

СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО И ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ,
ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

INDUSTRIAL AND DRINKING WATER SUPPLY SYSTEMS. WASTE WATER
TREATMENT

**ОСОБЕННОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД
ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ**

Аксенов В.И., Вараева Е.А.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

bblka6jiy4a@bk.ru

Представлена технология очистки сточных вод предприятий горнопромышленного комплекса, позволяющая снизить концентрацию ионов тяжелых металлов до ПДК. Приведены результаты лабораторных исследований.

**SPECIAL FEATURES OF MINING AND PROCESSING PLANTS'
WASTE WATER TREATMENT**

Aksenov V.I., Varavaeva Y.A.

Urals Federal University, Ekaterinburg, Russia

bblka6jiy4a@bk.ru

Key words: Mining and processing enterprise; mine and underspoil dump water; wastewater treatment; neutralization; heavy metal ions.

The article describes the mine and underspoil dump water treatment technology. That technology enables to reduce concentration of heavy metal ions to maximal permissible concentration limit. Laboratory researches results are given.

Переработка сточных вод горно-обогатительных комбинатов (ГОК) – проблема, актуальная во всем мире, которая на сегодняшний день не имеет удовлетворительного решения. Практически всегда стоки ГОК – шахтно-рудничные, подотвальные, технологические (дебалансные) – имеют сложный, чаще всего агрессивный, состав: ионы тяжелых металлов; кислоты; остатки реагентов, используемых при обогащении руд [1]. Главный аспект проблемы – очищенная вода практически никогда не может быть использована повторно из-за территориального расположения комбинатов и

постоянного поступления новых порций стоков. Выход – сброс этой воды в водоем, что негативно сказывается на окружающей среде ввиду низкого качества очищенной воды.

Перед авторами была поставлена задача организации очистных сооружений ГОК с максимальным использованием свободных площадей и минимальными затратами на капитальное строительство. Исследования по разработке технологии обработки шахтных и подотвальных сточных вод проводились на различных стоках: сильно минерализованные стоки ОАО «Учалинский ГОК» (Республика Башкирия) и с менее агрессивным составом, образующиеся на Сибайском филиале ОАО «Учалинский ГОК», а также на монголо-российском КОО «Предприятие Эрдэнэт» [2].

Значительную часть исследований по разработке технологии очистки сточных вод комбинатов до ПДК проводили на наиболее сложных по составу сточных водах ОАО «Учалинский ГОК». Рассматриваемые сточные воды являются типовыми для стоков данной отрасли промышленности, характеризуются сульфатной агрессивностью и кислой реакцией среды. Результаты анализа проб сточных вод Учалинского ГОК за 2010–2012 гг. приведены в табл. 1.

Таблица 1. Средние результаты анализа сточных вод ОАО «Учалинский ГОК»

№ пп	Наименование ингредиента	Ед. изм.	Место отбора проб		ПДК _{кб} [3]
			Подотвальная вода	Шахтная вода	
1	Медь	мг/дм ³	30,1	0,85	1,0
2	Цинк	мг/дм ³	297,0	252,8	1,0
3	Кальций	мг/дм ³	713,4	809,6	-
4	Магний	мг/дм ³	404,9	231,0	50
5	Сульфаты	мг/дм ³	5362,3	2839,2	500,0
6	Хлориды	мг/дм ³	70,5	68,8	350,0
7	Марганец	мг/дм ³	51,7	16,7	0,1
10	Железо общее	мг/дм ³	196,1	33,4	0,3
11	Алюминий	мг/дм ³	-	0,86	0,2

В ходе исследования разработана технология, позволяющая снизить содержание основных примесей до концентраций, допустимых для сброса в водоемы хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения. Эта технология основывается на известных методах, не требующих значительных экономических затрат, и позволяет улучшить качество обрабатываемых стоков с использованием существующих сооружений и естественных образований рельефа и, таким образом, практически не требует капитального строительства на объекте. В основе лежит отдельная обработка

шахтных и подотвальных сточных вод, поскольку концентрации примесей в них значительно отличаются.

В кислых рудничных водах с pH около 2,7 все железо находится в окисленной трехвалентной форме. Над ионной и гидроксидной формами Fe^{3+} и $\text{Fe}_3(\text{OH})_4^{5+}$, суммарное содержание которых не превышает 15 %, доминируют сульфатные комплексы FeSO_4^{4+} и $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2^{2-}$ (84 %). Медь и цинк находятся в форме активированных нейтральных сульфатных комплексов $\text{CuSO}_4^0_{(\text{aq})}$ и $\text{ZnSO}_4^0_{(\text{aq})}$ и в свободной ионной форме до 63 %. Цинк образует так же отрицательно заряженный комплекс $\text{Zn}(\text{SO}_4)_2^{2-}$.

Основным методом очистки в исследовании принято перещелачивание сточных вод (до pH=11) с целью связывания максимального количества сульфатов в стабильную (нерастворимую) форму. Для интенсификации процесса образования нерастворимого гипса в обрабатываемую воду вводится затравка из оборотного осадка влажностью 92 %, получаемого при отстаивании.

Известкование позволяет попутно переводить в осадок такие металлы как Zn, Pb, Cu, Cr, Cd. Для интенсификации осаждения металлов применяется флокулянт. При разработке технологии были исследованы различные реагенты; к применению рекомендованы флокулянты анионного типа: Praestol 2540, Flopam AN905 SH, Аквапол.

При перещелачивании в сточные воды вводится избыточное количество кальция. Рекарбонизация смеси стоков производится путем продувки стоков углекислым газом с интенсивностью $2 \text{ м}^3\text{CO}_2$ на 1 м^3 стока в час. После рекарбонизации pH стоков достигает 8,5, жесткость снижается до $2,5 \text{ мг-экв/дм}^3$.

Для дальнейшего снижения содержания примесей в сточных водах, главным образом, сульфатов, данной технологией предусмотрена их обработка на биоплато, заселенных высшими водными растениями (тростник обыкновенный, рогоз узколистный, осока дернистая). Известно [4], что на биоплато возможно снижение концентрации сульфатов до $0,5 \text{ г/дм}^3$, что соответствует ПДК для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения. Для организации биоплато предлагается использовать природные и природно-техногенные ландшафты.

При необходимости получения воды высокого качества для ее последующего использования на предприятии предлагается использование мембранных и термических методов очистки сточных вод.

Во всех пробах после каждого этапа обработки была определена концентрация цинка, меди и железа колориметрическими методами. Результаты представлены в табл. 2, 3.

Таблица 2. Итоговая таблица результатов по анализу содержания цинка, меди и железа. Шахтные воды.

Загрязняющее вещество	Ед. изм.	Этапы обработки				
		Механическая очистка	Нейтрализация	Флокулирование	Рекарбонизация	Биоплато
Медь	мг/дм ³	2,28	0,017	0,013	0,008	0,001
Цинк	мг/дм ³	27,5	0,090	0,041	0,034	0,010
Железо общее	мг/дм ³	45,0	0,440	0,300	0,280	0,100

Таблица 3. Итоговая таблица результатов по анализу содержания цинка, меди и железа. Подотвальные воды.

Загрязняющее вещество	Ед. изм.	Этапы обработки				
		Механическая очистка	Нейтрализация	Флокулирование	Рекарбонизация	Биоплато
Медь	мг/дм ³	2,38	0,0087	0,008	0,0069	0,001
Цинк	мг/дм ³	28,75	0,067	0,026	0,020	0,010
Железо общее	мг/дм ³	17,50	0,700	0,350	0,230	0,100

В ходе предложенной технологии очистки сточных вод от сульфатов образуется два вида осадков – гипсовый и карбонатный. Гипсовые осадки, которые состоят на 91 % из гипса и на 9 % из примесей хорошо фильтруются. После обезвоживания рекомендуется использовать в качестве добавки при получении строительного гипса. Образующийся при рекарбонизации осадок карбоната кальция представляет мелкокристаллический продукт с содержанием кальция 99 %, относящийся к хорошо фильтруемым осадкам. Осадок после обезвоживания может быть использован в качестве добавки при производстве строительных материалов.

Выводы

На основе экспериментальных исследований предложена технология очистки сточных вод горно-обогатительных комбинатов, имеющих сульфатную агрессивность. Разработанная технология позволяет произвести очистку сточных вод ГОК от растворимых солей тяжелых металлов и других загрязняющих веществ до показателей, пригодных для сброса в водоемы хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения, предлагает методы доочистки для повторного использования на предприятии.

Особенностью предлагаемой технологии является потребность в больших производственных площадях для устройства биоплато, прудов-накопителей для проведения реакции нейтрализации, прудов-накопителей для отстаивания стоков после рекарбонизации. При этом снижается необходимость в капитальном строительстве для целей очистки стоков, не требуется применение дорогостоящих технологий, реагентов высокого класса опасности, методов с образованием токсичных шламов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамов А.А., Леонов С.Б.* Обогащение руд цветных металлов, М.: Недра, 1991. 407 с.
2. Технологическая инструкция по обогащению медно-молибденовых руд месторождения Эрдэнэйтин – Овоо на обогатительной фабрике КОО 2 Предприятие Эрдэнэт», 2008. 180 с.
3. СанПиН 2.1.5.980-00 «Санитарные правила и нормы. Гигиенические требования к охране поверхностных вод».
4. *Вдовина И.В.* Снижение антропогенной нагрузки на малые реки в зоне влияния горнорудного промышленного предприятия (на примере Республики Башкортостан), автореф. дис. ... на соискание ученой степени канд. техн. наук. Уфа, 2009. 24 с.
5. *Селицкий Г.А., Уласовец Е.А., Ермаков Д.В.* Технологии очистки сточных вод горнорудных предприятий //Инновационные технологии в системах производственного водоснабжения. Сб. статей. Екатеринбург, 2013. С 32 – 48.

**ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ
ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Аксенов В.И., Ничкова И.И., Сальникова К.С.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия
nii.7@mail.ru

Ключевые слова: водное хозяйство промышленных предприятий, замкнутые системы водопользования, очистка сточных вод.

Рассмотрена характеристика замкнутых систем водопользования (ЗСВ) промышленных предприятий и тенденций их развития в России. Также в статье описаны локальные замкнутые оборотные циклы как основное направление в развитии ЗСВ.

PROSPECTS OF INDUSTRIAL CLOSED WATER SYSTEMS

Aksenov V.I., Nichkova I.I., Salnikova K.S.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
nii.7@mail.ru

Keywords: industrial water management, closed water systems, wastewater treatment.

Authors describe performance of industrial closed water supply systems and their perspectives in Russia. Local closed current loops are considered to be the general trend in the development of industrial closed water management.

В настоящее время в большинстве развитых стран мира четко прослеживается тенденция создания замкнутых систем водопользования (ЗСВ) промышленных предприятий. Причины, обуславливающие активное создание ЗСВ, с одной стороны, катастрофическое загрязнение природных водоемов промышленными, бытовыми и сельскохозяйственными стоками, с другой – появление разнообразного технологического оборудования (многокорпусные выпарные установки, оборудование

обратного осмоса и др.), применение которого позволяет замкнуть цикл водопользования при обеспечении приемлемых экономических показателей. Сегодня применение ЗСВ является единственным рациональным решением проблемы использования воды в промышленности.

Началом перехода к созданию ЗСВ послужил Всемирный конгресс энергетиков в Австралии (1993 г.), на котором внедрение этих систем (по зарубежной терминологии «предприятия с нулевым сбросом стоков») было признано единственным путем реконструкции водного хозяйства (ВХ) в промышленности.

В России накоплен богатый опыт создания и эксплуатации ЗСВ. Первая в мире ЗСВ металлургического предприятия была введена в эксплуатацию на Верх-Исетском металлургическом заводе (г. Свердловск) в 1973 г. Указанный комплекс успешно работает и в настоящее время. Отметим, что при создании ЗСВ ВИЗа был использован отечественный опыт очистки жидких отходов с низким уровнем радиоактивности, за рубежом – опыт доочистки хозяйственно-бытовых сточных вод на оз. Тахо (США) и работа комплекса по переработке засоленных шахтных вод в Верхней Силезии (Польша).

До 1991 г. на территории бывшего СССР было сооружено более 350 замкнутых систем на предприятиях различных отраслей промышленности. В период с 1991 по 2000 гг. по известным причинам работа по созданию ЗСВ в России практически прекратилась, что негативно сказалось на реконструкции всего водного хозяйства промышленного производства. В XXI веке, когда появились серьезные признаки восстановления промышленности, появился интерес и к созданию ЗСВ.

Мы неоднократно подчеркивали, что создание ЗСВ – комплексная задача, которая предусматривает внедрение эффективных, прежде всего, физико-химических и биотехнологических методов очистки сточных вод: становление научно обоснованных предельно допустимых концентраций солей, нефтепродуктов и других компонентов в оборотной воде с учетом ее эпидемиологической и токсикологической безопасности каждого замкнутого цикла; создание максимально возможного числа локальных замкнутых циклов с многократным использованием воды; извлечение из сточных вод ценных компонентов; переработку в целях утилизации выделенных осадков и засоленных вод.

ЗСВ промышленного предприятия представляет химико-технологический комплекс (цех) по производству чистой воды внутри предприятия. В этом случае ЗСВ является неотъемлемой и одной из главных составных частей любого безотходного производства.

Отличительной особенностью замкнутых бессточных и безотходных систем водного хозяйства является необходимость наличия в их составе так называемых хвостовых установок, что позволяет сделать систему замкнутой. К ним относятся установки переработки продувочных вод, утилизации концентрированных отработанных технологических растворов, кристаллизации, обезвоживания и сушки осадков, а также стабилизационные, биоинженерные, сжигания, доочистки и др. Это усложняет и удорожает систему, которая, по существу, представляет собой химико-технологический комплекс по производству чистой воды. Эксплуатация таких комплексов, включающих сложное и дорогостоящее оборудование, невозможна без эффективных и надежных систем контроля и автоматического управления технологическим процессом и, главное, без высококвалифицированного обслуживающего персонала. В результате цех водоснабжения на предприятии становится основным, а не второстепенным.

Сегодня в российской практике финансовые возможности (вернее, их отсутствие) предприятий определили те направления в развитии современных ЗСВ, которые как-то бы удовлетворяли природоохранные требования общества к промышленности. Создание крупных комплексов по обработке и повторному использованию всех сточных вод предприятия в обозримом будущем маловероятно по экономическим причинам. Вспомним, что ЗСВ ВИЗа, УЗТМ и других крупных предприятий финансировались государством. Строительство ЗСВ Новолипецкого металлургического комбината в наше время – пока счастливое исключение из правил (надемся, не последнее). Создание же общезаводской замкнутой системы водного хозяйства для предприятий с небольшим водопотреблением вполне решаемая задача, что подтверждает зарубежный опыт развитых стран.

В общем плане мы должны признать, что основное направление сегодня – это создание локальных замкнутых оборотных циклов, в том числе с применением «сухих» градирен, двухконтурных систем охлаждения оборудования, установок по обработке и утилизации отработанных концентрированных технологических растворов, установок глубокой очистки и обессоливания для повторного использования продувочных и промышленно-ливневых вод, малогабаритных установок для очистки малого количества особо опасных сточных вод, установок переработки осадков (отходов).

Все это должно быть дополнено применением сверхчистой воды в основной технологии, мероприятиями по экономии воды и уменьшению поступления в сточные

воды загрязняющих веществ (ванны-ловушки и каскадная промывка при химической обработке металла), заменой высокотоксичных веществ, попадающих в сточные воды, менее опасными. Выбор указанных подходов очевиден, поскольку в отработанных концентрированных растворах сосредоточено более 80 % растворимых токсичных соединений, в осадках (те же видоизмененные концентраты) – примерно столько же. Поэтому переработка только этих видов отходов в значительной мере решает проблему загрязнения окружающей среды.

Подчеркнем, что создание локальных ЗСВ не является отступлением от генерального курса по созданию такой системы на всем предприятии; просто это более длинный путь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аксенов В.И.* Замкнутые системы водного хозяйства металлургических предприятий. М.: Металлургия, 1983. 98 с.
2. *Ожиганов В.С., Иванцов Г.Б.* Быль о чистой воде. Свердловск: Средне-Уральское книжное изд-во, 1985. 160 с.
3. *Аксенов В.И., Ничкова И.И., Никулин В.А. и др.* Замкнутые системы – основное направление реконструкции водного хозяйства промышленных предприятий // Вестник ЮУГУ. Строительство и архитектура, 2013. Т. 13. № 2. С. 56–60.
4. *Аксенов В.И., Галкин Ю.А.* Безотходная замкнутая система производственного водоснабжения ООО «ВИЗ-Сталь» // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 5. С. 4–9.

**СОВРЕМЕННЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

Баглай Е.Б., Баглай С.В., Риянова Э.А.

ЗАО «Водоканалпроект», г. Уфа

vodpro@mail.ru

Ключевые слова: очистка сточных вод сложного состава, биологический метод очистки, микробиология, микроорганизмы, сульфатредукторы, ксенобиотики.

Показана возможность применения биохимических технологий в области очистки промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод. Приведены примеры внедрений различных систем очистки с использованием специализированных культур микроорганизмов, как аэробных, так и анаэробных.

**PRESENTLY AVAILABLE WASTE WATER BIOLOGICAL TREATMENT
TECHNIQUES**

Baglay Y.B., Baglay S.V. Ryanova E.A.

ZAO VODOKANALPROYEKT, Ufa, Russia

vodpro@mail.ru

Key words: complex composition waste waters treatment, biological treatment method, microbiology, microorganisms, sulfate reducers, xenobiotics.

Possibility to apply biochemical techniques for industrial and domestic waste waters treatment has been demonstrated. Examples of application of various treatment systems with the use of specialized micro/organisms cultures, both aerobic and anaerobic have been given.

В практике водоочистки в некоторых случаях бывает практически невозможно достичь требуемых жестких экологических нормативов традиционными реагентными способами из-за того, что они недостаточно эффективны, добавляют вторичные загрязнения и ведут к образованию значительных объемов сложно утилизируемых шламов.

ЗАО «Водоканалпроект» предлагает к внедрению ряд приемов очистки с использованием специализированных микробиологических культур различных видов. Во-первых, это комплексная биохимическая технология, основанная на принципах природного самоочищения с использованием специально подобранных анаэробных сульфатвосстанавливающих бактерий. Культуры микроорганизмов депонированы во Всероссийской коллекции ИБФМ РАН в г. Пущино и проверены на непатогенность в Московском НИИ гигиены им. Эрисмана.

Данный метод позволяет очищать сильно загрязненные сточные воды одновременно от широкого ряда загрязнений без применения большого количества реагентов. Сульфатредуцирующие бактерии в процессе своей жизнедеятельности восстанавливают сульфаты до сероводорода, попутно извлекая из воды соединения азота, фосфора и различные органические загрязнения: растворители, ПАВ, нефтепродукты, отработанные смазочно-охлаждающие жидкости и т.п. Биогенный сероводород вступает в мгновенную химическую реакцию с ионами тяжелых металлов, присутствующими в сточной воде: хромом, медью, цинком, никелем, железом, свинцом и другими.

Высокая степень очистки от тяжелых металлов объясняется тем, что произведения растворимости сульфидов тяжелых металлов значительно ниже произведений растворимости соответствующих гидроксидов. Кроме того, для образования сульфидного соединения практически любого тяжелого металла не нужно искусственно создавать повышенную величину рН среды, необходимую для образования гидроокиси.

Предлагаемая технология по ряду параметров выгодно отличается от реагентной. В процессе эксплуатации значительно снижаются затраты на химические реагенты, не происходит вторичного загрязнения очищенных сточных вод. Использование биохимической технологии обеспечивает высокое качество очищенных сточных вод в соответствии с требованиями санитарных органов и позволяет осуществить их повторное использование. Объем выделяемого осадка в десятки раз меньше, чем в условиях существующих методов очистки промышленных сточных вод.

Твердый осадок, образующийся в процессе биохимической очистки сточных вод, представляет легко фильтруемую смесь неорганических соединений тяжелых металлов с хорошими седиментационными свойствами. Сульфидный осадок является ценным поликомпонентным вторичным минеральным сырьем многофункционального назначения. В технико-экономическом аспекте наиболее эффективными

направлениями использования осадка являются металлургия тяжелых цветных металлов, получение сплавов, огнеупоров, вяжущих веществ, пигментов и других неорганических материалов.

Структурная схема биохимической очистки приведена на рис. 1.

