медленно изменяющихся внешних воздействиях. Эта концепция строится на применении флотофильтрационных установок Klaricell RJ (рис. 1) с системой гидродинамической обработки химикатами, которая при низких и сверхнизких температурах интенсифицирует химические реакции за счет внесения кинетической энергии, при этом химикаты срабатывают полностью.

Особенности этого метода в том, что практически все процессы происходят в одном аппарате. Предварительно очищенная вода на механических микроситах поступает на химическую подготовку в динамические камеры коагуляции и флокуляции, а затем на флотофильтр, куда также подаётся вода, насыщенная воздухом.

Основная масса загрязнений (95-97%) всплывает на поверхность аппарата и выводится из него. А предварительно очищенная вода сразу поступает на фильтрацию.

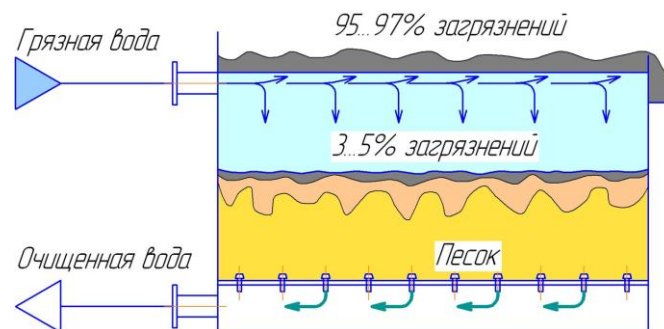


Рис.1. Схема работы флотофильтра Klaricell RJ

Основная особенность флотофильтра Klaricell RJ – это совмещение в одной установке нескольких технологических процессов: коагуляции, флокуляции, флотации, фильтрации и промывки [4]. После смешения очищаемой воды из реки с насыщенной воздухом водой и снятия давления огромное количество мельчайших пузырьков, сорбирующихся на поверхности частиц загрязнений, поднимает их на поверхность. Далее загрязнения непрерывно удаляются сборником специальной конструкции, обеспечивающим аккуратный сьем шлама, благодаря чему, отсутствует вторичное загрязнение.

Далее вода с остаточными загрязнениями (3-5%) поступает на фильтрацию. Слой фильтрующей загрузки почти в два раза меньше чем в классическом фильтре.

Для обеспечения непрерывной работы флотофильтра, фильтрационная часть установки разделена на 17-21 автономных сегментов, которые могут промываться отдельно. При промывке одного сегмента остальные 16-20 продолжают работу в режиме фильтрации. Промывка фильтрующей загрузки осуществляется противотоком воды от промывного

насоса. Перед промывкой в сектор подается воздух от воздуходувки, который разрыхляет фильтрующую загрузку и готовит ее к промывке. Первая порция промывной воды сбрасывается в бассейн шлама, а вторая – возвращается во флокуляционную ванну флотофильтра. Промывных вод в этой установке нет.

Результаты исследований. При производительности установки до 300 м³/час, были получены следующие результаты (источник водозабора река Неман, Калининградская обл.), приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели работы флотофильтра Klaricell RJ

Показатель	Единицы	Значение	
		на входе	на выходе
Цветность	°ПКШ	40-100 (до 516)	менее 10
Взвешенные вещества	мг/л	30-35(до 300)	менее 1
Железо общее	мг/л	0,9 (до 3,0)	менее 0,15
Марганец	мг/л	0,04	менее 0,005
ХПК	мгО ₂ /л	29-32	менее 10

Применение флотофильтрационных установок позволяет строить станции с очень малыми габаритами и в кратчайшие сроки для любых объектов питьевого водоснабжения и для технических вод (энергетических и технологических), которые требуют непрерывной подачи чистой воды. Компания KWI предлагает также флотофильтры в бетонных корпусах производительностью от 100 м³/ч до 1000 м³/ч одной ячейки. Ячейки могут объединяться в блоки до требуемой производительности.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. На данный момент напорная флотация для очистки природных вод в Украине встречается не часто. Однако метод напорной флотации является весьма перспективным, дающим возможность решить проблемы качества питьевой воды, отвечающего европейским стандартам. Эффективность очистки на флотационных установках значительно выше, чем в других очистных сооружениях. Также преимуществом применения флотации являются малые размеры оборудования.

Компанией «KWI International» предложены эффективные флотационные и флотофильтрационные установки, применив которые, можно реконструировать старые сооружения водоподготовки с целью интенсификации их работы и повышения качества очищаемой воды.

Явные преимущества напорной флотации в сравнении с традиционными методами водоподготовки дают основание для ее дальнейшего детального изучения и применения для очистки природных вод, как для питьевого, так и для технического водоснабжения.

Литература

1. Теоретические основы очистки воды: учебное пособие / И.И. Куликов, А.Я. Найманов, Н.П. Омельченко, В.Н. Чернышев. – Донецк: изд-во «Ноулидж» (Донецкое отделение), 2009. – 298 с.
2. Журба М.Г. Проектирование систем и сооружений: в 3-х т. Т.2. Очистка и кондиционирование природных вод / М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова. – Изд. 3-е, перераб. и доп.: Учеб. пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. – 552 с.
3. Фомина В.Ф. Эффективность внедрения напорной флотации для подготовки питьевой воды в республике Коми / В.Ф. Фомина, А.Ф. Фомин // Известия Коми научного центра УрО РАН. – Вып. 4 (16). – Сыктывкар, 2013. – С.80-88.
4. Dissolved Air Flotation for water and wastewater treatment [электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <https://www.kwi-intl.com/>

Стаття надійшла 23.09.2017