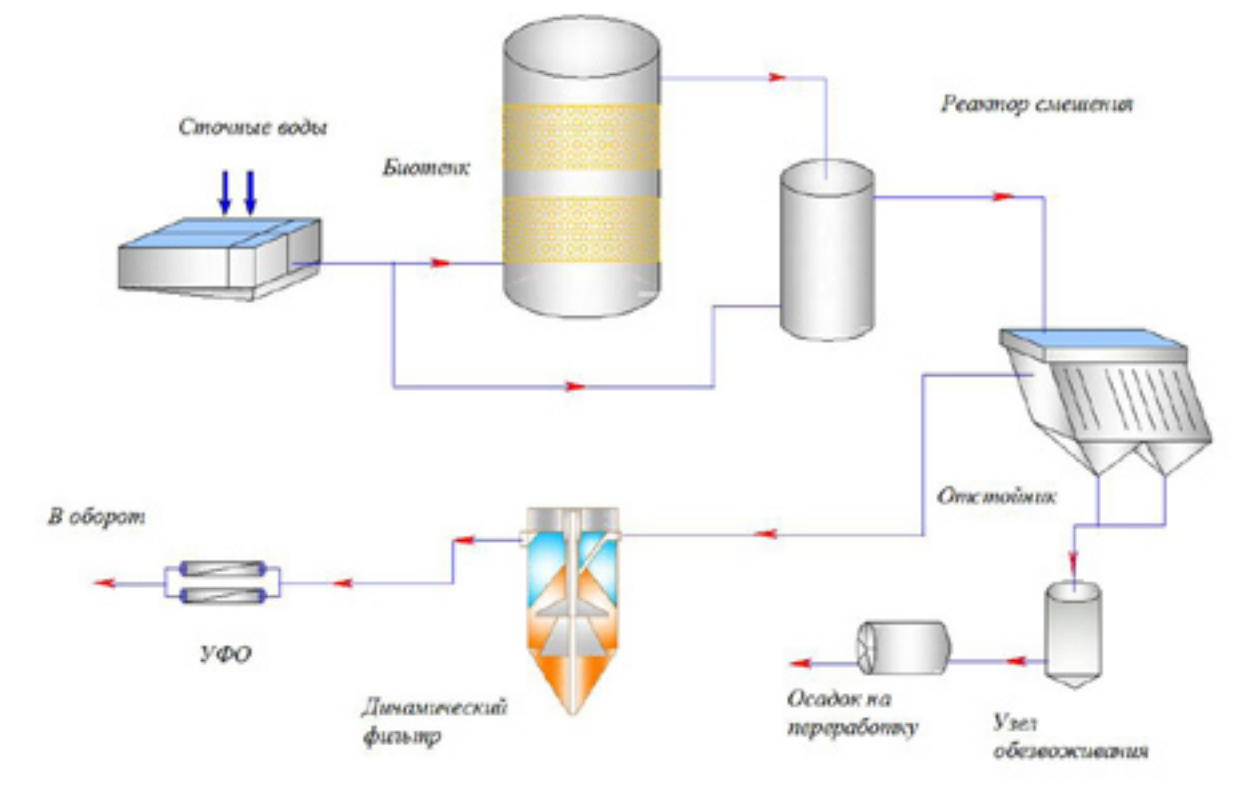


Рис. 1. Схема биохимической очистки.

Сточные воды в зависимости от их химического состава собираются в емкостях-накопителях, откуда подаются в основной узел биохимической обработки – биотенки и реакторы, где и происходит очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов. Далее очищенная вода поступает на узел удаления взвешенных веществ – тонкослойные отстойники и фильтры тонкой очистки. В заключение производится обеззараживание очищенной воды, после чего она направляется на повторное использование в систему оборотного водоснабжения предприятия. Осадок, образующийся в процессе очистки, собирается в шламонакопителе, обезвоживается и отправляется на утилизацию.

Другим примером применения биологического метода очистки сточных вод сложного состава является решение задачи создания замкнутой водооборотной системы на одном из предприятий по производству упрочненных полиамидных

волокон. Там была апробирована технологическая схема совместной биологической и электродиализной очистки.

Использование в данном случае биологического метода обусловлено тем, что промывка полиамидного волокна приводит к появлению в сточных водах таких трудноокисляемых органических соединений, как N,N-диметилацетамид (ДМАА) и изобутиловый спирт (ИБС). В основу технологического решения биологической очистки также заложены принципы природного самоочищения с использованием иммобилизованных микроорганизмов, в данном случае – аэробных аборигенных культур.

Основным процессом биологической очистки является глубокая деструкция трудноокисляемых органических веществ (ДМАА и ИБС), которая происходит на бионосителе многокамерного аэробного реактора (рис. 2). Химизм процесса заключается в окислении ДМАА и ИБС до уксусной кислоты.

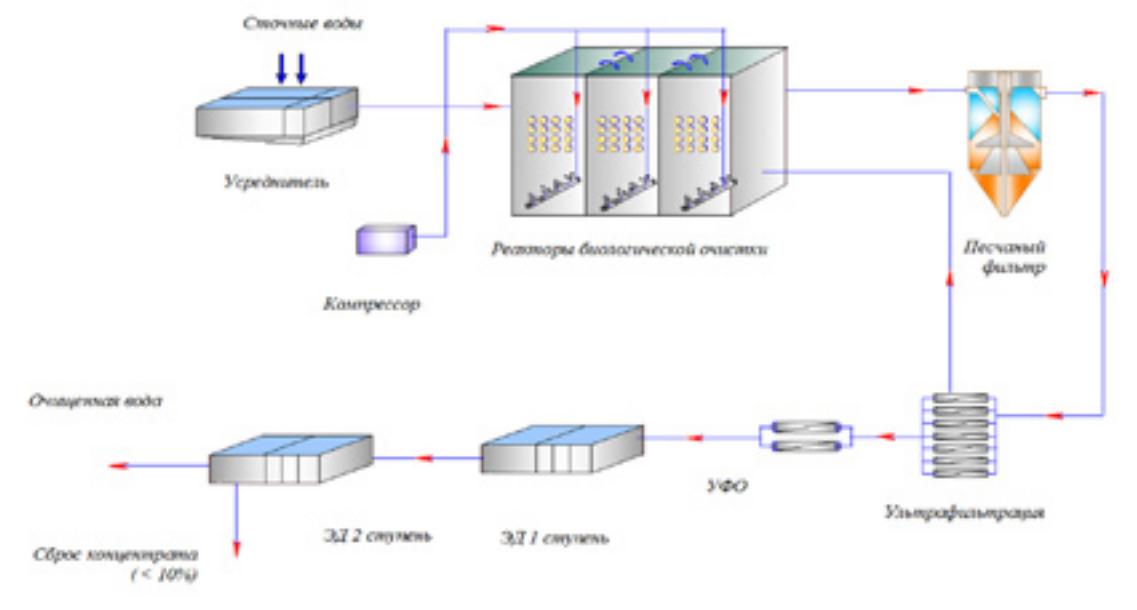


Рис. 2. Схема биологической очистки.

Во все камеры через систему воздухоподводящих труб и аэраторов подается сжатый воздух для насыщения воды кислородом и удаления газообразных продуктов распада. Сточная вода последовательно переходит из одной камеры в другую через чередующиеся перегородки с верхним и нижним переливом. Последовательное соединение секций и поддержание в них оптимальной концентрации кислорода

формирует трофическую цепочку, которая подбирается в зависимости от концентрации органических и биогенных элементов.

Вода после биологической обработки не содержит таких органических компонентов, как ДМАА и ИБС, что соответствует требованиям, предъявляемым к очищенной воде. После аэрационной части сточные воды поступают в отстойник и далее в блок доочистки, который состоит из установок ультрафильтрации и ультрафиолетового обеззараживания.

Для окончательной корректировки солевого состава вода подается на электродиализную установку, включающую две ступени деминерализации. На первой ступени использовались гетерогенные катионообменные и слабоосновные анионообменные мембраны МК-40, а на второй ступени – сильноосновные анионообменные мембраны МА-41. Полностью очищенная сточная вода направлялась в оборотный производственный цикл для промывки волокна.

Кроме того, нашим предприятием предлагаются к внедрению установки блочно-модульного типа полной заводской готовности для очистки хозяйственных и близких к ним по составу промышленных сточных вод. Принципиальная технологическая схема очистных сооружений приведена на рис. 3.

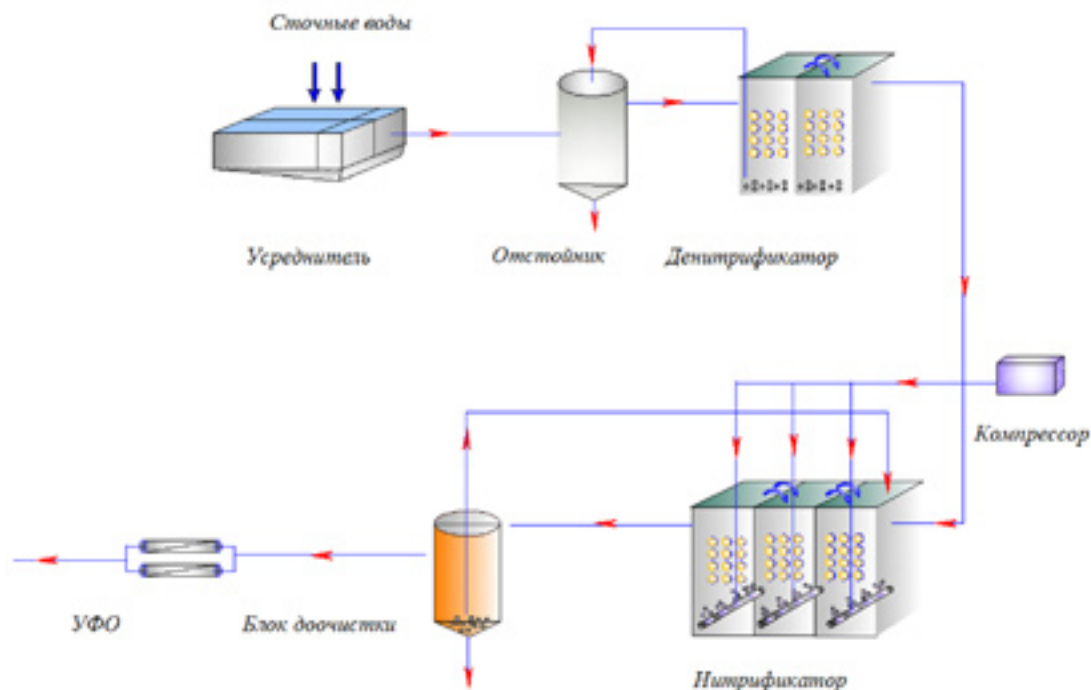


Рис. 3. Технологическая схема очистных сооружений.

Установка состоит из последовательно соединенных анаэробных и аэробных секций. В анаэробной секции происходит биодеструкция трудноокисляемых органических загрязнений совместно с процессами денитрификации. В аэробных реакторах осуществляется глубокое окисление остаточной органики до норм рыбохозяйственного назначения с одновременной нитрификацией.

Технологические решения основаны на использовании биоценозов, прикрепленных на специальных носителях. Этим объясняется высокая степень и скорость очистки, а также минимальный прирост активного ила. Имобилизованные формы микроорганизмов позволяют отказаться от регенераторов. Очищенные сточные воды после обеззараживания направляются на сброс или на повторное использование.

Установка имеет российский сертификат соответствия, может эксплуатироваться в условиях умеренного и холодного климата при температуре окружающего воздуха от -40 до $+40$ °С. Для монтажа установки достаточно подготовить ровную площадку необходимых размеров и обеспечить точки подключения.

Таким образом, мы предлагаем к применению ряд современных биологических технологий, позволяющих очищать сточные воды самого различного и сложного состава. В некоторых случаях применение микробиологических методов является единственно возможным вариантом очистки.

**ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ
ВОДОПОДГОТОВКИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОГО ХЛОРА
И ДИОКСИДА ХЛОРА ВОДЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА НИЖНЕГО ТАГИЛА**

Бармин Ю.Я., Огнев Ю.М., Котова О.И., Кондратьев С.А.

Территориальный отдел Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Свердловской области в городе Нижний Тагил, Пригородном, Верхнесалдинском районах, городе Нижняя Салда, городе Кировград и Невьянском районе, г. Нижний Тагил, Россия.

mail_17@66.rospotrebnadzor.ru

Мальков А.В.

Филиал ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области в городе Нижний Тагил, Пригородном, Верхнесалдинском районах, городе Нижняя Салда, городе Кировград и Невьянском районе», г. Нижний Тагил, Россия.

Ключевые слова: водоподготовка, диоксид хлора, качество воды, уровень заболеваемости

Изучено влияние применения диоксида хлора для обеззараживания питьевой воды на качество воды по микробиологическим показателям, а также оценка взаимосвязи качества воды по микробиологическим показателям с уровнем заболеваемости инфекциями, передаваемыми преимущественно водным путем.

**HYGIENIC ASSESSMENT OF EFFECTIVENESS OF DIFFERENT VERSIONS OF
WATER TREATMENT DIFFERENT ON THE BASIS OF LIQUID CHLORINE AND
CHLORINE DIOXIDE FOR NIZHNI TAGIL CENTRALIZED WATER SUPPLY
SYSTEMS**

Barmin Y.Y., Ognev Y.M., Kotova O.I., Kondratyev S.A.

Federal Service for Inspection in the sphere of Consumers' Rights Protection Sverdlovsk Oblast Territorial Section for Nizhni Tagil, Prigorodny Rayon, Verkhnyaya Salda Rayon, Nizhyaya Salda, Kirovgrad, and Nevyansk Rayon, Nizhni Tagil, Russia

mail_17@66.rospotrebnadzor.ru

Malkov A.V.

Sverdlovsk Oblast Hygiene and Epidemiology Center Branch for Nizhni Tagil, Prigorodny Rayon, Verkhnyaya Salda Rayon, Nizhyaya Salda, Kirovgrad, and Nevyansk Rayon, Nizhni Tagil, Russia

Key words: water treatment, chlorine dioxide, water quality, sickness rate level

Chlorine dioxide effects for water treatment concerning water quality by microbiological indicators has been studied, as well as assessment of microbiological water quality relation with water-transferred diseases sickness rate.

Обеспечение населения доброкачественной питьевой водой является важнейшим направлением социально-экономического развития России. Исследования, проведенные в последние годы, установили, что при хлорировании воды образуется большое количество высокотоксичных хлорорганических соединений, а бактерицидный эффект хлора за многие десятилетия его применения постепенно снижается из-за приспособляемости к нему микроорганизмов. Недостаточная вирулицидная и бактерицидная эффективность водоподготовки на существующих очистных сооружениях с использованием жидкого хлора, хлорной извести, гипохлорита натрия и т. д., изношенность водопроводных сетей служит причиной различных инфекционных заболеваний.

Переход к обеззараживанию водопроводной воды озоном и ультрафиолетом не может полноценно заменить хлорирование, так как данные способы не обладают необходимым временем последствия.

Поиск альтернативных жидкому хлору дезинфектантов выявил высокую эффективность и перспективность применения для этих целей диоксида хлора.

Основной целью работы является изучение влияния применения диоксида хлора для обеззараживания питьевой воды на качество воды по микробиологическим показателям, а также оценка взаимосвязи качества воды по микробиологическим показателям с уровнем заболеваемости инфекциями, передаваемыми преимущественно водным путем.

Водоснабжение в г. Нижний Тагил организовано из двух поверхностных источников водоснабжения – Верхневыйский и Черноисточинский пруды. Верхневыйский пруд соответствует 2 классу источника. Методы обработки воды не соответствуют классу водоисточника, осуществляется только обеззараживание воды.

Отбор воды из Верхне-Выйского водохранилища ведется с 1946 г. Проектная производительность гидроузла 100 тыс. м³/сут, фактически 77 тыс. м³/сут. Количество населения, пользующегося питьевой водой с Верхне-Выйского водопровода 201 000 человек, что составляет 55 % от общей численности населения.

Диоксид хлора вырабатывается в виде раствора путем смешения концентрированной соляной кислоты и 24 % раствора хлорита натрия с разбавляющей водой. Уровень остаточного свободного хлора перед подачей в распределительную сеть от 0,3 до 1,0; среднегодовой уровень – 0,46 мг/л. Диоксид хлора остаточный перед подачей в распределительную сеть от 0,048 до 0,263 мг/л, среднегодовой уровень – 0,138 мг/л.

При анализе качества воды по микробиологическим показателям за период 2000–2014 гг. прослеживается четкая тенденция к снижению доли неудовлетворительных проб воды по бактериологическим показателям. Несмотря на тенденцию к снижению доли неудовлетворительных проб воды по вирусологическим показателям, качество воды остается нестабильным, что подтверждается высоким уровнем нестандартных проб воды по вирусологическим показателям в 2006–2007 гг.

При сравнении темпов снижения доли неудовлетворительных проб воды по микробиологическим показателям до начала обеззараживания воды и после введения обработки диоксидом хлора выявлено увеличение темпов снижения неудовлетворительных показателей в два раза: 2000–2002 гг. – темп снижения 40 %; 2003–2014 гг. – 71 %.

Черноисточинский пруд, согласно ГОСТ 2761-84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения», соответствует 2 классу источника. Методы обработки воды соответствуют классу водоисточника.

Черноисточинский гидроузел и водоочистная станция работают с 1970-х гг.. Проектная производительность Черноисточинского гидроузла 140 тыс. м³/сут, фактическая 80 тыс. м³/сут. Количество населения, пользующегося питьевой водой Черноисточинского водопровода – 158 000 человек, что составляет 43 % от общей численности населения.

Краткая характеристика системы водоподготовки на Черноисточинском гидроузле:

1. Забор воды (водозабор) из поверхностного источника
2. Подъем воды насосными агрегатами 1 подъема на очистные сооружения.
3. Технологическая обработка воды на очистных сооружениях: микрофильтрах, горизонтальных отстойниках, скорых фильтрах с применением реагентов.
4. Обеззараживание воды жидким хлором.

5. Сбор и хранение очищенной воды в резервуаре чистой воды.

6. Забор и подача воды в распределительную сеть.

Уровень остаточного свободного хлора перед подачей в распределительную сеть от 0,3 до 1,9; среднегодовой уровень – 0,85 мг/л.

За период 2000–2014 гг. также прослеживается тенденция к снижению доли неудовлетворительных проб воды по бактериологическим показателям. Темп снижения составляет 30 %, что ниже по сравнению с Верхне-Выйским водопроводом за аналогичный период.

Для оценки влияния применения диоксида хлора на уровень инфекционной заболеваемости, проводилось изучение динамики инфекций, передающихся преимущественно водным путем до и после начала применения диоксида хлора, отдельно по территориям, обеспечиваемым питьевой водой из Черноисточинского и Верхне-Выйского водопроводов.

За исследуемый период с 2000 по 2014 гг. в г. Нижний Тагил отмечается рост заболеваемости острыми кишечными инфекциями в 1,5 раза и ОКИ ротавирусной этиологии в четыре раза. Снижение показателя заболеваемости отмечается по следующим нозологиям: дизентерия Флекснера – в 30 раз, вирусный гепатит А – в три раза. Необходимо отметить, что для профилактики гепатита А на территории города с 2004 г. проводится иммунизация против гепатита А контингента групп риска.

Наблюдается тенденция к снижению доли неудовлетворительных проб по бактериологическим показателям по обоим водопроводам. При этом качество воды в Верхне-Выйском водопроводе обладает более стабильными характеристиками, что позволяет сделать вывод о том, что временное последствие диоксида хлора эффективнее по сравнению с жидким хлором. В среднем за период 2000–2014 гг. доля неудовлетворительных проб по бактериологическим показателям составляет по Верхне-Выйскому водопроводу – 1,1 %, по Черноисточинскому водопроводу – 2,5 %.

В пользу этого вывода говорит и следующее: несмотря на рост заболеваемости острыми кишечными инфекциями в целом по г. Нижний Тагил, темпы роста среди населения, обеспеченного водоснабжением из Верхне-Выйского водопровода, ниже по сравнению с населением, потребляющим питьевую воду из Черноисточинского водопровода, и составляют 15,1 % и 31,5 % соответственно.

КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ И СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ ПИТЬЕВЫХ ВОД

Белоконова Н.А., Божко Я.Г.

Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия

89221503087@mail.ru

Ключевые слова: органические примеси, питьевые воды, комплексообразующая активность.

Общее содержание органических примесей в питьевых водах количественно можно определить только по содержанию общего органического углерода (ООУ). Важнейшим свойством органических примесей питьевых вод является способность к комплексообразованию с ионами металлов, которая зависит от состава и строения присутствующих органических соединений. Для характеристики активности органических примесей по отношению к процессу комплексообразования с медью (II) предложено использовать коэффициент комплексообразования $K_{\text{кон}}$. Из полученных экспериментальных данных следует, что комплексообразующие свойства органических примесей в природных питьевых водах по отношению к меди (II) существенно различаются. В некоторых случаях комплексообразующая активность единицы ООУ в питьевой воде сопоставима с активностью единицы ООУ трилона Б. Комплексообразующие свойства органических примесей, присутствующих в питьевых водах, можно использовать для индивидуального подбора питьевой воды с целью профилактики экологически обусловленных заболеваний.

CONTENT AND PROPERTIES CONTROL OF DRINKING WATER ORGANIC ADMIXTURES

Belokonova N.A., Bozhko Y.G.

Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

89221503087@mail.ru

Keywords: organic impurities, drinking water, complex formation.

Total content of organic admixtures in drinking water qualitatively can be determined by total organic carbon (TOC) content only. The most important property of drinking water organic admixtures is their ability to form complexes with metal ions, this ability depends on the

present organic compounds composition and structure. It has been proposed to use K_{cop} complex-forming coefficient to characterize organic admixtures' activity in respect of complex-forming process with copper (II). The obtained experimental data enable to conclude that organic admixtures complex-forming abilities in respect of copper (II) differ significantly. In some cases TOC unit complex-forming activity in drinking water is comparable with that of Trilon B. Complex-forming properties of organic admixtures present in drinking water can be used for individual selection of drinking water in order to prevent diseases caused by unfriendly environment.

Введение

Общее содержание органических примесей в питьевых водах количественно можно определить только по содержанию общего органического углерода (ООУ). Содержание ООУ в питьевых водах централизованного водоснабжения составляет от 6 до 12 мг/л, а в питьевых водах, расфасованных емкости – до 6 мг/л [1]. Показателями, характеризующими свойства органических примесей, являются окисляемость и органолептические показатели: цветность, вкус и запах. Стабильные, трудно окисляемые органические соединения способны к биоаккумуляции, поэтому представляют серьезную опасность для здоровья населения [2, 3]. От употребления воды с неприятными органолептическими свойствами, как правило, человек отказывается и это естественная защитная реакция [4]. Предельные значения вышеуказанных показателей приведены в нормативных документах. Наряду с перечисленными показателями, важнейшим свойством органических примесей питьевых вод является способность к комплексообразованию с ионами металлов, которая обусловлена особенностью состава и строения присутствующих органических соединений: содержанием аминного азота и карбоксильных групп. Образующиеся комплексы существенно влияют и на биологическую доступность макро- и микроэлементов [5].

Для характеристики активности органических примесей по отношению к процессу комплексообразования с железом (III) предложен коэффициент комплексообразования K_{kop} [6]. Использование этого показателя для контроля свойств органических примесей в питьевой воде позволило более обосновано выбрать технологию ее дезинфекции с прогнозированием действия на процессы кроветворения, которые подтвердились в ходе клинических исследований [7].

Не менее интересной в медико-биологическом отношении представляется оценка активности органических примесей по отношению к процессу комплексообразования медью (II). Медь является одним из важнейших для организма микроэлементов. В поверхностных и питьевых водах медь находится исключительно в виде комплексных соединений [8]. Дефицит меди может приводить к разрушению эритроцитов, а также нарушению процессов кроветворения, остеогенеза. Окислительно-восстановительные свойства меди (I, II) очень важны для синтеза в организме медьсодержащих ферментов, а также обуславливают их биохимические и метаболические функции. Например, медьсодержащий белок плазмы крови – церулоплазмин $[\text{ЦП}\text{Cu}^{2+}]$, катализирующий окисление Fe^{2+} в Fe^{3+} , участвует в процессах кроветворения:



Важную физиологическую функцию выполняют ферменты супероксиддисмутаза – $[\text{СОД}\text{Cu}^{2+}]$, ускоряющая реакцию разложения супероксид-иона $\cdot\text{O}_2$ до молекулярного кислорода; цитохром с-оксидаза- $[\text{Fe}^{2+}\text{ЦХО}\text{Cu}^{+}]$, катализирующая конечный этап переноса электронов на кислород в процессе окислительного фосфорилирования и пр. [9].

Цель работы – оценить комплексообразующие свойства органических примесей питьевых вод по отношению к меди (II).

Материалы и методы исследования

Бутилированные воды торговых марок Аква Кристалл, Новокурьинская, Чусовская, Угорская, Туран. Растворы трилона Б с концентрацией от 2 до 5 мг/л, растворы меди(II) концентрацией ионов $1,0 \text{ мг/см}^3$, иодида калия с $\omega = 45\%$.

Сущность методологического подхода отражена следующей реакцией:



где L – органический лиганд.

Для количественной оценки процессов была построена градуировочная зависимость между содержанием йода в системе и величиной оптической плотности, измеренной при длине волны 285 нм на УФ-спектрофотометре «Leki» (Финляндия).

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты экспериментов представлены в таблице. Из анализа этих данных можно заключить, что при использовании типичного комплексообразователя- трилона Б, в концентрациях от 2 до 5 мг/л по ООУ, процент снижения выделения количества йода в системе закономерно увеличивается – от 9,5 до 52 % соответственно и в среднем составляет 9,5 % на единицу ООУ.

Таблица. Состав водных растворов и содержание йода после взаимодействия с йодистым калием

№	Вещество присутствующее	ООУ, мг/л	С [Cu ²⁺], мг/л	Вода	С [I ₂], мг/л	% снижения	К _{коп} (Cu ²⁺)
1	-	-	3	Дистиллированная	6,16	-	
3	Трилон Б	2	3	Дистиллированная	5,00	19	
4	Трилон Б	3	3	Дистиллированная	4,56	26	
5	Трилон Б	4	3	Дистиллированная	3,82	38	
6	Трилон Б	5	3	Дистиллированная	2,99	52	
7	-	-	3	Дистиллированная	6,16	-	
8	-	2,75	3	Туран (исходная)	5,30	14	0,53
9	-	2,02	3	Туран (обработанная красным светом)	4,56	26	1,35
10	-	-	3	Дистиллированная	5,7	-	
11	-	0,76	3	Аква Кристалл	5,4	5	0,69
12	-	1,46	3	Новокурьинская	4,96	13	0,93
13	-	6,48	3	Чусовская	4,6	19,2	0,31
14	-	1,04	3	Угорская	4,74	16,8	1,7

В природных питьевых бутылированных водах концентрация органических примесей составляет от 0,76 до 6,48 мг/л по ООУ, однако их активность по отношению к меди (II) существенно различается – от 0,31 до 1,7 и сопоставима с трилоном Б. На активность органических примесей оказывает существенное влияние обработка исходной воды красным светом.

Вышеперечисленные свойства важно учитывать при анализе этиологических особенностей многих патологий. Например, недостаток меди можно создать алиментарно, если употреблять воду, содержащую органические примеси с высоким комплексообразующим коэффициентом по отношению к этому элементу. А ведь медь – важнейший кофактор синтеза гема в организме человека.

Комплексообразующие свойства органических примесей можно использовать и во благо. Проблема повышения концентрации меди в крови у пациентов, проживающих на территориях, где динамично идет освоение и переработка медно-цинковых руд, стоит на Урале достаточно остро. Одно из оригинальных исследований авторов [10] показало, что применение минеральных вод с высокой комплексообразующей активностью по отношению к меди (II) позволяет достоверно нормализовать повышенный в крови уровень меди уже через 14 дней. Это позволило обосновать использование минеральных вод с высокой комплексообразующей активностью в качестве лечебно-профилактического средства для безопасного выведения тяжелых металлов из организма человека в виде натуральных комплексных соединений.

Выводы

Комплексообразующие свойства органических примесей в природных питьевых водах по отношению к меди (II) существенно различаются и в некоторых случаях даже сопоставимы с трилоном Б. Изменению активности органических соединений способствует обработка питьевых вод светом определенной длины волны. Разработанный метод позволяет оценивать способность к восстановлению важнейших металлов-микроэлементов из комплексных соединений, что важно учитывать при осуществлении контроля активности питьевых вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоконова Н.А. О необходимости контроля качества питьевых вод по содержанию общего органического углерода // Экологическая химия, 2003. Вып. 3. С.197–199.
2. Жолдакова З.И. Стабильность органических соединений в воде как ведущий критерий опасности // IV междунар. конгресс, 25–30 мая 2000 г. «Вода: экология и технология»: тезисы докл. М.: ЗАО «Фирма Сибико Интеррэйшнл», 2000. С. 747.
3. Жолдакова З.И., Харчевникова Н.В. Критерии и принципы пересмотра ПДК веществ в объектах окружающей среды // IV междунар. конгресс, 25-30 мая 2000 г. «Вода: экология и технология»: тезисы докл. М.: ЗАО «Фирма Сибико Интеррэйшнл», 2000. С. 749.
4. Ткачев П.Г., Бубнов Д.Н., Легова И.П. Органолептические свойства как интегральный показатель качества питьевой воды // Качество питьевой воды, водоотведение и здоровое население. Рязань: Поверенный, 2002. С. 209–211.
5. Манорик П.А. Разнолигандные биокоординационные соединения металлов в химии, биологии и медицине. Киев: Наукова Думка, 1991. 272 с.
6. Белоконова Н.А., Корюкова Л.В., Петухова И.О. Способ определения химической активности органических соединений: пат. 2267783 Российская Федерация, заявл. 05.05.04; опубл. 10.01.06, Бюл. № 1.
7. Белоконова Н.А. Определение устойчивости и биологической активности органических соединений железа (II,III) в водных растворах // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2010. № 2. С. 86–88.
8. Золотов Ю.А., Иванов В.М., Амалин В.Г. Химические тест-методы анализа. М.: Едиториал УРСС, 2002. 304 с.
9. Биохимия: учебник / под ред. чл.-корр. РАН, проф. Е.С. Северина. 5 изд. испр. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 768 с.
10. Божко Я.Г., Белоконова Н.А., Плотникова И.А., Петухова И.О. Перспективы использования природных минеральных вод в качестве лечебно-профилактического средства для снижения повышенной концентрации меди в крови // Успехи современного естествознания. 2013. № 9. С. 109–110.

ФОТОХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ТИОЦИАНАТОВ

Будаев С.Л., Батоева А.А., Хандархаева М.С., Асеев Д.Г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Байкальский институт природопользования Сибирского отделения
Российской академии наук, г. Улан-Удэ
abat@binm.bscnet.ru

Ключевые слова: спектральный диапазон, фотохимические эффекты, фотолиз тиоцианитов, ультрафиолетовое излучение.

Изучены кинетические закономерности фотолиза растворов тиоцианатов с использованием источников моно- и полихроматического УФ излучения с различными рабочими спектральными диапазонами. Проведены сравнительные эксперименты по изучению роли дополнительного фотохимического воздействия при окислении тиоцианатов персульфатами при дополнительной каталитической активации ионами железа (III).

THIOCYANATES PHOTO/CHEMICAL OXIDATION

Budayev S.L., Batoyeva A.A., Khandarkhayeva M.S., Aseyev D.G.

Russian Academy of Sciences Siberian Branch Baikal Institute of Nature Use,
Ulan-Ude, Russia
abat@binm.bscnet.ru

Key words: spectral range, photochemical effects, thiocyanate photolysis, UV-irradiation

The kinetics of thiocyanate photolysis using mono- and polychromatic light sources were investigated. A comparative study of the role of UV-irradiation for thiocyanate oxidation by Fe(III)-activated persulfates was conducted.

В настоящее время актуальной проблемой является совершенствование способов обезвреживания сточных вод, содержащих токсичные тиоцианаты (SCN^-). Тиоцианатсодержащие сточные воды образуются в больших объемах в различных

технологических процессах в коксохимической, металлургической и горнорудной промышленности. Так, например, основным источником их образования являются гидрометаллургические процессы извлечения благородных металлов цианированием из упорных сульфидных руд и флотоконцентратов. При организации замкнутого водооборота на предприятии тиоцианаты оказывают негативное влияние на процесс сорбционного выщелачивания золота. В отечественной практике в настоящее время наиболее распространенным методом обезвреживания тиоцианатсодержащих сточных вод является окисление активным хлором или хлорсодержащими агентами в щелочной среде. К недостаткам метода следует отнести опасность отравления окружающей среды хлорагентами, значительное увеличение концентрации солей жесткости в сбрасываемой воде, необходимость дехлорирования обезвреженных растворов [1]. Существуют биологические методы очистки тиоцианатсодержащих сточных вод. Однако применение биодеструкции отличается длительностью процесса (до 5 сут) [2,3], и целесообразно только при условии низкого содержания цианид-ионов [4]. Известны работы по окислению тиоцианатов ферратами ($E^0 = 2.2 \text{ В}$) [5]; из-за высокой стоимости реагента предлагается генерировать ферраты *in situ* электрохимическим способом, что приводит к дополнительным затратам [6].

В последние годы все большее внимание исследователей привлекает комбинированные окислительные процессы (Advanced Oxidation Processes – AOPs), основанные на использовании персульфатов ($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$), прежде всего, из-за высокой окислительной способности образующихся сульфатных анион-радикалов $\text{SO}_4^{\cdot -}$ ($E^0 = 2.5 \div 3.1 \text{ В}$). Наиболее часто для активации каталитического распада $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ используют соединения железа, которые можно отнести к экологически чистым катализаторам («green eco-friendly»), поскольку окислительно-восстановительные превращения железа широко распространены в природных экосистемах. К настоящему моменту в опубликованных работах достаточно много данных по использованию персульфатов для окисления биорезистентных поллютантов органической природы [7], тогда как практически отсутствуют работы по использованию персульфатов в процессах окисления нелетучих неорганических соединений, в частности SCN^- .

Использование ультрафиолетового (УФ) облучения получает все большее распространение для деструкции токсичных загрязнителей различной природы, в частности цианистых соединений [8, 9]. Однако также практически отсутствуют работы по окислению SCN^- . Для проведения фотохимических процессов применяют различные источники. На практике широкое распространение получили ртутные

лампы. В научных и прикладных целях в последнее время активно используются эксилампы на эксимерных Xe_2^* (172 нм) и эксиплексных KrCl^* (222 нм), XeBr^* (282 нм), XeCl^* (308 нм) молекулах, испускающие квазимонохроматичный свет [10]. Такие источники рассматриваются как возможная альтернатива традиционным источникам УФ излучения ртутным лампам, выпускаемым серийно.

С нашей точки зрения, научный и практический интерес представляет изучение процессов деструкции тиоцианатов УФ – излучением в присутствии каталитической системы $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{Fe}^{3+}$, так и без.

Эксперименты были выполнены на модельных водных растворах SCN^- (1.72 ммоль/л) приготовленных на дистиллированной воде ($\chi = 2$ мкСм/см). Для изучения процессов фотодеструкции тиоцианатов были выбраны источники моно- и полихроматического УФ – излучения с различными рабочими спектральными диапазонами: дуговые ртутные газоразрядные лампы низкого давления марки ДБ-30-1 (с максимумом излучения в области 254 нм (УФ-254)), и высокого давления марки ДРТ-400 (с линейчатым спектром в видимой и УФ-областях с максимумом излучения при 365 нм (УФ-Вид); а также KrCl -эксилампа барьерного разряда, излучающая в узкой спектральной полосе с максимумом 222 нм (УФ-222).

Сравнительные эксперименты показали, что при прямом фотолизе реакция протекает по нулевому порядку по тиоцианат иону. Максимальная степень конверсии тиоцианатов наблюдалась при использовании ламп УФ-222 и УФ-Вид и составила свыше 50 % за 120 мин, тогда как при использовании для лампы УФ-254 конверсия не превышала 2 %. Среди выбранных источников лампа УФ-Вид характеризовалась максимальной потребляемой мощностью (433 Вт). Для возможности сопоставления полученных результатов был введен параметр удельной конверсии, отражающий количество превращенного вещества к затраченной электрической энергии (рис. 1). Установлено, что при экспозиции лампой УФ-222 наблюдается максимальная удельная конверсия, вероятно, в силу более высокого коэффициента экстинкции на данной длине волны ($28.4 \times 10^2 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$).

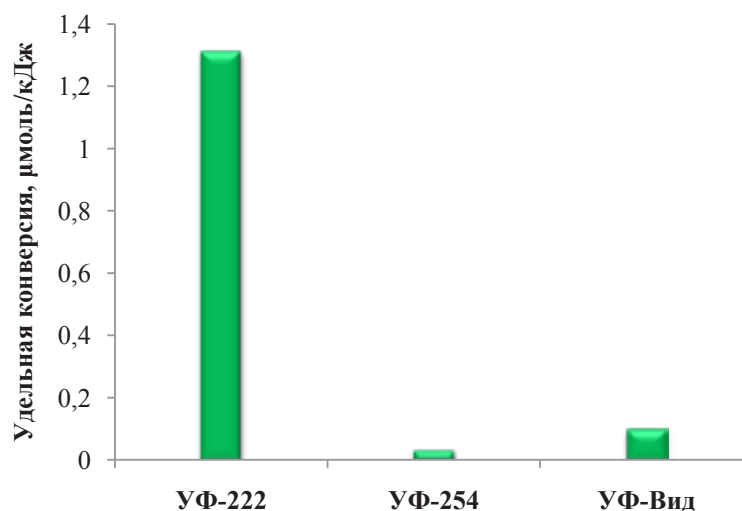


Рисунок. Удельная конверсия SCN^- при прямом фотолизе с использованием различных источников УФ облучения. $[\text{SCN}^-] = 1.72$ ммоль/л, pH 5.2, 120 мин.

Очевидно, что деструкция тиоцианатов при прямом фотолизе протекает достаточно медленно, и для осуществления глубокой конверсии SCN^- необходимо его сочетание с другими окислительными системами. Ранее нами впервые предложен эффективный способ деструкции тиоцианатов с использованием каталитической системы $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{Fe}^{3+}$ [11]. Установлены оптимальные условия для проведения эффективного процесса окисления тиоцианатов $[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]:[\text{SCN}^-] = 5:1$ и $[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]:[\text{Fe}^{3+}] = 1:0.5$. В продолжение выполняемых исследований в данной работе было изучено влияние фотохимического воздействия на эффективность деструкции тиоцианатов в системе $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{Fe}^{3+}$. Для выявления роли УФ - воздействия брали заведомо недостаточное количество катализатора. Результаты показали, что полная деструкция тиоцианатов в «темновом эксперименте» (без экспозиции) в системе $\text{Fe}^{3+}/\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ достигается за 100 мин, тогда как при одновременном дополнительном облучении наблюдается увеличение начальной скорости окисления и существенное сокращение продолжительности обработки в зависимости от выбранного источника излучения в 2-5 раза.

В таблице представлены результаты по изучению роли фотохимического воздействия на эффективность деструкции тиоцианатов в каталитической системе $\text{Fe}^{3+}/\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ на примере лампы УФ-222.

Таблица. Влияние УФ-излучения на процессы окисления SCN

Окислительная система	W_0, ммоль/л·мин	$t_{\text{полн. конв.}}$, мин.
УФ	0.011	>120
{УФ/S ₂ O ₈ ²⁻ }	0.022	>120
{S ₂ O ₈ ²⁻ /Fe ³⁺ }	0.08	100
{УФ/S ₂ O ₈ ²⁻ /Fe ³⁺ }	0.09	40

Полученные результаты свидетельствуют о принципиальной возможности реализации процесса деструкции тиоцианатов УФ – излучением и необходимости проведения дальнейших исследований с использованием энергоэффективных источников оптического излучения

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-05-31053 мол_а

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кофман В.Я. Обезвреживание цианистых стоков на золотоизвлекательных фабриках Канады // Цветные металлы. 1986. № 11. С. 91–94
2. Kavitha I G., King P., Sheshamma G., Kalpana P., Naidu D. A. Acute toxicity of thiocyanate using danio rerio and microbial degradation of thiocyanate // Int. J. Engg. Res. & Sci. & Tech. 2013. Vol. 2. No. 1.
3. Huang H., Feng C., Pan X., Wu H., Ren Y., Wu C., Wei C. Thiocyanate Oxidation by Coculture from a Coke Wastewater Treatment Plant // J. Biomat. Nanobiotech. 2013. Vol. 4. P. 37–46.
4. Meiling L.-S., Drakides C. New approach to optimize operational conditions for the biological treatment of a high-strength thiocyanate and ammonium waste: pH as key factor // Water research. 2008. Vol. 42. P. 774–780.
5. Sharma V.K., Burnett C.R., O'Connor D.B., Cabelli D. Iron (VI) and Iron (V) oxidation of thiocyanate // Environ. Sci. Tech. 2002. 36. 4182–4186.
6. Alsheyab M., Jiang J.-Q., Stanford C. On line production of ferrate with an electrochemical method and its potential application for waste water treatment – a review // Journal of environmental management. 2009. Vol. 90. P. 1350–1356.

7. Liang C.J., Huang S.C. Kinetic model for sulfate/hydroxyl radical oxidation of methylene blue in a thermally-activated persulfate system at various pH and temperatures // *Sustain. Environ. Res.* 2012. V. 22(4). P. 199-208.
8. Mudliar R., Umare S.S., Ramteke D.S., Wate S.R. Energy efficient – Advanced oxidation process for treatment of cyanide containing automobile industry wastewater // *J. Haz. Mat.* 2009. V. 164. P.1474–1479.
9. Duran A., Monteagudo J.M., San Martín I., Aguirre M. Decontamination of industrial cyanide-containing water in a solar CPC pilot plant // *Solar Energy*. 2010. Vol. 84. P. 1193–1200.
10. Ломаев М.И., Скакун В.С., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф., Шитц Д.В., Ерофеев М.В. Эксилампы – эффективные источники спонтанного УФ- и ВУФ-излучения // *Успехи физических наук*. 2003. Вып. 173. № 2. С. 201–217.
11. S.L. Budaev, D.G. Aseev, M.S. Khandarkhaeva, A.A. Batoeva. Removal of thiocyanates by persulfates from gold mine wastewater // *Proceedings of the IWA 6th Eastern European young water professionals conference “East meets West”*. Istanbul, Turkey, 28-30 May 2014. P. 661–669.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПУСКО-НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ
ПО ОБОРОТНОМУ ЦИКЛУ ВОДОСНАБЖЕНИЯ
ТРУБОПРОКАТНЫХ СТАНОВ ПЕРВОУРАЛЬСКОГО НОВОТРУБНОГО ЗАВОДА**

Галкин Ю.А., Обедин Д.Н., Шарин А.Н., Мильчаков В.П., Власов М.С.

ООО «Научно-проектная фирма «ЭКО-ПРОЕКТ», г. Екатеринбург, Россия

mail@eco-project.ru

Ключевые слова: трубопрокатные станы, обратное водоснабжение, водоподготовка, отстойники-флокуляторы, аппараты ОКУД.

Причинами неудовлетворительного качества воды в оборотных циклах водоснабжения трубопрокатных станов являются сложный состав загрязненной оборотной воды, недостаточная эффективность и надежность применяемых трехступенчатых технологий и оборудования. Научно-проектная фирма «ЭКО-ПРОЕКТ» разработала и внедрила на Первоуральском новотрубном заводе технологию двухступенчатой глубокой высокоинтенсивной очистки оборотной воды в ямах для окалины и в отстойниках-флокуляторах до содержания взвешенных веществ $10\div 15$ мг/дм³ и нефтепродуктов – менее 3 мг/дм³. Для гравитационного обезвоживания получаемого окалиномаслосодержащего осадка разработаны аппараты ОКУД. Радикально повышены эффективность и надежность работы, снижено до 4-х раз потребление энергии, сокращены эксплуатационные и капитальные затраты, уменьшены габариты водоподготовок. Аналогичные двухступенчатые технологии внедрены для водоподготовок МНЛЗ, прокатных станов и термоотделов на предприятиях России и Украины.

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY AND START-UP OUTCOMES: PERVOURALSK
NOVOTRUBNI PLANT TUBE MILLS CLOSED RECIRCULATING WATER SUPPLY
SYSTEM**

Galkin Y.A., Obadin D.N., Sharin A.N., Milchakov V.P., Vlasov M.S.

EKO-PROYEKT, Ekaterinburg, Russia

mail@eco-project.ru

Key words: scientific-planning firm «Eco-project», tube rolling mills, recirculating water systems, water treatment, flocculator-clarifier, chemoprotectant (apparatus OKUD).

The causes of poor water quality in water recirculation system for tube mills are: complex composition of polluted recycled water, inadequate effectiveness of the currently applied three-stage technology and equipment. Scientific-designing firm «Eco-project» developed and implemented on PNTZ plant two-stage high-intensity deep cleaning technology of water recycling in scale pits and a flocculator-clarifier. As a consequence, content of suspended solids was reduced to $10 \div 15 \text{ mg/dm}^3$ and oil - less than 3 mg/dm^3 . For oily scale containing sludge gravitational dewatering OKUD units have been developed. As a result efficiency and reliability were increased radically, electricity consumption was 4 times reduced, operating and capital costs were reduced, and size of the units was reduced. Scientific-designing firm «Eco-project» applied the similar two-state technique for water treatment system of continuous casting machine and rolling mills at various plants in Russia and Ukraine.

Для очистки окалинмаслосодержащей оборотной воды станов горячей прокатки труб обычно применяют трехступенчатую схему: первичное отстаивание, вторичное отстаивание на безнапорных гидроциклонах, радиальных или горизонтальных отстойниках и осветление воды на скорых фильтрах. Качество очищенной оборотной воды, подаваемой потребителям, как правило, не соответствует нормативным требованиям, а эксплуатация таких оборотных циклов связана с существенными проблемами.

Изучение Научно-проектной фирмой «ЭКО-ПРОЕКТ» работы оборотных циклов водоснабжения трубопрокатных станов Первоуральского, Северского, Синарского, Волжского и других трубных заводов позволило установить причины указанных проблем:

- большое потребление нефтепродуктов в качестве смазки оборудования трубопрокатных станов, поступающих в итоге в оборотную воду;
- высокая дисперсность твердой фазы окалины, соответственно, большая удельная сорбционная поверхность по отношению к нефтепродуктам;

- недостаточные размеры и/или гидравлическое несовершенство, а поэтому низкая эффективность, внутрицеховых первичных отстойников (ямы для окалины), что приводит к увеличению грязевой нагрузки на внецеховые очистные сооружения – вторичные отстойники и фильтры. Концентрация в воде замасленной окалины после первичного отстаивания может достигать 600 мг/дм^3 , а общее содержание нефтепродуктов 300 мг/дм^3 ;
- повышение агрегативной и седиментационной устойчивости частиц замасленной окалины вследствие того, что в обратную воду могут поступать компоненты высокотемпературных смазок (фосфаты, бура и графит), а также отработанные эмульсии (СОЖ);
- кольматация зернистой загрузки осветлительных фильтров высокозамасленной окалиной, как результат недостаточной эффективности первичного и вторичного отстаивания оборотной воды;
- подача загрязненной оборотной воды на внецеховые очистные сооружения с переменным расходом, ввиду того, что насосы, откачивающие воду из приемного резервуара при яме для окалины, циклично включаются и отключаются по достижению контрольных уровней воды.
- интенсивное загрязнение оборотной воды перед вторичными отстойниками фугатом центрифуг, иногда применяемых для обезвоживания осадка из вторичных радиальных отстойников, содержание нефтепродуктов в котором достигает 50 %. Обезвоживание такого осадка на вакуумных и напорных фильтрах невозможно, поскольку происходит необратимое закупоривание фильтровальной ткани. По указанным причинам чаще всего осадок из вторичных отстойников хранится на несанкционированных отвалах без какой-либо первичной обработки.

Учитывая вышеизложенные проблемы, специалистами компании «ЭКО-ПРОЕКТ» перед разработкой проекта реконструкции внецеховых очистных оборотного цикла группы трубопрокатных цехов Первоуральского Новотрубного завода были проведены лабораторные и пилотные исследования по выбору оборудования, реагентов и режимов очистки оборотной воды и для обезвоживания осадка. С использованием их результатов ЭКО-ПРОЕКТ запроектировал новый блок водоподготовки, изготовил основное

технологическое оборудование и по завершению строительства в конце 2014 г. выполнил технологическую пуско-наладку.

В основу создаваемой двухступенчатой технологии очистки оборотной воды трубопрокатных цехов №1, №2 и №5 (рис. 1) положил свои инновационные разработки [1 – 3].

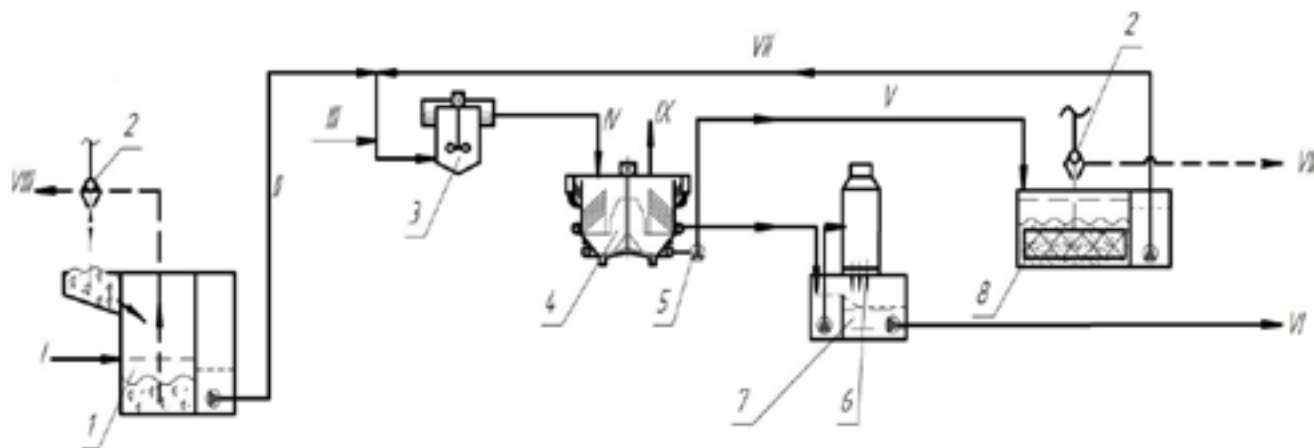


Рис. 1 Принципиальная схема оборотного цикла трубопрокатных цехов №1, № 2 и № 5 ОАО «ПНТЗ»: 1 – яма для окалины; 2 - грейфер для выгрузки обезвоженной окалины; 3 – механический смеситель с делителем потока; 4 – отстойник-флокулятор; 5 – насос откачки осадка; 6 – градирня; 7 – резервуар охлажденной воды, 8 – аппарат ОКУД.

I – загрязненная окалиномаслосодержащая вода от потребителей; *II* – подача воды на внецеховые очистные сооружения; *III* – реагенты; *IV* – подача обработанной воды на отстойник флокулятор; *V* – окалиномаслосодержащий осадок на обезвоживание; *VI* – подача очищенной охлажденной воды потребителям; *VII* – вода после обезвоживания окалиномаслосодержащего осадка; *VIII* – обезвоженный окалиномаслосодержащий осадок; *IX* – нефтепродукты.

В качестве первой ступени очистки использованы существующие цеховые ямы для окалины. Для второй ступени – основного процесса глубокой очистки воды – применены отстойники-флокуляторы (рис. 2). Перед подачей в эти аппараты вода может обрабатываться в смесителе флокулянтom катионного типа.



Рис. 2. Отстойники-флокуляторы внецеховых очистных сооружений оборотного цикла группы трубопрокатных цехов Первоуральского новотрубного завода.

При исключительно высокой удельной гидравлической нагрузке на отстойник-флокулятор – до $12 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, обеспечивается остаточное содержание взвешенных веществ в осветленной воде $10 \div 15 \text{ мг/дм}^3$, а нефтепродуктов мене 3 мг/дм^3 , что существенно превышает технические требования потребителей – трубопрокатных агрегатов. В безреагентном режиме содержание взвешенных веществ в осветленной воде после отстойников-флокуляторов составляет $40 \div 60 \text{ мг/л}$, нефтепродуктов $5 \div 10 \text{ мг/л}$, что соответствует установленным в разработанном проекте техническим требованиям к воде. Для гравитационного безреагентного обезвоживания окалиномаслосодержащего осадка, откачиваемого из отстойников-флокуляторов, применены аппараты типа ОКУД (рис. 3), значительно более простые, чем традиционные узлы обезвоживания.



Рис. 3. Секции ОКУД внецеховых очистных сооружений оборотного цикла группы трубопрокатных цехов Первоуральского новотрубного завода.

Аппарат ОКУД близок по конструкции к горизонтальному отстойнику, оборудованному в зоне подачи жидкого осадка дренирующими кассетами. Влажность обезвоженного осадка в основном зависит только от степени замасленности окарины. При содержании в осадке трубопрокатных станов нефтепродуктов до 50 % влажность обезвоженного осадка составляет до 40 %, однако даже при этом он является вполне транспортабельным. Для осадков оборотной воды МНЛЗ и сортовых станов горячей прокатки с содержанием нефтепродуктов до 10 % влажность обезвоженного осадка составляет 15÷20 %, и он имеет сыпучее состояние. Обезвоженный осадок выгружается из ОКУДа в транспортное средство с помощью грейферного крана.

Очень важно, что в разработанной двухступенчатой технологической схеме глубокой очистки оборотной воды отсутствуют принципиально «слабые звенья». Прежде всего, это склонные к закупориванию загрузки осветлительные фильтры, вместе со своей сложной инфраструктурой (большое количество электро/пневмоприводной трубопроводной арматуры большого диаметра, промывные насосы, резервуары, сгустители, усложненная АСУ ТП, оборудование для загрузки песка и др.). Также из технологии исключены практически неработоспособные и технически сложные традиционные установки для механического обезвоживания осадка (сгустители, фильтр-прессы, центрифуги, конвейеры, накопительные бункеры). В то же время, ввиду своей простоты, аппарат типа ОКУД практически не требует ремонта и участия персонала в работе, за исключением выгрузки обезвоженного осадка грейферным краном. Следует также отметить высокую работоспособность скребковых механизмов отстойников-флокуляторов, используемых в оборотных циклах газоочисток доменных печей даже с большим на порядок исходным содержанием в воде взвешенных веществ – до 10 г/дм^3 .

По указанным причинам разработанная и реализованная схема характеризуется высокой надежностью в эксплуатационном и аварийных режимах и является принципиально более простой в эксплуатации.

Вследствие использования в основных процессах и аппаратах разработанной технологии в основном только сил гравитации, энергозатраты на обработку воды и осадка, в сравнении с трехступенчатыми схемами, снижены до четырех раз. Капитальные затраты, как на оборудование, так и на строительно-монтажные работы, значительно снижаются. Уменьшается площадь для размещения комплекса водоподготовки.

Разработанная инновационная технология рекомендуется, ввиду неоспоримых преимуществ, для внедрения на трубных заводах. Ввиду высокой универсальности технологии и оборудования «ЭКО-ПРОЕКТ» применил их при разработке проектов глубокой очистки оборотной воды МНЛЗ, прокатных станов, закалочных и других агрегатов для водоподготовок, построенных на металлургических предприятиях России и Украины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галкин Ю.А.* Разработка и результаты применения отстойников-флокуляторов для очистки оборотной воды металлургических заводов России и Украины // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. № 2. С. 5–9.
2. *Галкин Ю.А., Сидорова И.А.* Технология обезвоживания окалинмаслосодержащих осадков // Сталь. 2007. № 12. С. 91–93.
3. *Галкин Ю.А., Рабинович А.Л., Березюк В.Г.* Некоторые закономерности взаимодействия частиц дисперсной фазы окалинмаслосодержащих сточных вод // Химия и технология воды. 1989. Т. 11. № 5. С. 397–399.

ПЕРЕРАБОТКА ТИТАНОСОДЕРЖАЩИХ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Горбич Т. А.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

tatiana_vta@mail.ru

Ключевые слова: титан, осадки сточных вод, коагулянт.

Рассмотрен процесс получения диоксида титана и образование титаносодержащих осадков сточных вод. Приведен компонентный анализ осадка. Предложен вариант переработки титаносодержащих осадков в товарный коагулянт.

TITANIUM WASTEWATER SLUDGE PROCESSING

Gorbich T.A.

Urals Federal University, Ekaterinburg, Russia

tatiana_vta@mail.ru

Keywords: titanium, wastewater sludge, coagulant.

A process of obtaining titanium dioxide and titanium wastewater sludge formation has been considered. Sludge component analysis was performed. Variant of titanium sludge processing into marketable coagulant was proposed.

Титан относится к широко используемым в промышленном производстве элементам. Важнейшими видами титановой продукции являются диоксид титана и металлический титан. Почти 90 % диоксида титана используется в качестве наполнителя резины, бумаги, пластмасс. Металлический титан и его сплавы, обладающие высокой коррозионной стойкостью и хорошим сочетанием механических и технологических свойств, применяются в самых различных отраслях промышленности: авиационной, космической, химической, металлургической, в машиностроении, судостроении. Для получения диоксида титана применяют хлорный способ.

Ильменитовый концентрат поступает в комплекс по производству губчатого титана. Его привозят из Украины, Казахстана, Индии, от российских поставщиков. Из концентрата получают порошковую шихту, для этого титансодержащий концентрат смешивают в необходимых соотношениях с антрацитом. Затем в руднотермической печи проходит восстановительная плавка.

Самый ценный результат восстановительной плавки – шлак, так как содержание в нем TiO_2 повышается до 80–90 %. Шлак измельчают вместе с NaCl и смешивают с углеродсодержащим материалом (углем или коксом) и далее направляют на хлорирование [1].

В огромных хлораторах на поверхность расплава хлоридов щелочных и щелочно-земельных металлов непрерывно загружается титансодержащая шихта, а в нижнюю зону подается газообразный хлор. Хлорирование происходит при температурах 800 – 850 °С. Тетрахлорид титана выводится из хлоратора и очищают от ванадия и других примесей. Затем восстанавливают тетрахлорид титана магнием и образуется губчатый титан.

Во время технологических процессов получения диоксида титана образуется значительное количество сточных вод, содержащих титан. В результате очистки сточных вод образуются осадки, которые складываются в накопителях отходов, которые являются одним из самых значительных источников загрязнения окружающей среды [2].

С 2020 г. ожидается увеличение платы за складирование отходов (в том числе осадков производственных сточных вод) в накопителях. Вследствие этого переработка образующихся и накопленных осадков становится актуальной задачей. Были проведены исследования титаносодержащих осадков сточных вод (табл. 1).

Результаты показали, что валовое содержание титана в твердой фазе осадков составляет 7 %, что сопоставимо с природным сырьем, например, ильменитом. Таким образом, осадок является вторичным материальным ресурсом, пригодным к переработке.

Ознакомление с научно-технической литературой по вопросу переработки подобных отходов и опытом получения титанового коагулянта из титансодержащего природного сырья позволили сделать вывод, что из указанных осадков также можно получить товарный коагулянт.

Таблица 1. Компонентный анализ осадка

Определяемый параметр	Результат анализа, % масс.
Ag	<0,0002
Al	0,42
Ca	24,41
Cd	<0,0002
Co	0,0108
Cr	0,0492
Cu	0,006
Fe	1,203
Mg	0,2162
Mn	0,016
Mo	0,119
Na	0,16
Nb	0,182
Ni	0,0075
Pb	<0,003
Ta	<0,01
Ti	6,881
V	0,5077
Zn	0,0005

Преимуществом титанового коагулянта в сравнении с традиционными реагентами (сульфатом железа, сульфатом алюминия) является то, что он работает при низкой температуре воды, в широком диапазоне уровня pH (не требуется подщелачивание), исключает использование хлора, имеет дезинфицирующие свойства.

В процессе переработки осадков сточных вод снижается негативная нагрузка титановой промышленности на природную среду. Для промышленных предприятий – это, в том числе, и соответствие современным экологическим требованиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Береснев Г.А., Синани И.Л., Летягин И.Ю. Основы технологии производства чугуна, стали, алюминия, меди, титана и магния. Пермь.: Пермский гос. техн. ун-т, 2011. 77 с.
2. Яковлев С.В., Волков Л.С., Воронов Ю.В. Обработка и утилизация осадков производственных сточных вод. М: Химия, 1999. 448 с.

**К ВОПРОСУ МЕТОДОЛОГИИ ВЫБОРА
ИНГИБИТОРА МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Дрикер Б.Н., Галкин Ю.А., Мурашова А.И., Тарантаев А.Г.

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»

BNDriker70191@mail.ru

Ключевые слова: водные ресурсы, оборотные системы, минеральные отложения, коррозия, ингибиторы, органофосфонаты, полимеры, зародышеобразование, дисковый электрод, водопотребление.

Предложены критерии выбора реагентов на основе органофосфонатов для обработки воды в системах оборотного водоснабжения промышленных предприятий. Разработан способ определения оптимальной дозы реагентов для уменьшения количества минеральных отложений и снижения скорости коррозии в воде разного состава. Показана экономическая и экологическая целесообразность применения реагентов на основе органофосфонатов в промышленном водоснабжении.

ON METHODOLOGY OF MULTIPURPOSE INHIBITOR CHOICE

Driker B.N., Galkin Y.A., Murashova A.I., Tarantayev A.G.

Ural State University of Forestry Engineering,

Ekaterinburg, Russia

BNDriker70191@mail.ru

Key words: water resources, recycling systems, mineral sediments, corrosion, inhibitors, organophosphonate, polymers, nucleation, disk electrode, water consumption.

Choice criteria for organophosphonates-based reagents for water treatment in industrial closed circulating water supply systems have been proposed. A method was developed to determine the optimal dose of reagents to reduce the amount of mineral deposits and reducing the corrosion rate in different composition waters. Economic and environmental feasibility of the organophosphonates-based reagents application in industrial water supply has been showny.

Эксплуатация оборотных систем водоснабжения предприятий показывает, что эффективность их работы снижается из-за коррозии, солеотложений и биообрастаний, приводящих к значительному перерасходу энергетических и водных ресурсов.

Наиболее эффективным и доступным способом предотвращения коррозии, солеотложений и биообрастаний в оборотных системах является реагентная обработка воды. Данный способ не требует значительных капитальных вложений, а узлы приготовления и дозирования реагентов просты и надежны в эксплуатации [1]. Наиболее часто в качестве таких реагентов используют органофосфонаты (ОФ), относящиеся к классу комплексонов, низкомолекулярные полимеры на основе полиакриловой, полималеиновой и полиметакриловой кислот (молекулярная масса не более 10000).

Целью работы является разработка критериев и методологических основ выбора реагентов для предотвращения отложений и коррозии в теплоэнергетике и в оборотных системах охлаждения.

Минеральные отложения в таких системах представляют, в основном, карбонат кальция в различных модификациях. Однако, для предварительной сравнительной оценки эффективности различных реагентов, целесообразно использовать в качестве объекта исследований сульфат кальция. Это значительно удобнее для сравнительной оценки эффективности, поскольку он имеет более высокую растворимость (2,2 – 2,4 г/л), независимость от наличия растворенных в воде газов, в частности, углекислоты, позволяет получить стабильные пересыщенные растворы путем сливания соответствующих солей или использования полугидрата сульфата кальция. Такой способ тем более целесообразен, поскольку определяющим фактором эффективности реагента служит катион, а не анион.

Образование минеральных отложений является следствием кристаллизации из пересыщенных растворов. Сам же процесс кристаллизации, в достаточной степени условно, можно разделить на две основные стадии: зародышеобразование и рост кристаллов. Обе эти стадии неразрывно связаны между собой и протекают одновременно. Однако, именно зародышеобразование является определяющим фактором кристаллизации и влияния на этот процесс различных реагентов. Скорость гомогенного зародышеобразования описывается уравнением Гиббса – Фольмера:

$$\beta = A \cdot \exp \left[\frac{16 \cdot \pi \cdot \sigma^3 \cdot M^2}{3 \cdot R^3 \cdot T^3 \cdot \ln^2(S)} \right], \quad (1)$$

где σ – удельная работа по образованию зародыша критического размера (удельная поверхностная энергия), мДж/м², M – молекулярная масса кристаллизующейся соли, R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К), T – абсолютная температура, К, ρ – плотность соли, г/см³, S – относительное пересыщение, равное отношению начальной концентрации к равновесной. По величине σ рассчитывается, в соответствии с уравнением Оствальда – Фрейндлиха, радиус кристаллического зародыша (r , нм):

$$r = \frac{2 \cdot \sigma \cdot M}{R \cdot T \cdot \ln S} \quad (2)$$

Порядок реакции зародышеобразования определяется из уравнения Христиансена – Нильсена:

$$\beta = k \cdot \Delta C^n, \quad (3)$$

где $\Delta C = C_{\text{исх}} - C_p$, n – порядок реакции, k – константа скорости.

Взаимосвязь скорости зародышеобразования (β) и периода индукции ($f_{\text{инд}}$) экспериментально проверена в работе [1] и может быть представлена в виде:

$$\beta = 1 / t_{\text{инд}} \quad (4)$$

После подстановки (4) в уравнение (1 и 3) и логарифмирования получим:

$$n(t_{\text{инд}}) = \ln(A) + \frac{16 \cdot \pi \cdot \sigma^3 \cdot M^2}{3 \cdot R^3 \cdot T^3 \cdot \rho^2 \cdot \ln^2(S)}, \quad (5)$$

$$\ln(t_{\text{инд}}) = \ln(k) + n \cdot \ln(C). \quad (6)$$

В качестве примера в табл. 1 приведены рассчитанные значения параметров зародышеобразования для реагентов – органофосфонатов, наиболее часто входящих в состав композиций, используемых для предотвращения отложений: нитрилтриметиленфосфоновая кислота (НТФ), этилендиаминтетраметиленфосфоновая кислота (ЭДТФ), диэтилентриаминпентаметиленфосфоновая кислота (ДТПФ), гексаметилендиаминтетраметиленфосфоновая кислота (ГМДТФ).

Из представленных в табл. 1 данных следует, что эффективность реагентов возрастает с увеличением числа функциональных групп (от НТФ к ДТПФ) и длины углеводородных радикалов (от ЭДТФ к ГМДТФ), соединяющих алкилфосфоновые группы. Видно, что используемые критерии для оценки эффективности реагентов позволяют надежно их дифференцировать.

После оценки эффективности реагента необходимо оптимизировать его применение в конкретной технологической системе с учетом качества воды и

температурного режима. По нашему мнению, эту часть работы целесообразно выполнять методом вращающегося дискового электрода [3].

Таблица 1. Влияние органофосфонатов на кинетические параметры зародышеобразования сульфата кальция ($t = 40^{\circ}\text{C}$) [2]

Реагент	Концентрация реагента, мг/л	Порядок реакции зародышеобразования, n	Удельная поверхностная энергия, σ , мДж/м ²	Радиус критического заряда, r, нм
НТФ	1,0	6,0	8,3	4,3 – 6,2
ЭДФ	1,0	8,2	9,8	5,1 – 6,4
ДТПФ	0,7	13,3	12,8	6,7 – 8,0
ГМДФ	0,25	14,1	13,3	6,8 – 8,3

Эффективность ингибирования отложений рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{m_k - m_p}{m_k} \cdot 100\% , \quad (7)$$

где m_k – количество отложений в контрольном опыте, мг, m_p – количество отложений в опыте с реагентом, мг.

За эффективную оптимальную дозировку принимается концентрация, при которой А (эффективность) составляет не менее 90 %, что соответствует уменьшению отложений не менее, чем в 10 раз.

В качестве примера, в табл. 2 и 3 приведены условия оптимизации обработки воды с использованием различных реагентов для систем оборотного водоснабжения Челябинского цинкового завода (ЧЦЗ) и ПО «Балхашцветмет».

Из данных, представленных в табл. 3, следует, что используемая методология и методики оценки эффективности позволяют оптимизировать условия обработки воды с целью предотвращения отложений.

Предложенные выше методы позволяют сравнивать реагенты между собой, как на модельных, так и на реальных водных системах. Однако ни один из предлагаемых методов не позволяет одновременно оценить свойства реагентов, как ингибиторов солеотложений и коррозии, так и определить их оптимальную концентрацию для применения в условиях эксплуатации технологического оборудования.

Таблица 2. Качество используемой воды

Показатель качества	Челябинский цинковый завод (ЧЦЗ)	ПО «Балхашцветмет»
pH	8,0	8,53
Жесткость кальция, мг – экв/дм ³	2,6	2,4
Щелочность, мгэкв/дм ³	3,6	4,7
Магний, мг/дм ³	22,7	100,9
Железо, мг/дм ³	0,19	0,1
Сухой остаток, мг/дм ³	220	1792
Хлориды мг/дм ³	23,46	298
Сульфаты, мг/дм ³	41,7	604

Таблица 3. Эффективность ингибирования солеотложения

Реагент	Концентрация реагента, мг/дм ³	А (для Челябинского цинкового завода)	А (для ПО «Балхашцветмет»)
ИОМС (ТУ 2439-369-05763441-2003)	0,4	38,5	40,2
	0,8	67,0	64,5
	1,2	78,0	79,0
	1,6	86,0	89,0
	1,8	91,5	92,5
ИОМС – 2 (ТУ 2458 – 130 – 16670872-2007)	0,4	45,0	44,0
	0,8	71,0	72,5
	1,2	90,5	91,0
	1,4	94,5	96,0

С учетом перечисленных обстоятельств разработана установка (см. рис.) для проведения испытаний, состоящая из термостата, теплообменника, перистальтического насоса, и емкости с используемой водой, в которой измеряется скорость коррозии конструкционной стали и цветных металлов, с помощью коррозиметра «Эксперт 004». Воду для испытаний готовили смешением равных объемов двух растворов: раствор №1 – CaCl₂ – 2,92 г/дм³, NaCl – 40,6 г/дм³, MgSO₄ – 4,26 г/дм³; раствор №2 – NaHCO₃ – 2,4 г/дм³ [ТУ 2458-006-70887619-2005].

Продолжительность эксперимента составляла три часа, температура изменялась в диапазоне 70–90 °С. Количество отложений определяли по окончании эксперимента, растворяя образовавшиеся отложения на теплообменнике 0,1н соляной кислотой и определяя количество образовавшегося карбоната кальция по стандартной комплексонометрической методике. Скорость коррозии определяли в течение всего

эксперимента электрическими зондами, изготовленными из стали Ст. 3 и латуни – Л-60, коррозиметром «Эксперт-004». Реагенты использовали в виде 0,1 % растворов в количестве 2 – 6 мг/дм³ в пересчете на 100 % продукт.

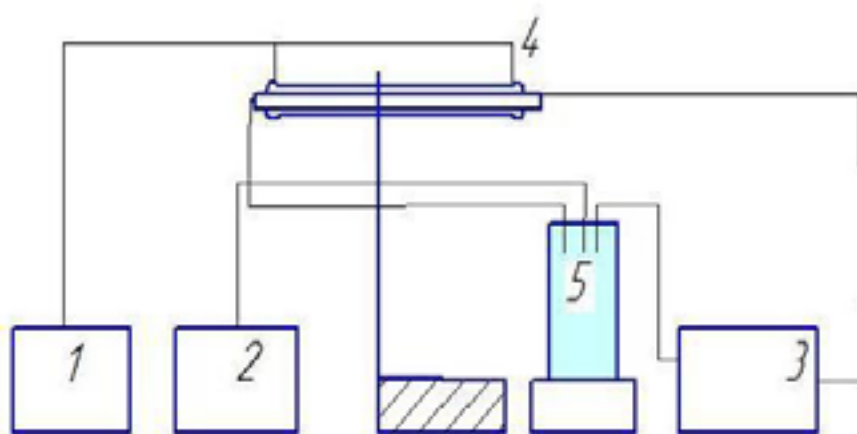


Рисунок. Схема установки одновременного определения скорости коррозии и солеотложений. 1 – термостат, 2 – коррозиметр, 3 – перистальтический насос, 4 – теплообменник, 5 – емкость, из которой происходит циркуляция воды.

Эффективность ингибирования солеотложения рассчитывали по формуле

$$\mathcal{E} = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \cdot 100\%, \quad (8)$$

где A_1 – количество отложений в контрольном опыте; A_2 – количество отложений в опыте с реагентом. Эффективность ингибирования коррозии рассчитывали по коэффициенту торможения (K)

$$K = \frac{B_1}{B_2}, \quad (9)$$

где B_1 – скорость коррозии в контрольном опыте, мкм/год; B_2 – скорость коррозии с реагентом, мкм/год.

Таблица 4. Эффективность ингибирования минеральных отложений

№ п/п	Композиция	Концентрация, мг/л	Температура, °С	Количество отложений, мг	Эффективность, %
1	Контрольный опыт	-	70	26	
2			80	41	
3			90	46,3	
4	ИОМС (ТУ 2439-369-05763441-2003)	6	70	4,7	81,9
5			80	6,2	84,9
6			90	6,9	85,1
7	КИСК (ТУ 2415-007-76499798-2009)	6	70	3,4	86,9
8			80	4,1	90
9			90	4,5	90,3

Таблица 5. Эффективность ингибирования коррозии

№ п/п	Композиция	Концентрация, мг/л	Температура, °С	Количество отложений, мг (Ст.3)	Коэффициент торможения	Количество отложений, мг (Л-60)	Коэффициент торможения
1	Контрольный опыт	-	70	343	-	300	-
2			80	496		685	
3			90	731		801	
4	ИОМС (ТУ 2439-369-05763441-2003)	-	80	501	0,9	680	1,18
5	КИСК (ТУ 2415-007-76499798-2009)	6	70	160	2,1	80	3,75
6			80	95	5,2	74	9,26
7			90	63	11,6	56	14,3

Из данных табл. 4 и 5 следует, что возможно одновременное определение эффективности реагентов, как ингибиторов солеотложения, так и ингибиторов коррозии. Продолжительность испытаний не превышает 4–6 часов, их можно проводить не только на модельных, но и на реальных водных системах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дрикер Б.Н., Микрюков А. В., Тарантаев А. Г. Опыт и перспективы применения композиций на основе органофосфонатов в металлургии и энергетике. Инновационные технологии в системах производственного водоснабжения. Сб. статей. Екатеринбург: ООО НПФ «Эко-проект». 2013. С. 153–157.
2. Дрикер Б.Н., Мурашова А.И., Тарантаев А.Г., Никифоров А.Ф. Выбор ингибитора минеральных отложений в системах оборотного водоснабжения промышленных // Водное хозяйство России. 2014. № 6. С 92–99.
3. Дрикер Б.Н., Мурашова А.И., Тарантаев А.Г. К вопросу выбора ингибитора минеральных отложений // Современный научный вестник. 2014. № 19. С. 111–116.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ УСТАНОВКИ «СТРУЯ»
ПРИ ОЧИСТКЕ ПОДЗЕМНОЙ ВОДЫ В ПОС. КОММУНИСТИЧЕСКИЙ
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА**

Ермаков Д.В., Галкин Ю.А., Кочнев Л.Л., Уласовец Е.А.,

Обадин Д.Н., Шипицын А.А.

ООО «Научно-проектная фирма «ЭКО-ПРОЕКТ», г. Екатеринбург, Россия

Свиридов В.В.

ООО Предприятие «ЭКО», г. Екатеринбург, Россия

mail@eco-project.ru

Ключевые слова: вода артезианских скважин, оборудование для подготовки питьевой воды, установка «Струя», реконструкция.

Вода артезианских скважин пос. Коммунистический ХМАО не соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01. По проекту одного из институтов на станции подготовки питьевой воды предусматривалось использование двух установок «Струя-М» с обработкой исходной воды хлорсодержащим окислителем, коагулянтом и флокулянтом. Технологическими изысканиями, выполненными предприятиями «ЭКО» и «ЭКО-ПРОЕКТ», показана недостаточная эффективность проектных решений, предложена новая технология и откорректирован проект. Намечено применение в качестве реагентов извести, флокулянта и гипохлорита кальция, предусмотрена интенсификация процессов их смешения с водой и хлопьеобразования в дополнительных выносных камерах. Результаты пуско-наладки и последующей эксплуатации подтвердили эффективность принятых технических решений.

**UPGRADING OF «STRUYA» DEVICE FOR GROUNDWATER PRETREATMENT IN
KOMMUNISTICHESKIY, KHANTY-MANSY AUTONOMOUS DISTRICT**

Ermakov D.V., Sviridov V.V., Galkin Y.A., Kochnev L.L., Ulasovets E.A., Obadin D.N.

EKO-PROYEKT, Ekaterinburg, Russia

Shipitsin A.A.

EKO, Ekaterinburg, Russia

mail@eco-project.ru

Key words: artesian water, potable water treatment, «Struya» device, upgrading.

In Kommunistichesky, Khanty-Mancai Autonomous District, water quality of artesian wells does not meet SanPiN 2.1.4.1074-01 sanitary regulations. Water from the wells is characterized by high level of odor, turbidity, color, Fe, Mn, and Si. An engineering project of water treatment plant was designed by one project company provided using the two «Struya-M» devices and the feeding systems of Cl-containing oxidizing agent, inorganic coagulant and organic polymer in water. Technical research carried out by LLC «Eco» and LLC Scientific-project firm «Eco-project» showed the disadvantages of engineering project. A new technology of artesian water was developed. The engineering project was corrected. Lime, organic polymer and calcium hypochlorite were used. The additional outside chambers were made for improving processes of mixing and flocculation. The start-up results and further operation confirmed effectiveness of the technical decisions, which were suggested.

Источником централизованного питьевого водоснабжения пос. Коммунистический Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО) является подземная вода Куртамышского водного горизонта. Она не соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» по следующим показателям: запах (обусловлен растворенным в воде сероводородом), мутность, цветность, железо (общее), марганец, кремний. Необходимо отметить значительное содержание железа (до 36 мг/дм³), что обуславливает высокие показатели цветности и мутности. Рассчитанный индекс стабильности по Ланжелье равен $I = -3,07$, что свидетельствует о высокой коррозионной активности скважинной воды. Таким образом, технология подготовки питьевой воды должна решать две основные задачи:

- удаление вредных примесей (сероводород, взвешенные вещества, железо, марганец, кремний);
- стабилизация воды с целью исключения вторичного загрязнения воды продуктами коррозии стальных трубопроводов разводящей сети.

Разработчики проекта станции водоподготовки без проведения технологических изысканий привязали типовой проект 901-3-220.86 «Станция очистки воды поверхностных источников с содержанием взвешенных веществ до 1000 мг/л с

установками заводского изготовления типа «Струя», производительностью 800 м³/сут». Такое решение не позволило достаточно полно учесть фактическую характеристику подземных вод данного месторождения. По проекту вода подземных источников скважинными насосами перекачивается в баки-аэраторы, затем насосами II - го подъема вода через сетчатый фильтр подается на трубчатый отстойник, имеющий вихревую камеру хлопьеобразования. Перед сетчатым фильтром вводится коагулянт – сернокислый алюминий, а после сетчатого фильтра подается хлорреагент и полиакриламид. В вихревой камере установки должен происходить процесс хлопьеобразования, а в трубчатом отстойнике – разделение твердой и жидкой фаз. Осветленная вода проходит через скорый осветлительный фильтр. Очищенная вода (фильтрат) хлорируется и направляется в резервуары чистой воды, откуда насосами III - го подъема подается потребителям.

Заказчик строительства обратился в НПФ «ЭКО-ПРОЕКТ» с предложением о выполнении пуско-наладочных работ. На первом этапе совместно с Предприятием «ЭКО» были проведены технологические изыскания на воде артезианских скважин и анализ принятых ранее проектных решений. При выполнении данных работ установлено:

- даже при повышенном расходе реагентов (гипохлорит кальция – 18,5 мг/дм³ по «активному» хлору, сульфат алюминия – 30 мг/дм³ по безводной соли, полиакриламид – 1 мг/дм³) проектная схема не обеспечивает требуемой степени очистки – очищенная вода не отвечает требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 по остаточному содержанию железа, марганца, величине pH;
- общая расчетная продолжительность смешивания воды с реагентами составляет 21 с, что недостаточно и не соответствует данным, приведенным в нормативной и технической литературе;
- расчетная продолжительность пребывания воды в камере хлопьеобразования – 7,6 мин, при среднем градиенте интенсивности флокуляционного перемешивания – 6,6 с⁻¹, указанные параметры не являются оптимальными;
- количество свежееобразованного осадка при очистке по проектной схеме составляет 2,5 % от объема обрабатываемой воды, тогда при производительности установки «Струя» 17 м³/ч в течение часа будет образовываться 0,45 м³ осадка. Поскольку условия для уплотнения и постоянного отвода осадка в установке отсутствуют, а объем камеры хлопьеобразования составляет 2,3 м³, то через 5,5 ч работы вся

камера будет заполнена осадком, что приведет к нарушению нормального режима работы установки.

Учитывая недостатки проектной технологии, как в части реагентной схемы, так и в аппаратном оформлении процесса, выполнен комплекс работ с целью достижения требуемого качества очистки скважинной воды и обеспечения эффективной и надежной работы водоочистного оборудования. Результаты экспериментальной проверки запроектированной технологии и вновь разработанной приведены в таблице.

Таблица. Показатели качества исходной и очищенной воды

Показатель	Норматив *	Исходная вода	Очищенная вода	
			Гипохлорит кальция + сульфат алюминия + полиакриламид (Проектная схема)	Известь + органический флокулянт + гипохлорит кальция (Разработанная схема)
рН	6 ÷ 9	6,15 ÷ 6,30	5,7 ÷ 5,8	8,6 – 8,8
Цветность, градусы	20 (35)	до 170	–	25
Запах, баллы	2	3 (сероводород)	2	2
Железо (общее), мг/дм ³	0,3	11÷36	1,1 ÷ 1,6	≤ 0,2
Марганец, мг/дм ³	0,1	0,5÷2,2	–	≤ 0,1
Кремний, мг/дм ³	10,0	14,0	–	≤ 12,0
Индекс Ланжелье	± 0,25**	– 3,1	– 3,2	+ 0,3

Примечание: * – СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»; ** – по материалам технической литературы.

По результатам исследований предложена новая схема обработки воды, включающая следующие основные стадии:

- дегазация скважинной воды - удаление сероводорода и свободной углекислоты;
- обработка щелочным реагентом (известковым молоком) и органическим флокулянтom катионного типа с целью удаления железа, марганца и стабилизации очищенной воды;

– обеззараживание подготовленной воды хлорсодержащим реагентом (гипохлоритом кальция).

Разработанная двухступенчатая технология очистки воды является наиболее эффективной, предусматривает использование практически всего смонтированного оборудования и трубопроводов станции водоподготовки по ранее выполненному проекту, имеет меньшие эксплуатационные затраты.

В соответствии со схемой скважинная вода из двух артезианских скважин насосами подается в блок очистки станции водоподготовки. В блоке вода поступает на две независимые параллельно работающие технологические линии, в каждой из которых последовательно проходит расходомер, вентиляторную градирню для аэрации воды – отдувки сероводорода и углекислого газа. Дегазированная вода далее поступает в промежуточный бак, в который насосами-дозаторами подается суспензия извести. Из бака насосом II-го подъема вода подается в напорный вихревой смеситель для эффективного перемешивания с известью. Затем поток воды поступает во второй напорный вихревой смеситель для контакта с раствором органического флокулянта, который подается с помощью насоса-дозатора. Обработанная реагентами вода поступает в реконструированную установку «Струя». В очищенную воду дозируется раствор гипохлорита кальция для обеззараживания, после чего она поступает в объединенные резервуары чистой воды.

Суть реконструкции установки «Струя» заключается в установке дополнительных напорных смесителей воды с реагентами и выносных камер хлопьеобразования, подключенных к установке с помощью трубопроводов для транспортировки воды с хлопьями с неразрушающими скоростями. В выносной камере флокуляции происходит образование крупных хлопьев гидроксидов железа и марганца. Из выносной камеры вода поступает в верхнюю зону камеры хлопьеобразования установки «Струя». После нее в отстойной зоне происходит осаждение сформированных хлопьев, а осветленная вода переходит в напорный фильтр на доочистку.

Фотография станции водоподготовки после реконструкции приведена на рис. 1,2.



Рис. 1,2. Станция водоподготовки поселка Коммунистический. Установка «Струя» (слева) после дооборудования выносными камерами флокуляции (справа).



Результаты пуско-наладочных работ полностью подтвердили приведенные в таблице данные, полученные при экспериментальных исследованиях.

К сожалению, в процессе работы не удалось выяснить природу остаточной цветности воды (данный показатель остается на относительно высоком уровне). Цветность воды не снижается, как при обработке активированным углем, так и коагулянтом (сульфатом алюминия). Соединения, придающие цветность воде, устойчивы к действию окислителей (при величине остаточного «активного» хлора ~ 5 мг/дм³ цветность воды – 25 градусов), слабо сорбируются поверхностью свежесажженной гидроокиси железа. Вероятнее всего, цветность воды обусловлена трудно окисляемыми веществами органического или неорганического происхождения

молекулярной или коллоидной степени дисперсности. В последнем случае устойчивость коллоидных частиц обусловлена сольватно-адсорбционным фактором.

Согласно полученным данным, содержание кремния в очищенной воде превышает нормативную величину в 1,2 раза и составляет 12 мг/дм³ (при исходном содержании 14 мг/дм³). Поскольку процесс обескремнивания достаточно сложен и дорог, в то время как превышение норматива относительно небольшое – 2 мг/дм³, принято решение не включать на данном этапе реконструкции дополнительную стадию выделения кремния.

Таким образом, совершенствование технологии обработки воды и конструкции основного водоочистного оборудования, корректировки проекта и пуско-наладка станции водоподготовки пос. Коммунистический позволили при минимальных капитальных затратах добиться решения поставленной задачи – обеспечить жителей поселка качественной питьевой водой.

ПЕРЕРАБОТКА ДИСТИЛЛЕРНОЙ ЖИДКОСТИ – ОДНО ИЗ ВАЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПОВ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Засыпкин П.Д., Оболдина Г.А., Попов А.Н.

ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования
и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург, Россия

PavZa@bk.ru

Ключевые слова: наилучшие доступные технологии, переработка отходов, дистиллерная жидкость, альтернативные пути утилизации дистиллерной жидкости, хлористый кальций.

Реализация наилучших доступных технологий (НДТ) в сфере содового производства – это не только правильно подобранное современное оборудование, высокие энергоэффективность и производительность, но и другие технические параметры, в том числе одно из самых важных направлений развития НДТ, к которому должно стремиться каждое предприятие – это безотходность производства. От этого параметра напрямую зависит состояние/качество окружающей среды, и, следовательно, экономическое благополучие предприятия.

Актуальность данной темы заключается в необходимости совершенствования и повышения эффективности наилучших доступных технологий в области переработки отходов производства и, как следствие, регулирования негативного воздействия на окружающую среду. Представлен обзор альтернативных способов утилизации отходов содового производства с учетом экономической эффективности и современных мировых тенденций в области инженерной защиты окружающей среды. Приведены примеры успешной реализации программ по утилизации отходов содового производства – дистиллерной жидкости с получением товарных продуктов. Обоснована целесообразность изменения таксы экологических платежей с целью обеспечения эффективности переработки дистиллерной жидкости.

PROCESSING OF DISTILLED LIQUID AS ONE OF THE MAIN DIRECTIONS IN IMPLEMENTATION OF THE BEST AVAILABLE TECHNIQUES IN SODA PRODUCTION

Zasyrkin P.D., Oboldina G.A., Popov A.N.

RosNIIVKh, Ekaterinburg, Russia

Key words: best available techniques, processing of waste, distilled liquid, alternative methods of the distilled liquid utilization, calcium chloride

Today it is obvious that an important direction for the implementation of best available techniques (BAT) in the field of soda production is not only proper modern equipment, high efficiency and performance, but also other important technical parameters, among which is one of the most important directions of development of BAT, which should seek every enterprise is without waste. This parameter directly affects the condition/quality of the environment, and hence the economic welfare of the enterprise.

The relevance of this topic is the need to improve and increase the efficiency of the best available technologies in the field of waste production and, as a consequence - regulation of negative impact on the environment. The article provides an overview of some alternative ways of recycling soda production, taking into account economic efficiency and the modern world trends in the field of engineering protection of environment. The article provides examples of successful implementation of the program by recycling soda production - distilled liquid to produce salable products.

Сегодня при реализации принципов наилучших доступных технологий (НДТ) существует серьезная проблема по снижению негативного воздействия на окружающую природную среду отходов производства кальцинированной соды, произведенной по аммиачному способу, а именно, дистиллерной жидкости. Эта проблема актуальна для всех стран, где пользуются этим методом получения соды. Образуется большое количество отходов (дистиллерной жидкости и шлама), которые накапливаются в шламохранилищах (прудах-отстойниках) и частично сбрасываются в водные объекты, в связи с чем производство кальцинированной соды не может считаться экологичным и соответствующим наилучшим доступным технологиям в полной мере, т.к. шламохранилища, (так называемые «Белые моря»), занимают десятки

и даже сотни гектаров земельных участков, требуют больших капитальных затрат для своего строительства, реконструкции (в частности расширения для увеличения объемов накопления) и содержания. Сброс же дистиллерной жидкости в поверхностные воды ведет к неизбежной минерализации природных водоемов, существенному изменению и деградации водной экосистемы водоема-приемника. Все это увеличивает затраты на водоподготовку для хозяйственно-питьевого, промышленного водоснабжения, а также причиняет ущерб окружающей среде и здоровью населения, что не может не учитываться при реализации принципов НДТ.

Совершенно очевидно, что не только при увеличении мощности производства, но и просто для поддержания действующих нагрузок таких «неэкологичных» мероприятий как утилизация дистиллерной жидкости в белых морях и сброс ее осветленной части в водные объекты, явно недостаточно. Выходом из сложившейся проблемной ситуации являются альтернативные варианты утилизации дистиллерной жидкости и шлама, а именно переработка этих отходов в товарные продукты. Такой подход позволит решить (хотя бы частично) возникшие экологические проблемы, связанные с образованием отходов содового производства, в частности, дистиллерной жидкости.

В табл. 1 представлен состав дистиллерной жидкости.

Таблица 1. Состав дистиллерной жидкости, отхода содового производства [1]

Компонент	Содержание, г/л
CaCl_2	85–95
NaCl	45–50
CaCO_3	6–15
CaSO_4	3–5
$\text{Mg}(\text{OH})_2$	3–10
CaO	2–4
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$	1–3
SiO_2	1–4

Исследование состава отходов позволяет рассмотреть и планировать их переработку с получением товарной продукции. Хочется отметить, что в последнее время устанавливается положительная тенденция – на проблему переработки отходов предприятия разных секторов промышленности стали обращать больше внимания.

Хочется надеяться, что это обусловлено изменением сознания, повышением экологической ответственности.

Дистиллерная жидкость, представляет собой раствор хлоридов кальция и натрия, загрязненный примесями углекислого и сернокислого кальция, гашеной извести, песка и других веществ, находящихся в основном в твердой фазе. Исследование мирового опыта показывает, что из дистиллерной жидкости логично и рационально извлекать хлористый кальций с попутным получением соли (NaCl).

По предварительным технико-экономическим расчетам, производство хлорида кальция из дистиллерной жидкости – одно из самых эффективных направлений утилизации отходов содового производства.

За рубежом масштабы применения хлорида кальция весьма велики вследствие использования его для обеспыливания грунтовых и щебеночных дорог и при строительстве дорог. Периодическое (3 – 4 раза за летний сезон) нанесение раствора CaCl_2 устраняет пылеобразование. При строительстве дорог CaCl_2 используют в качестве одного из компонентов цемента-грунта – подстилающего слоя дороги. При строительстве 1 км силикатированной дороги расходуют ~ 3 т 75 % раствора CaCl_2 . [2]

Хлорид кальция используют в строительной отрасли, в производстве хлорида бария, красителей, в химико-фармацевтической промышленности, в нефтегазодобывающей, угольной, химической и других отраслях промышленности.

Примеры применения хлористого кальция в горной промышленности и других видах хозяйственной деятельности:

- эффективная защита от смерзания руды, угля и других сыпучих материалов при отрицательных температурах;
- обеспечение нормальных условий дорожного движения в жаркое и сухое время года на пылящих покрытиях проезжей части и неукрепленных обочинах, особенно в населенных пунктах, где необходимы работы по обеспыливанию;
- борьба с обледенением покрытий автомобильных дорог в зимних условиях;
- для утяжеления шин тракторов, что обеспечивает повышение их эксплуатационных характеристик: тяговое усилие шин трактора, срок их эксплуатации, экономия горючего;
- для понижения избыточной влажности воздуха в помещениях исследовательских и промышленных лабораторий, а также в транспортных контейнерах для предотвращения порчи товаров из-за избыточной влажности.

Хлорид кальция выпускают в виде раствора, плавленого продукта (порошкообразного, чешуйчатого или гранулированного), представляющего собой смесь двух- и четырехводного кристалло-гидратов, и в виде кальцинированного, обезвоженного продукта (порошкообразного или гранулированного).

Кальцинированный и плавленый хлорид кальция упаковывают в металлические барабаны, в полиэтиленовые или бумажные пятислойные битумированные мешки. Предложено перевозить его в железнодорожных цистернах, загружаемых горячим концентрированным раствором CaCl_2 , затвердевающим при естественном охлаждении. Для разгрузки в цистерну необходимо подать воду или разбавленный раствор в количестве, требующемся для получения стандартного раствора.

Существует несколько способов получения хлористого кальция из дистиллерной жидкости на основе различных методов: от выпаривания до фильтрации. Например, один из способов получения гранулированного хлористого кальция включает приготовление концентрированного раствора хлорида кальция из упаренной осветленной дистиллерной жидкости, последующее обезвоживание и кристаллизацию. В осветленную дистиллерную жидкость добавляют неионогенное ПАВ и упаривают ее до концентрации хлористого кальция 35–45 %, после чего подают на обезвоживание и кристаллизацию в сушилку-гранулятор. Фонтанирующий слой в сушилке-грануляторе создают потоком топочных газов, подаваемых в нее через центральный ввод, а кипящий слой создают потоком воздуха. Это позволяет интенсифицировать процесс сушки, утилизировать отход производства – дистиллерную жидкость с получением гранул хлористого кальция.

Технологическая схема приведена на рис. 1 [3].

Разумеется, получение хлорида кальция не единственный вариант переработки дистиллерной жидкости в товарную продукцию. Существует множество способов альтернативной утилизации отходов содового производства с получением товарной продукции. Например, в результате переработки 1 м³ дистиллерной жидкости можно получить в виде товарных продуктов, кг: 66,7 гидроксида кальция; 34,2 гидроксида натрия; хлора до 94,3 [4].

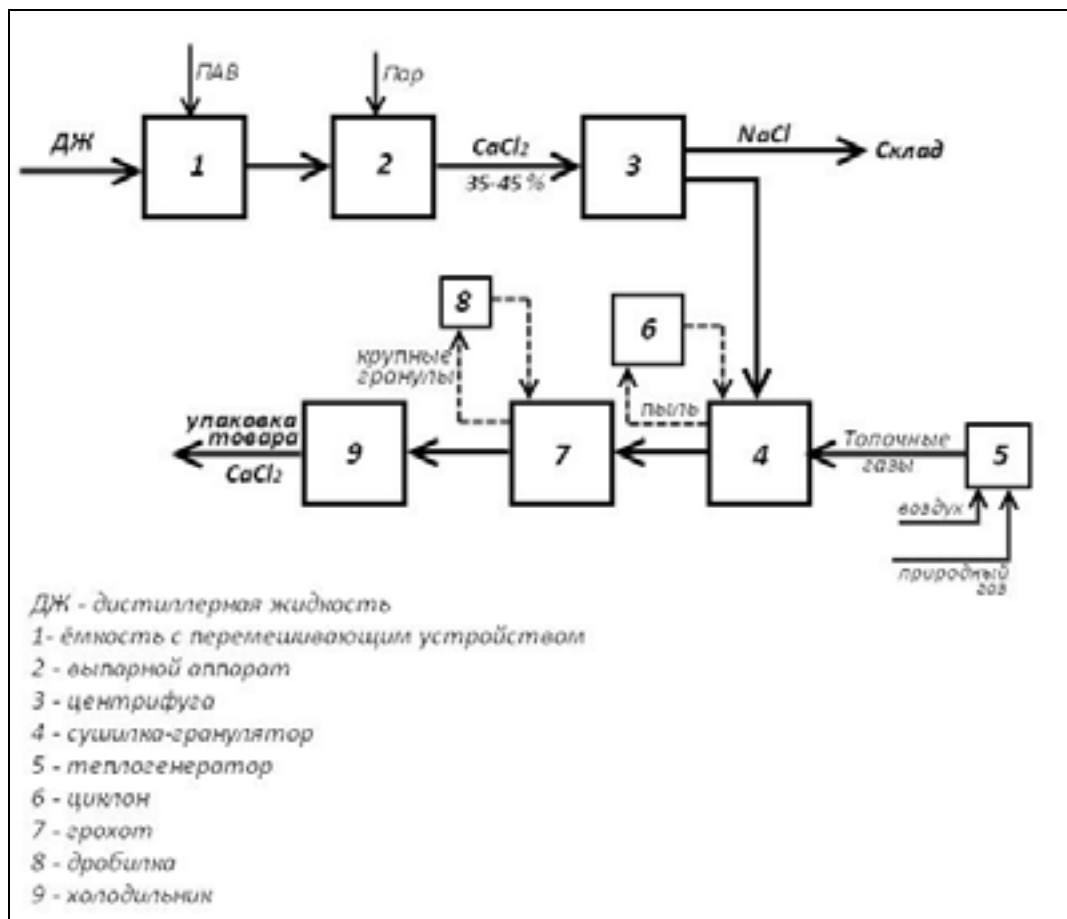


Рис. 1 Технологическая схема переработки дистиллерной жидкости с получением гранулированного хлористого кальция.

Наиболее важные альтернативные способы утилизации дистиллерной жидкости:

- получение (производство) хлорида кальция и хлорида натрия;
- получение пероксида кальция;
- получение карбоната кальция;
- закачка дистиллерной жидкости в нефтяные скважины и пласты;
- использование шлама в качестве мелиоранта и кормовой добавки;
- применение в строительной отрасли;
- получение химически осажженного мела;
- получение хлорида бария из шлама после выщелачивания плава сульфида бария;
- получение гидроксида натрия, гидроксида кальция и хлора;
- получение гидроксохлорида кальция;
- повторное использование в технологических процессах.

Схема точек отбора и способов альтернативной утилизации дистиллерной жидкости приведена на рис. 2.



Рис. 2. Возможные варианты альтернативной утилизации дистиллерной жидкости.

В настоящее время не существует универсальных способов, которые могли бы способствовать утилизации всего объема получаемой в процессе производства соды дистиллерной жидкости. Однако разработаны альтернативные методы утилизации дистиллерной жидкости, которые могут существенно снизить ее объемы поступления в шламохранилища и в перспективе обеспечить переработку уже накопленных. Технологии альтернативной переработки отходов известны и обязательно рекомендуются к применению на содовых производствах, тем более, что, как показывает мировая практика, это экономически выгодно самим предприятиям, причем учитывается не столько продажа продукции, сколько снижение затрат на эксплуатацию и модернизацию шламохранилищ и, конечно же, важная составляющая расходов – экологические платежи. Пример выполненных расчетов приведен ниже.

Выполнены расчеты материальных потоков и технико-экономических показателей различных схем утилизации дистиллерной жидкости на предприятиях содового производства. Установлено: чем выше концентрация примесей в

дистиллерной жидкости, тем больший экономический эффект имеет технология ее переработки.

В результате выполненных работ определена минимальная стоимость единицы вредного воздействия на окружающую среду, которая составляет 500 руб./ЕВ [5]. Исходя из этого, рассчитан вред, наносимый дистиллерной жидкостью до переработки в товарную продукцию и вред, получаемый от отходов производства после. Они соответственно составляют 1250 и 646 руб.

Переработка дистиллерной жидкости с получением товарной продукции снижает ее вред для окружающей среды вдвое. Безусловно, необходимо учитывать, что скорость и объем переработки отходов напрямую будут зависеть от спроса на товарную продукцию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Калинина Е.В.* Утилизация шламов карбоната кальция в производстве товарных продуктов строительной отрасли // Вестник ПНИПУ. Урбанистика. 2012. № 1. С. 97–113.
2. *Позин М.Е.* Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот). Л.: Изд-во «Химия», 1974. 792 с.
3. Пат. 2370443 Российская Федерация, МПК C01F11/24, C01F11/30, B01J2/16. Способ получения гранулированного хлористого кальция / Шатов А.А., Кутырев А.С., Тимофеев А.А., Мальцева И.Д., Байбулатов С.И.; патентообладатель Открытое акционерное общество «Сода» (ОАО "СОДА")., заявл. 11.10.2007; опубл. 20.10.2009.
4. Пат. 2476386 Российская Федерация, МПК C02F9/06, C01D7/18. Способ переработки дистиллерной жидкости аммиачно-содового производства / Быковский Н.А., Даминев Р.Р., Курбангалеева Л.Р., Фанакова Н.Н.; патентообладатель ФГБОУ ВПО Уфимский гос. нефтяной техн. ун-т; заявл. 16.09.2011; опубл. 27.02.2013.
5. *Касимова Е.М.* Основополагающий инструмент эффективного экономического механизма регулирования водопользования / Е.М. Касимова// Сб. докл. XIII Междунар. науч.-практ. симпозиума и выставки «Чистая вода России». Екатеринбург. ФГУП РосНИИВХ, 2015. С. 337–350.

ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ УПОТРЕБЛЕНИИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ (НА ПРИМЕРЕ Г. УССУРИЙСКА)

Ключников Д.А.

ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет», г. Уссурийск,

Приморский край, Россия

klyuchnikov_da@mail.ru

Ключевые слова: комплексная оценка, качество питьевой воды, водный фактор, Раковское водохранилище.

Проведена комплексная оценка особенностей формирования интегрального качества питьевой воды и риска водного фактора для здоровья населения в условиях централизованного водоснабжения. Определен индивидуальный и популяционный водно-обусловленный канцерогенный риск и риск не канцерогенных эффектов для здоровья населения. Наиболее потенциально опасными для здоровья человека являются воды Раковского водохранилища, за ними следуют воды колодцев общего пользования, самыми безопасными для здоровья являются воды скважинных водозаборов и питьевая вода коммунального водопровода.

DRINKING WATER CAUSED RISK FOR PUBLIC HEALTH (THE CITY OF USSURIYSK AS A STUDY CASE)

Klyuchnikov D.A.

Far East Federal University

klyuchnikov_da@mail.ru

Key words: comprehensive assessment, drinking water quality, water factor, Rakovskii Reservoir

Complex evaluation of the integral water quality and water factor public health risk features formation under the conditions of the centralized water supply was carried out. The report presents carcinogenicity and non-cancer health risk of the cross-border, interregional sources of drinking water. Rakowski Reservoir water is the most potentially dangerous to human health, water wells water rates second while water from borehole water intakes and municipal tap water are the safest for human health.

В России проблема качества питьевой воды стала особенно очевидной в настоящее время, когда специалисты заговорили о кризисе экономических, экологических и технологических вопросов [1]. Результаты исследований последних десятилетий показывают, что практически повсеместно качество воды поверхностных и подземных источников ухудшается по причине сброса в водоемы неочищенных хозяйственно-бытовых, промышленных, ливневых вод, содержащих патогенные микроорганизмы и токсичные химические соединения. Питьевая вода обеспечивает нормальную жизнедеятельность человека за счет сбалансированного водно-солевого обмена, поступления эссенциальных микро-макроэлементов, но может служить и источником поступления в организм вредных химических веществ, в т.ч. обладающих канцерогенным действием на здоровье настоящего и будущих поколений[2].

Целью исследования являлась комплексная оценка риска водного фактора для здоровья населения в условиях централизованного и нецентрализованного водоснабжения г. Уссурийска. В качестве методической основы при проведении основного этапа исследований использовалась традиционная процедура оценки риска, рекомендованная Агентством по охране окружающей среды ВОЗ и Федеральным центром Роспотребнадзора и др. Основная цель работы была достигнута с помощью использования методики оценки риска для здоровья населения в соответствии с Руководством Р 2.1.10.1920-04 с учетом особенностей воздействия химических веществ, обладающих санитарно-токсикологическим и канцерогенным эффектом воздействия, которая позволяет определить адекватные характеристики последствий для здоровья на основе сопоставления количественных уровней риска в настоящее время и в перспективе [3].

Использование процедуры оценки риска дает ряд преимуществ при разработке оздоровительных мероприятий по сравнению с традиционными методами регулирования, основанными на сопоставлении уровней фактического загрязнения с их нормативными величинами. Применение данной методологии, включающей два основных взаимосвязанных элемента – оценку риска и управление риском, позволяет в рамках единого процесса принятия решения получить количественные характеристики потенциального и реального ущерба здоровью населения от воздействия вредных факторов окружающей среды, на основе которых определяются пути (меры) снижения риска при имеющихся место ограничениях на ресурсы и время.

Из спектра исследованных веществ в воде источников централизованного и нецентрализованного водоснабжения отобраны для анализа железо, медь, кадмий, свинец, марганец, цинк, никель.

Среди идентифицированных веществ канцерогенным эффектом обладают свинец и кадмий (по классификации МАИР 1 и 2А, соответственно). Согласно существующей методологии), индивидуальный канцерогенный риск (рис.) относится ко второму диапазону (индивидуальный риск в течение всей жизни более 1×10^{-6} , но менее 1×10^{-4}), что соответствует предельно допустимому риску, т.е. верхней границе приемлемого риска. Для питьевой воды ВОЗ в качестве допустимого риска использует величину 1×10^{-5} . При появлении таких рисков в отдельных случаях проводятся дополнительные мероприятия по их снижению.

Оценка неканцерогенных рисков показала риск от воздействия питьевой воды колодцев общего пользования по всем показателям, кроме меди находится в приемлемых значениях, не превышает 1,0. Коэффициент опасности (HQ) меди в колодце №1 превышает 1,0 и составил 1,54, что говорит о вероятности развития у человека вредных эффектов при ежедневном поступлении данного вещества в течение жизни.

Следует отметить, что в структуре органов и систем, подвергаемых опасности вредного действия меди находятся печень, почки желудочно-кишечный тракт [4].

Суммарный индекс опасности HI (сумма коэффициентов опасности всех химических веществ) во всех источниках питьевого водоснабжения, кроме колодца № 1 не превышают допустимые значения. Отмечено значительное превышение допустимого уровня по суммарному индексу опасности в колодце № 1, значение HI составляет 1,76. Превышение данного показателя обусловлено в основном медью. Поэтому возможными путями сокращения до минимальных приемлемых уровней риска, то есть управление риском являются: умеренное употребление продуктов, содержание меди в которых не вызовет угроз здоровью человека, расширение рациона питания другими продуктами, употребление для питья воды с пониженным содержанием меди. Вместе с тем индексы опасности поражения критических органов и систем организма населения, употребляющих питьевую воду из источников централизованного и децентрализованного водоснабжения не превышали допустимый предел. Таким образом, вероятность развития у населения неканцерогенных эффектов в результате употребления питьевой воды колодцев общего пользования незначительна.

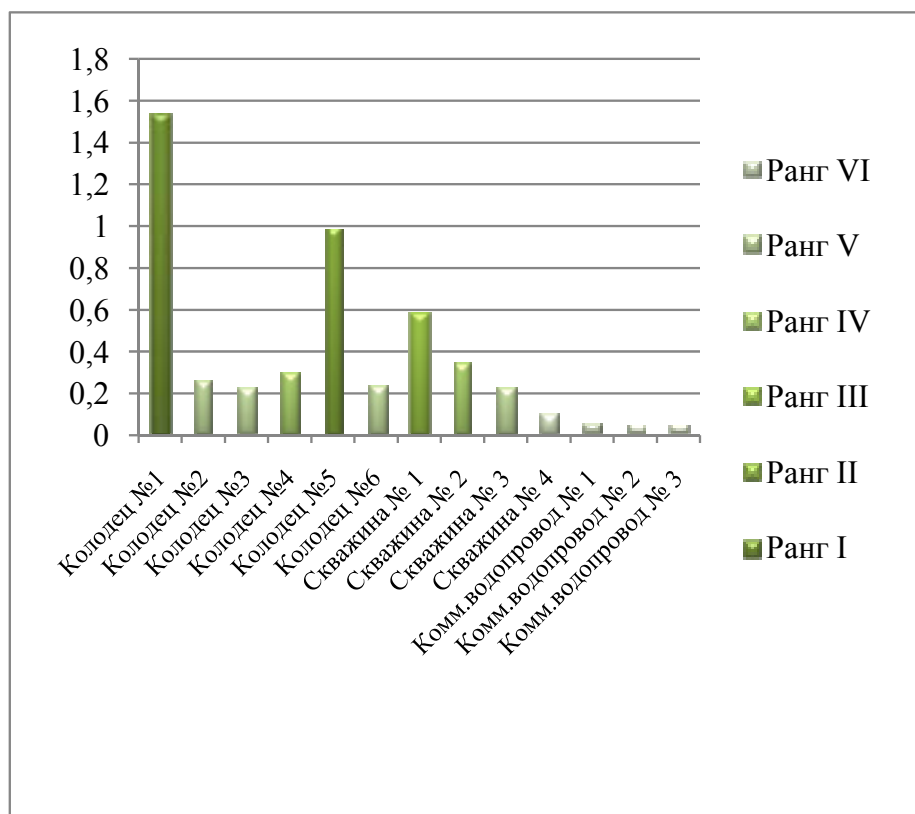
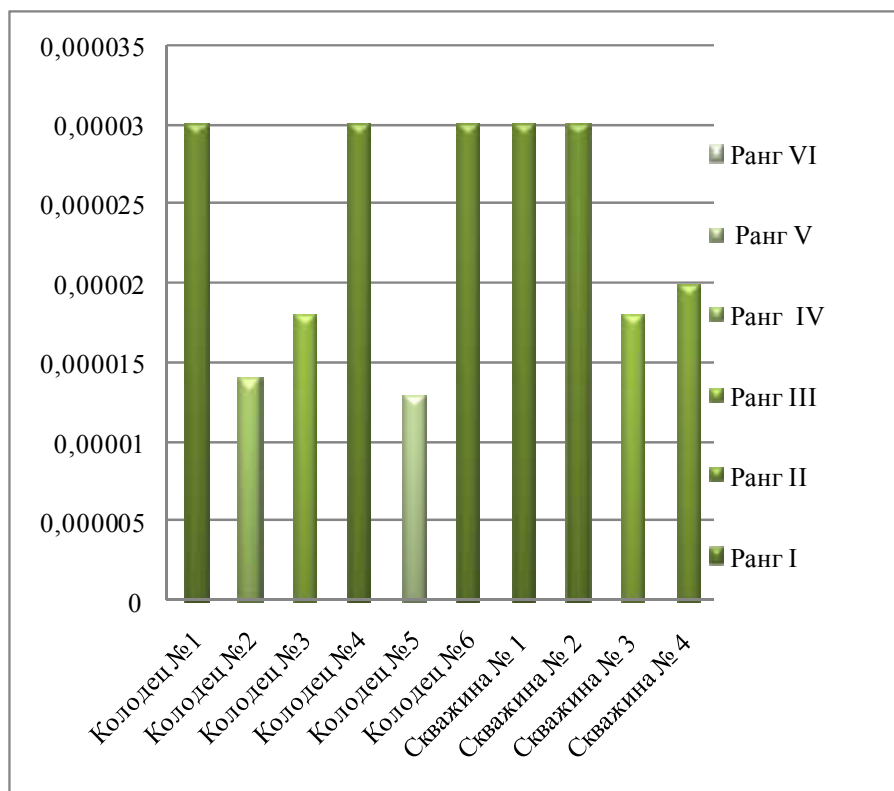


Рисунок. Ранжирование источников питьевого водопользования по величине суммарного канцерогенного и неканцерогенного риска.

Учитывая низкие показатели как канцерогенного, так и неканцерогенного (общетоксического) риска для населения г. Уссурийска, которые соответствуют предельно допустимому уровню, то есть верхней границе приемлемого риска, можно определить уровень риска как приемлемый [5, 6].

Таким образом, качество питьевой воды, условия водоснабжения населения города являются основой формирования показателей индивидуального здоровья городских жителей. Все это требует оптимизации условий водоснабжения населения крупного города и обеспечения их доброкачественной, физиологически полноценной питьевой водой. Необходимо учесть методологию оценки риска влияния качества питьевой воды на здоровье населения в системе эколого-гигиенического мониторинга. С помощью методологии оценки риска можно также проверить результативность и эффективность реализации планировочных и организационно-технических мероприятий в отношении снижения риска для здоровья населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Онищенко Г.Г.* Городская среда и здоровье человека // Гигиена и санитария. 2007. № 5. С. 3–4.
2. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2010 году: Государственный доклад. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 431 с.
3. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: ФЦ Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.
4. Жигайлов К.С., Ключников Д.А., Панкова Т.С. Система экологического менеджмента на предприятии (на примере ООО «Караван») Сб. материалов Молодежного экологического форума / под ред. Т. В. Галаниной, М. И. Баумгартэна. Кемерово. 2013. С. 132–135.
5. *Ковековдова Л.Т., Ключников Д.А.* Эколого-гигиеническая оценка воды из скважин и колодцев общего пользования // Вода: химия и экология. 2012. № 11. С. 22–26.
6. *Ключников Д.А.* Эколого-химическая оценка питьевых вод г. Уссурийска и влияние их качества на здоровье населения: автореф. дисс. ... канд. биол. наук, Дальневост. федеральный ун-т. Владивосток. 2013. 190 с.

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ЗАМКНУТЫЙ ВОДООБОРОТ

Ковзель В.М., Малышев А.Б., Молостова Л.В., Шабуров В.Ю.

ЗАО НПП «Машпром», г. Екатеринбург, Россия

office@mashprom.ru

Родина И.В., Линников О.Д.

Институт химии твердого тела УроРАН, г. Екатеринбург, Россия

Ключевые слова: очистка воды, выпарные установки, организация водооборота, безотказная работа.

Представлен практический опыт проектирования и эксплуатации установок очистки воды. Рассмотрены проблемы, связанные с эксплуатацией выпарных установок, показаны возможности оптимизации процессов очистки. Разработанные конструкции аппаратов и технологический режим их эксплуатации позволили обеспечить длительный межпромысловый период работы выпарного оборудования.

TECHNIQUE AND EQUIPMENT FOR INDUSTRIAL WASTE WATER PROCESSING INVOLVING CLOSED WATER CYCLE

Kovzel V.M., Malyshev A.B., Molostova L.V., Shaburov V.Y.,

MASHPROM, Ekaterinburg, Russia

office@mashprom.ru

Rodina I.V., Linnikov O.D.

Russian Academy of Sciences Ural Branch Institute of Chemistry of Solids, Ekaterinburg,
Russia

Key words: water treatment, evaporation equipment, water rotation arrangement, reliable operation.

Practical experience in designing and operation of water treating equipment has been presented. Issues concerning operation of evaporation plants are reviewed, possibilities of treatment process upgrading are shown. The developed apparatus design and a method of their operation enable to secure a long-term inter-washing period of evaporation equipment operation.

Как показывает анализ работы очистных сооружений промышленных предприятий, на абсолютном большинстве сооружений используются реагентные методы, в частности, очистка с выделением и отделением осадков тяжелых и цветных металлов. Все легкорастворимые соли (фосфаты, нитраты, хлориды, сульфаты, фториды) остаются в сточных водах. Это делает практически невозможным повторное использование данных вод в технологии и предприятия, как правило, сбрасывают их в промканализацию или близлежащие водоемы, что приводит к значительному загрязнению окружающей среды.

Перед разработчиками была поставлена задача спроектировать очистные сооружения, в состав которых входил бы узел по очистке стоков от легкорастворимых соединений с получением обессоленной воды требуемого качества и влажного осадка.

Одной из наиболее отработанных в аппаратном оформлении технологий, позволяющих решить данную задачу, является термическое обессоливание. Следует отметить, что как у нас в стране, так и за рубежом, на ряде промышленных предприятий успешно эксплуатируются выпарные и кристаллизационные установки.

Проблема состояла в том, что подлежащие очистке сточные воды имеют существенные отличия от технологических растворов:

- многообразие химического состава стоков (до 30 – 40 компонентов);
- переменный состав сточных вод;
- наличие большого количества взвеси;
- присутствие органики и накипеобразующих элементов;
- наличие легколетучих примесей, в частности аммиака;

Кроме этого, для сточных вод характерна высокая коррозионная агрессивность. Весьма существенным фактом является специфика очистных сооружений с точки зрения обеспечения технологической дисциплины и культуры производства. Следовательно, создаваемое оборудование должно быть простым в обслуживании и надежным в эксплуатации. Поэтому для разработки технологии выпаривания сточных вод потребовались дополнительные исследования по отработке технологии концентрирования и аппаратному оформлению.

Первые аппаратно-технологические схемы были разработаны специализированными организациями Росатома для переработки одних из наиболее токсичных сточных вод гальванических и травильных производств. На данных производствах образуются, как правило, два вида сбросных растворов: промывные

воды и отработанные концентрированные растворы из ванн травления и гальванических ванн.

Структурная схема очистных сооружений представлена на рис. 1 и включает три основных узла, предназначенных для очистки промывных вод на ионообменных фильтрах, для реагентной обработки концентрированных растворов и для переработки элюатов и обезвреженных концентрированных растворов на выпарной установке.

Первые очистные сооружения данного типа были запущены в 1987 г. на Уральском электромеханическом заводе (г. Екатеринбург). Позднее, аналогичные очистные сооружения были внедрены также на заводе «Сигнал» (г. Желтые воды, Украина), на приборном заводе (г. Саров, Нижегородская обл.), на Уральском электрохимическом комбинате (г. Новоуральск, Свердловская обл.). Следует отметить, что эти очистные сооружения были разработаны практически для всех приборных заводов Росатома. Применение выпарных аппаратов оригинальной конструкции, обеспечивающих эффективную работу при выпаривании растворов «на кристалл», и отстойной центрифуги, позволяющей разделять мелкодисперсную суспензию, позволило обеспечить замкнутый водооборот. Конечными продуктами переработки являлись обессоленная вода требуемого качества и кристаллический осадок с влажностью 13–15 %.

Пуск и последующая эксплуатация таких установок подтвердила правильность принятых технических решений. В первую очередь это касается типа примененных выпарных аппаратов. Как известно из практики эксплуатации выпарного оборудования, одним из узких мест в нем является образование инкрустаций на теплообменной поверхности. Это приводит к снижению коэффициента теплопередачи и, соответственно, уменьшению производительности аппаратов и очистных сооружений в целом.

Разработанные конструкции аппаратов и технологический режим их эксплуатации позволили обеспечить длительный межпромывочный период работы выпарного оборудования (3–6 месяцев). Это очень высокий показатель.

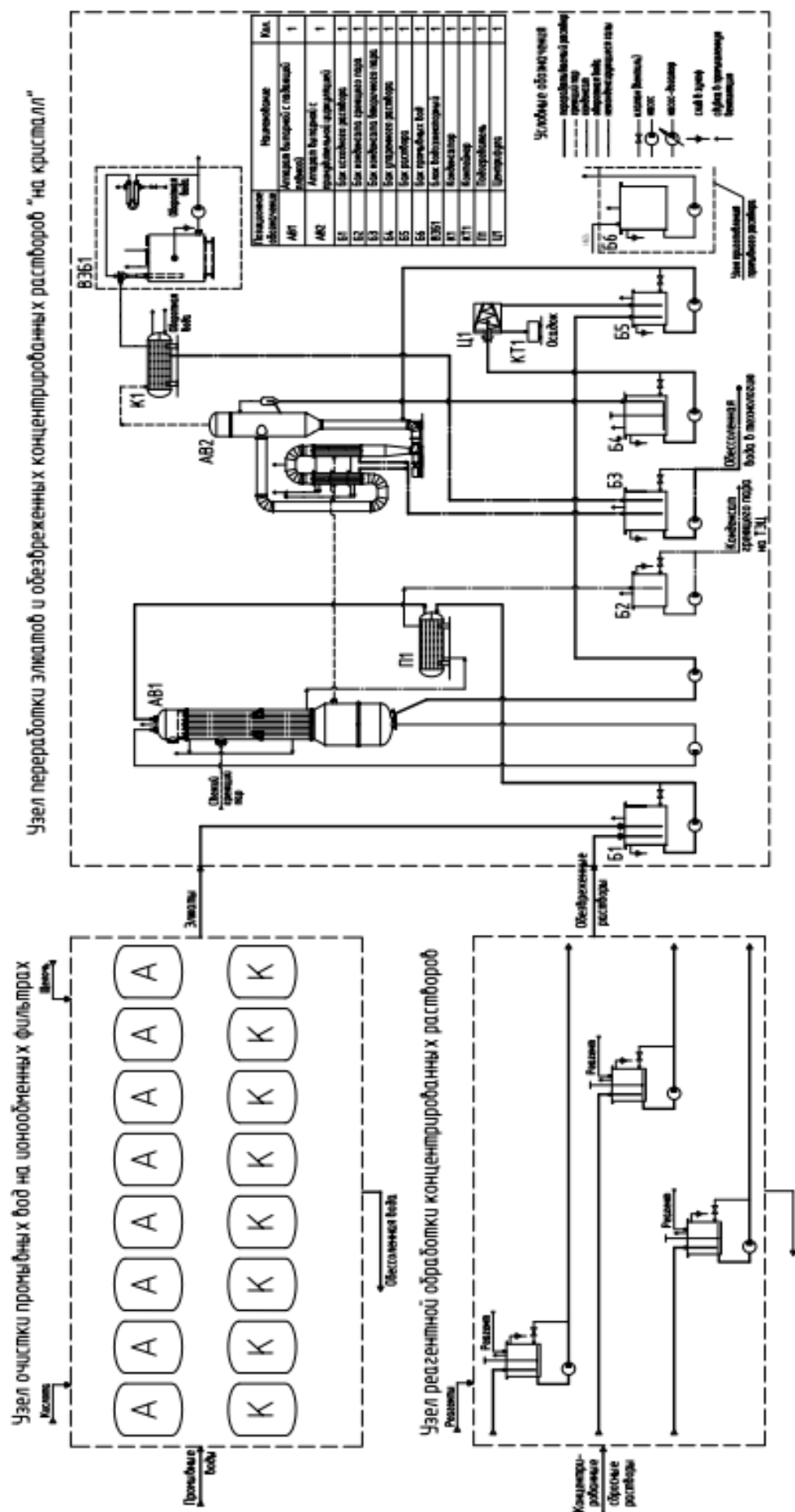


Рисунок 1 – Схема технологическая очистных сооружений

Получаемая обессоленная вода содержала не более 60–80 мг/л примесей и возвращалась в технологию. Влажность осадка не превышала 15 %. Он затаривался в мешки и отвозился в специальные неотапливаемые хранилища или на полигон бытовых отходов. Следует отметить, что его использование где-либо в технологии затруднялось многокомпонентностью состава. Возможный вариант применения – приготовление из него концентрированного рассола и закачка в отработанные нефтяные скважины с целью их консервации.

К сожалению, данная технология имеет и очень существенный недостаток. Количество получаемого осадка значительно превосходило количество примесей, поступающих со сточными водами на очистные сооружения. Как показал последующий анализ, основную долю в получаемом осадке, составляют реагенты, которые вводятся в процесс при регенерации ионообменных смол. Это обусловлено тем, что для вывода из смолы 1 грамм-моля примеси, необходимо затратить 3 – 4 грамм-моля кислоты или щелочи. Поэтому объем получаемого осадка был достаточно велик.

Учитывая данную ситуацию, была разработана альтернативная технология очистки сточных вод без использования ионного обмена. На рис. 2 и 3 представлены блок-схемы таких очистных сооружений. Данные установки разработаны для Уральского электрохимического комбината (г. Новоуральск) и Уральского оптико-механического завода (г. Екатеринбург).

Как отражено на приведенных блок-схемах, технология очистки включает реагентную обработку отдельных локальных стоков с выделением в твердую фазу гидроокисей металлов, смешение слабо концентрированных обезвреженных стоков с последующим сгущением и отделением осадка. Далее предусматривается разделение осветленных промывных вод. Часть потока направляется сначала на стадию концентрирования, где осуществляется процесс упаривания в многокорпусных выпарных установках, и далее совместно с концентрированным обезвреженным потоком отводится на узел выпаривания «на кристалл». Получаемый влажный осадок солей затаривается и вывозится на полигон, а обессоленная вода смешивается с оставшейся частью осветленной воды и направляется в основное производство. Соотношение количества разделяемых потоков зависит от требований к качеству воды, возвращаемой на повторное использование.

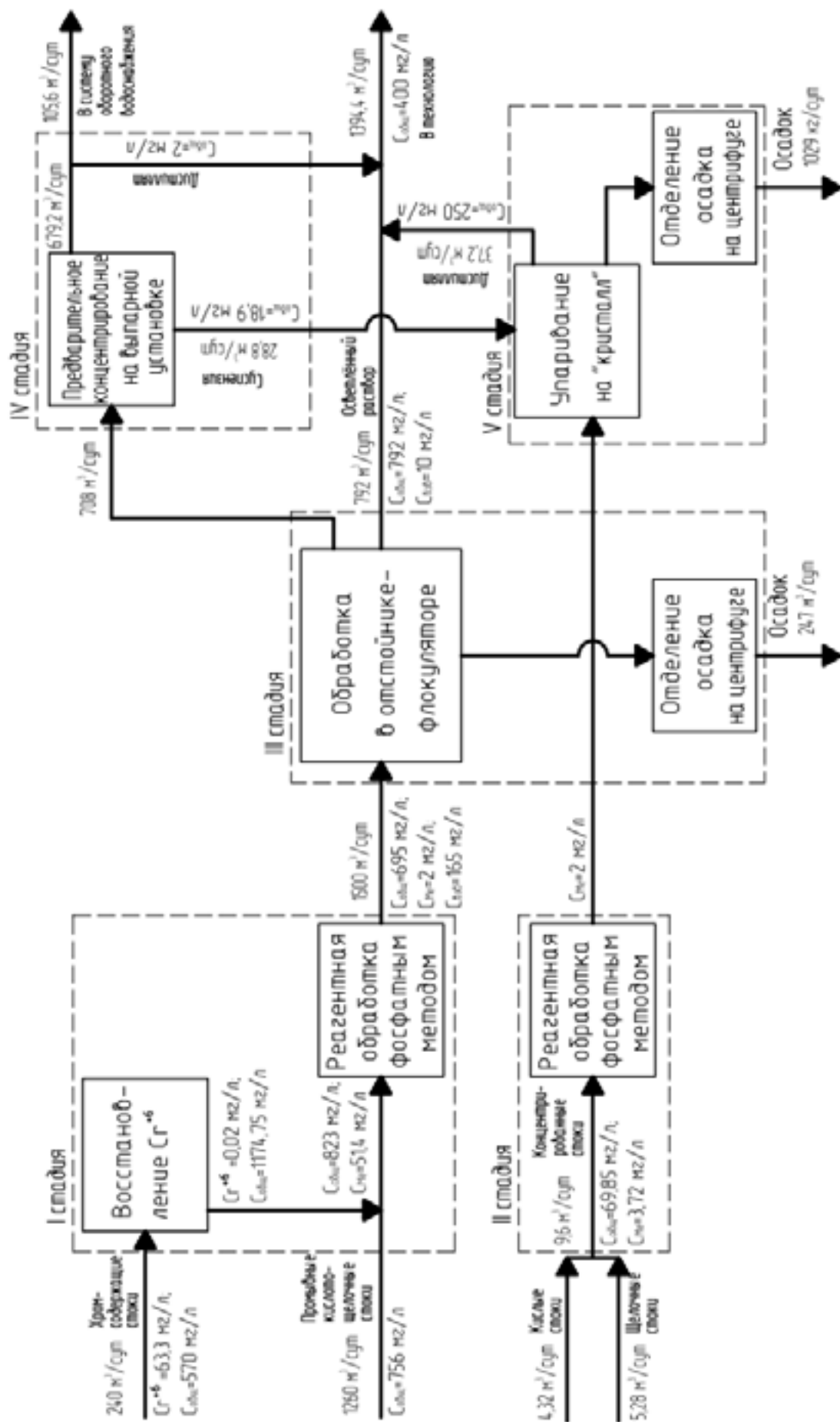


Рисунок 2 – Блок-схема переработки промстоков на ОАО "Уральский оптико-механический завод"

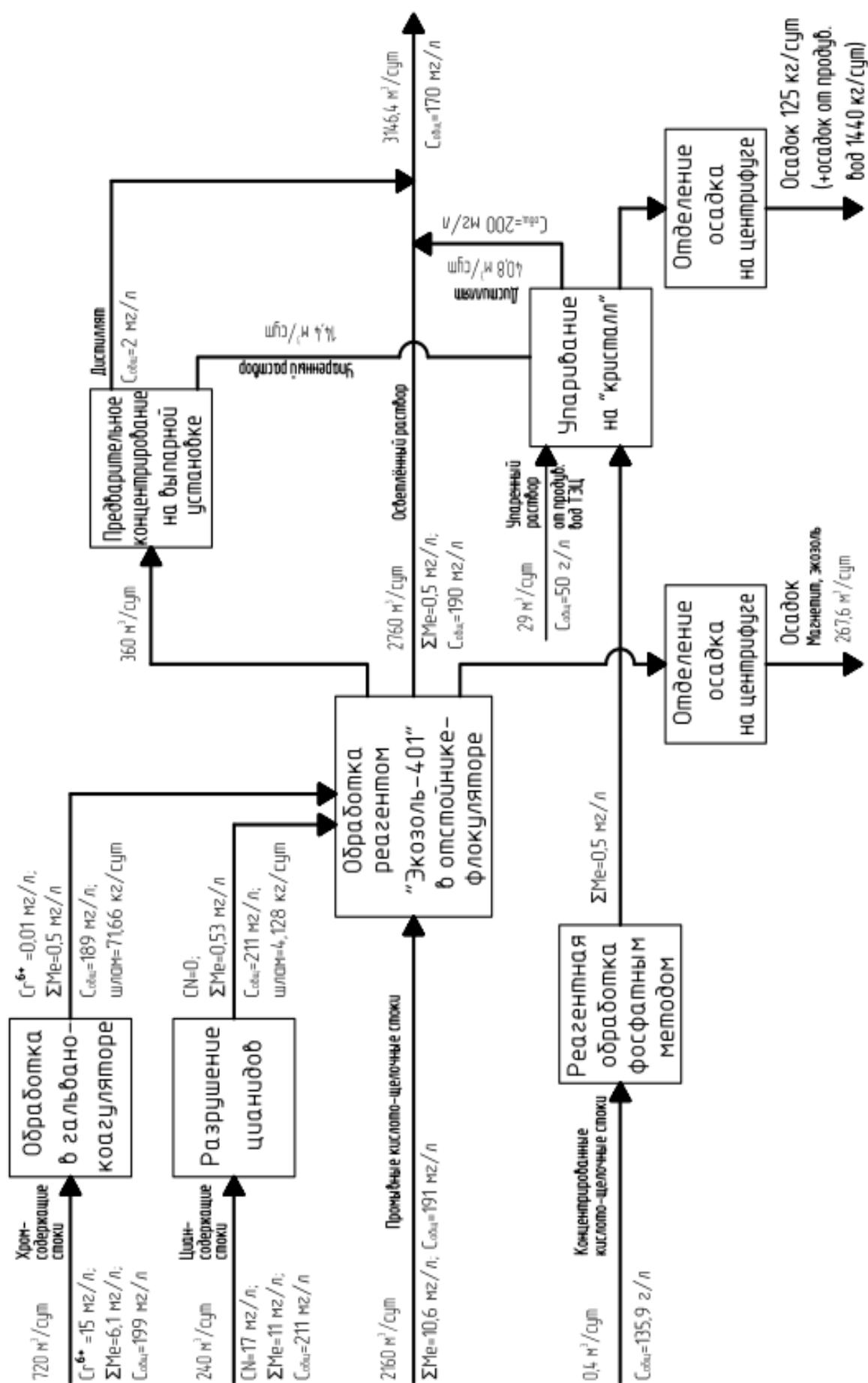


Рисунок 3 – Блок-схема переработки гальваносток на ОАО "Уральский электро-химический комбинат"

Реализация данной технологии позволяет снизить расход реагентов в 3–4 раза и, соответственно, значительно уменьшить количество получаемых осадков. Кроме того, учитывая «всеядность» выпарного оборудования, данная технология обеспечивает требуемую очистку сточных вод при значительных изменениях в них как качественного, так и количественного состава примесей, а также непосредственно объемов поступающих стоков.

Следует отметить, что Госстандарт России выдал сертификат соответствия № РОСС RU.11301.C00036 на вышеприведенные проектные решения.

Вместе с тем, при реализации данной технологии возрастают затраты свежего греющего пара и оборотной воды. При одинаковом расходе сточных вод на очистные сооружения 100–150 м³/ч, в процессе очистки сточных вод по технологии, представленной на рисунке 1, непосредственно на выпарную установку отводится 5–7 м³/ч концентрированных растворов (так как основная масса сточных вод очищается на ионообменных установках). Соответственно расход свежего греющего пара составляет 2–3 т/ч и оборотной воды 75–120 м³/ч.

При работе по варианту, показанному на рисунках 2 и 3, количество растворов, поступающих на выпаривание, варьируется от 20 до 40 м³/ч. Поэтому, даже при использовании многокорпусных выпарных установок, расход свежего греющего пара составляет 6–9 т/ч и оборотной воды 220–300 м³/ч.

Для снижения этих затрат разработаны комплексные технологические схемы очистки, куда составной частью входит узел предварительного концентрирования методом обратного осмоса. Один из вариантов технологии очистки с использованием обратноосмотической установки представлен на рис. 4. Очистные сооружения включают:

- стадию умягчения исходных сточных вод и отделения солей жесткости;
- стадию доочистки осветленного раствора и предварительного концентрирования умягченных стоков на обратноосмотической установке (ООУ);
- стадию переработки концентрированных растворов «на кристалл».

Такие схемы были созданы для переработки сточных вод на Белорусском металлургическом заводе, для ОАО «Северсталь» (очистка стоков из выпуска №3 в р. Кошта), для переработки стоков после химводоподготовки на Костромской ГРЭС. Данный вариант бессточной технологии очистки позволяет снизить потребление свежего греющего пара и оборотной воды в 3–4 раза. Потребление реагентов также сравнительно невелико. Но с точки зрения организации процесса очистки, здесь

требование к соблюдению всех параметров процесса гораздо выше, чем в ранее рассмотренных технологиях. И это в первую очередь касается стадии предподготовки умягченной воды и последующего концентрирования на ООУ. Наличие даже малых количеств органики, взвеси, окислителей приводит к значительному ухудшению эксплуатационных характеристик мембран и к необходимости более частой их замены. Кроме того, в отличие от выпарной техники, мембраны ООУ очень чувствительны к изменению состава примесей в исходных стоках.

Пренебрежение этими требованиями может привести к резкому уменьшению пропускной способности данного технологического предела и, соответственно, всех очистных сооружений. Кроме того, эффективность работы ООУ зависит от солесодержания поступающих на нее стоков. По мнению специалистов, оптимальный диапазон концентраций для работы ООУ составляет 1–25 г/л. При концентрации солей в стоках более 25 г/л энергозатраты, а также стоимость мембран значительно возрастают, а очистка на ООУ растворов, содержащих более 80 г/л примесей, возможно только с использованием специальных дорогостоящих «морских» мембран. Поэтому решение, какой из вариантов технологии очистки сточных вод, обеспечивающих замкнутый водооборот, использовать, принимается совместно разработчиком и заказчиком с учетом конкретных особенностей сточных вод и их солесодержание, требование к качеству очистки, наличие и стоимость энергоносителей, требуемая площадь под размещение и т.д.

Отдельно хотелось бы отметить технические решения в плане создания технологий и оборудования для регенерации отработанных технологических растворов с получением продуктов, пригодных для повторного использования. Это, в частности, установки для переработки сбросных растворов, образующихся в производстве циркония и гафния на площадке ГНПП «Цирконий» (г. Днепродзержинск, Украина). Аппаратурно-технологическая схема установки представлена на рис. 5. Она включает двухкорпусную прямоточную выпарную установку, оснащенную выпарными аппаратами с принудительной циркуляцией. В данных аппаратах осуществляется концентрирование исходного азотнокислого раствора и отгонка паров азотной кислоты, которые направляются в ректификационную колонну. В ней осуществляется укрепление кислоты до 56–57 %.

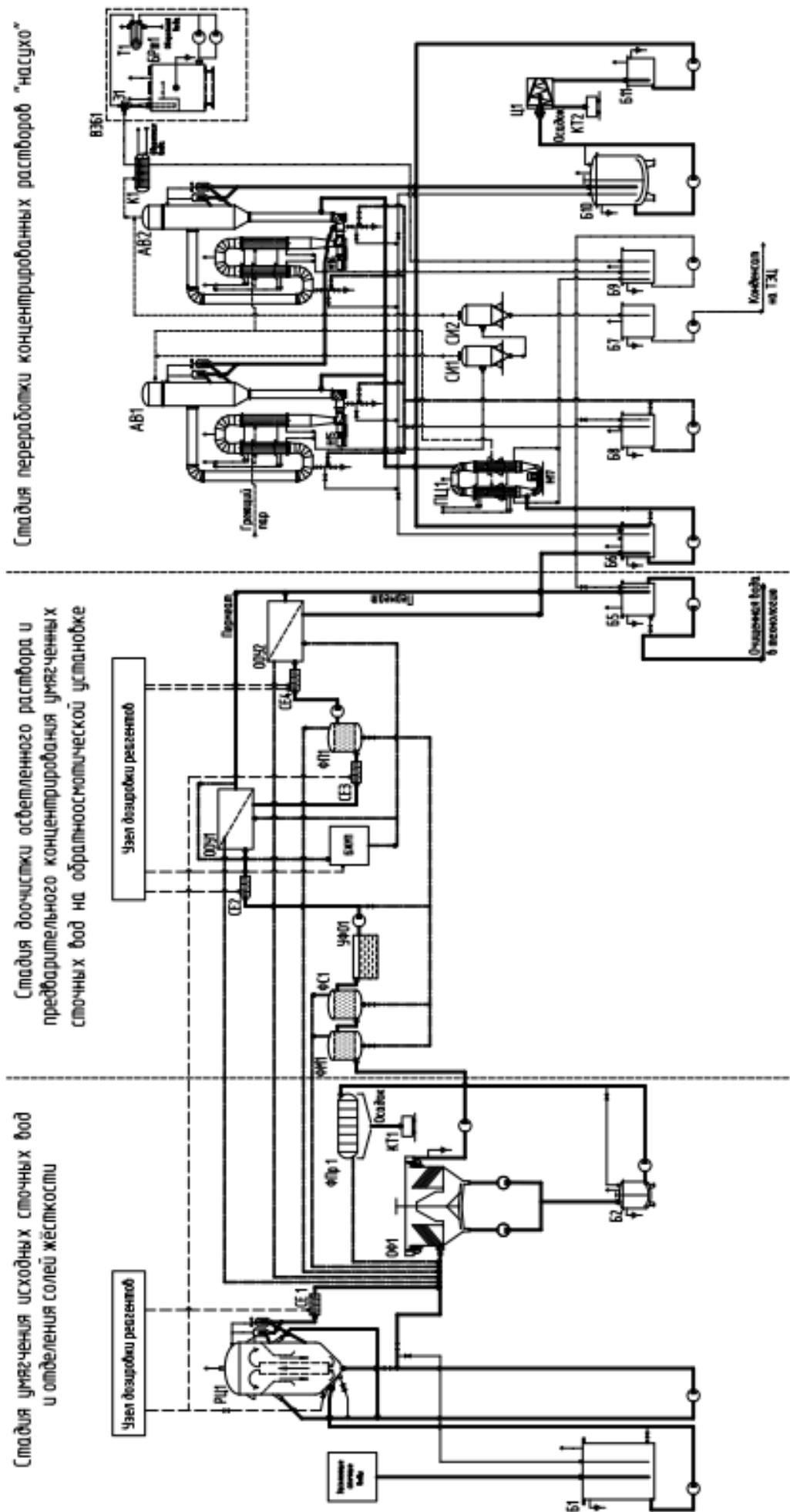


Рисунок 4 – Схема технологическая комплекса очистных установок по переработке засоленных сточных вод

Конечными продуктами переработки являются слабоконцентрированный раствор HNO_3 (конденсат вторичного пара после 1 корпуса и очищенный конденсат после ректификационной колонны), концентрированная азотная кислота, концентрированный раствор. Все продукты переработки возвращаются в производство. Это позволяет говорить о реализации практически бессточной технологии переработки сбросных растворов. Данная установка была пущена в 2010 г. и в настоящее время находится в постоянной промышленной эксплуатации.

Аналогичного типа установки были разработаны и для переработки растворов, содержащих значительное количество аммиака. Следует отметить, что на производстве образуется достаточно большое количество сточных вод, содержащих соединения аммиака, а очистка их от данных соединений представляет достаточно серьезную задачу. Как показали ранее проведенные исследования на стендовых установках, выделить аммиак можно только выпариванием. При этом очень большое значение на полноту извлечения аммиака из раствора оказывают водородный показатель, температура и кратность упаривания поступающих на очистку сточных вод. Спроектированные в ЗАО НПП «Машпром» установки позволяют решить поставленную задачу. Конечными продуктами очистки на данных установках являются 20 % раствор аммиачной воды, обессоленная вода и осадок солей с влажностью 15 %.

Как показывает практика эксплуатации очистных сооружений, залогом их успешной работы являются: надежность применяемого оборудования; простота в эксплуатации и возможность очистки сточных вод различного химического состава.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ
РАЙОНА «АКАДЕМИЧЕСКИЙ»**

Колесов Ю.В., Супрун Н.В., Лерман И.Б., Пакулин Е.Н., Казанцев Д.В.

ОАО «Уралгипромет», г. Екатеринбург, Россия

Шишмаков С.Ю.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени Первого президента России

Б.Н.Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

kolesovjv@Uralgipromet.ru

Ключевые слова: проектирование, биореактор, технология MBR, биологическая очистка.

Для строящегося жилого района «Академический» г. Екатеринбурга была разработана проектная документация очистных сооружений биологической очистки канализационных сточных вод производительностью 15 000 м³/сут. В качестве одной из стадий очистки применена современная технология очистки сточных вод в мембранных биореакторах (технология MBR). Вода, полученная в результате очистки, будет использована на ТЭЦ в качестве охлаждающей.

**«AKADEMICHESKIY» DISTRICT SEWAGE TREATMENT FACILITIES
DESIGNING**

Kolesov J.V., Suprun N.V., Lerman I.B., Pakulin E.N., Kazantsev D.V.

JSC «Uralgipromet»,

Shishmakov S.U.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

kolesovjv@Uralgipromet.ru

Key words: designing, bioreactor, MBR technology, biological treatment.

For the residential area Akademicheskii being constructed in Yekaterinburg project documentation of sewage wastewater biological treatment facilities with capacity of 15 000 m³/day was developed. As one of the treatment stages the modern technology of waste water treatment in membrane bioreactors (MBR technology) is applied. Water obtained as a result of treatment can be used at thermal power station as cooling water. This solution enables to use water resources rationally.

Одним из самых крупных жилых районов, строящихся в г. Екатеринбурге, является «Академический». В районе кроме строительства жилых объектов осуществляется возведение детских садов, школ, больниц, а также собственной ТЭЦ «Академическая», для работы которой потребуется большое количество охлаждающей воды. При этом охлаждающая вода должна быть хорошего качества: показатели БПК и взвешенных веществ – на уровне 3 мг/дм^3 , ХПК – 30 мг/дм^3 , нефтепродуктов – 0.05 мг/дм^3 .

При возведении жилого района «Академический» застройщиком «Ренова Стройгрупп» было принято решение о разработке проектной документации для строительства очистных сооружений биологической очистки коммунальных сточных вод, принимающих стоки всего района с учетом этапности строительства. Проект выполнялся ОАО «Уралгипромет».

Сложность и неординарность задачи заключалась в том, чтобы обеспечить стабильно высокое качество очищенных сточных вод района «Академический» для водоснабжения строящейся ТЭЦ. Расположить очистные сооружения предстояло на небольшой территории, примыкающей непосредственно к жилью, которое попадало в санитарно-защитную зону.

Количество образующихся сточных вод увеличивается по мере ввода объектов в эксплуатацию. В связи с этим, для снижения первичных капитальных затрат на приобретение основного технологического оборудования, строительство очистных сооружений было запланировано в две очереди. В первую очередь спроектировано строительство всех необходимых зданий и сооружений, а также установка оборудования, обеспечивающего необходимую производительность для первой очереди. Во вторую очередь строительства проектом предусмотрено доукомплектовать действующее предприятие оборудованием, необходимым для обеспечения полной заданной производительности очистных сооружений. При этом производительность очистных сооружений составит:

- $7\,500 \text{ м}^3/\text{сут}$ сточных вод, первая очередь строительства;
- $7\,500 \text{ м}^3/\text{сут}$ сточных вод, вторая очередь строительства. Полное развитие – $15\,000 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Очищенная вода в количестве до $7000 \text{ м}^3/\text{сут}$ будет использоваться для технического водоснабжения ТЭЦ «Академическая» в летний период, а остальная сбрасываться в р. Патрушиха.

Технологическая схема очистки сточных вод, предусмотренная проектом, включает следующие стадии:

- механическая очистка без первичного отстаивания;
- биологическая очистка в соответствии с технологией MBR;
- доочистка сточных вод в мембранных блоках;
- узел дефосфатизации;
- узел дозирования субстрата для обеспечения процесса денитрификации;
- ультрафиолетовое обеззараживание сточных вод;
- обезвоживание избыточного ила на центрифугах.

Технология MBR является инновационной, в отечественной практике не используется.

Проектирование очистных сооружений сотрудниками ОАО «Уралгипромез» осуществлялось на основании базового инжиниринга, проведенного фирмой ООО «Полюс» г. Будапешт (Венгрия).

В соответствии с предложенной технологией очистка сточных вод осуществляется в аэротенках, на выходе из которых установлены погружные мембранные блоки. К мембранным блокам подведена линия подачи воздуха, линия откачки очищенной воды (пермеата) и линия промывки мембран. Откачка пермеата осуществляется из межмембранного пространства мембранного блока с помощью насосов, при этом сточные воды и активный ил фильтруются через поверхность мембран снаружи во внутрь. В результате фильтрации очищенная вода поступает по напорным трубопроводам в установку ультрафиолетового обезвоживания, а активный ил задерживается в мембранном резервуаре и поддерживается во взвешенном состоянии за счет аэрации. По данной технологии можно поддерживать дозу ила до 8 – 10 г/дм³ и выше. Высокая доза ила соответствует большей продолжительности процесса аэрации и обеспечивает глубокую очистку сточных вод от органических соединений. При этом достигается большая минерализация и значительное сокращение объемов избыточного ила.

Из мембранных биореакторов осуществляется постоянная циркуляция сточных вод и активного ила в аэрационные бассейны, а также выпуск избыточного ила в резервуар. Циркуляция и выпуск осуществляются по системе желобов, самотеком. Избыточный ил насосами транспортируется из резервуара на участок обезвоживания осадка.

Всего для производительности 15 000 м³/сут сточных вод нами предусмотрена установка 12 мембранных биореакторов. В каждом мембранном биореакторе планируется установить 10 мембранных блоков, всего 120 шт. Тип применяемых мембранных блоков – TMR1400-200D производства фирмы «TORAY».

При обработке сточных вод по технологии мембранных биореакторов достигается:

- удаление из очищенной воды взвешенных частиц и БПК до концентраций в 3 мг/дм³;
- постоянство качества очищенных сточных вод, необходимое для нужд ТЭЦ;
- частичное обеззараживание воды достигается за счет того, что поры мембран имеют меньший размер, чем размеры клеток микроорганизмов, в частности, бактерий. Эффективность удаления бактерий составляет 99,999 %, вирусов – 99,9 %. Непосредственно после МБР очищенная вода может быть направлена на повторное использование для технических целей. Для полного обеззараживания воды предусмотрена установка УФ – обеззараживания.

Применение технологии MBR позволило в значительной степени уменьшить производственные площади за счет исключения из технологии крупногабаритных вторичных отстойников.

Обработка образующихся осадков на объекте ограничивается обезвоживанием в связи с недостатком территории. Стабилизация и дегельминтизация осадков будет производиться на специально созданном участке на полигоне отходов. Вывоз обезвоженных осадков будет производиться ежесуточно. Использование центрифуг обеспечит отсутствие на объекте неприятных запахов.

В результате совместного обсуждения предложенной разработчиком технологии в проектную документацию был внесен ряд существенных изменений и дополнений. Так, например, в ходе разработки проекта заменено оборудование механической очистки на оборудование немецкой фирмы «Huber», т. к. предложенное оборудование не имело разрешительной документации для применения в России. В результате использования комбинированных установок фирмы «Huber» скомпоновать отделение механической очистки удалось на площадях в два раза меньших, чем в первоначальном варианте.

Следует отметить, что в первоначальном варианте базового инжиниринга отсутствовала технология обеззараживания очищенной воды. По мнению авторов статьи, для обеззараживания сточных вод перед выпуском в водный объект

фильтрации через поры мембран недостаточно. Поэтому в проекте был дополнительно заложен узел УФ-обеззараживания. Для удаления из воды фосфатов и некоторых других примесей предусматривалось использование установок обратного осмоса. Однако использование обратного осмоса сопровождается получением больших объемов солевого концентрата, утилизация которого затруднительна, а скорее невозможна. Поэтому было принято решение исключить обратный осмос из технологии, а часть фосфатов, не удаленных за счет биологических процессов, извлекать методом реагентной обработки с применением в качестве коагулянта раствора сульфата железа III.

Расположение очистных сооружений запланировали на площадке в непосредственной близости к существующей канализационной насосной станции, которая осуществляет перекачку стоков от района. На данной территории расположены очистные сооружения дождевой канализации. Такое расположение очистных сооружений позволяет не только в значительной степени снизить протяженность канализационных сетей, но и разместить рядом очистные сооружения коммунальных и ливневых стоков, что делает их обслуживание более удобным и сокращает территорию для размещения КОС. Для уменьшения санитарно-защитной зоны очистных сооружений было принято решение о проектировании полностью «закрытых» очистных сооружений с санитарной очисткой воздуха, удаляемого системами общеобменной вентиляции. В качестве оборудования очистки заложены абсорбционные- селективные фильтры, обеспечивающие очистку воздуха от различных веществ с последующим рассеиванием до норм ПДК на границе санитарно-защитной зоны. В результате чего была достигнута возможность организации минимальной санитарно-защитной зоны вокруг очистных сооружений.

Запроектированный ОАО «Уралгипромез» объект во многом экспериментальный. Инновационная технология очистки сточных вод позволит стабильно получать воду необходимого качества, которую можно использовать для различных технических целей, в т.ч. в теплоэнергетике.

**ВНУТРЕННИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РЕЗУЛЬТАТОВ
ИЗМЕРЕНИЙ. НОВОЕ В РМГ 76-2014**

Кропанев А.Ю., Тоболкина Н.В., Степанов А.С., Шпаков С.В., Пономарева О.Б.

ФГУП «Уральский научно-исследовательский институт метрологии»,

г. Екатеринбург, Россия

metod224@uniim.ru

Ключевые слова: контроль, погрешность, неопределенность, контрольные карты Шухарта, показатели точности, показатель повторяемости, показатель воспроизводимости, метод «варьирования навесок», журналы контроля.

В докладе, представленном авторами новой редакции РМГ 76, рассмотрены изменения, внесенные в новую редакцию РМГ 76-2014, которая вступит в действие с 1 января 2016 года взамен действующих в настоящее время РМГ 76-2004 и МИ 2335-2003. В докладе подробно рассказано о целях внесения изменений, о новых возможностях для аналитических и испытательных лабораторий в области организации внутрилабораторного контроля качества результатов измерений.

**INTERNAL CONTROL OF MEASUREMENT RESULTS QUALITY.
NOVEL ELEMENTS IN PMG 76-2014**

Kropanev A.Y., Tobolkina N.V., Stepanov A.S., Shpakov S.V., Ponomaryova O.B.

Urals Research Institute for Metrology,

Ekaterinburg, Russia

metod224@uniim.ru

Key words: control, error, uncertainty, Shuhkart control charts, accuracy index, repeatability index, reproducibility index, “weight variation” method «варьирования навесок», inspection log.

There were some changes made in the new version of PMG 76-2014. They are described in the report by the authors of the new version of PMG 76. This new version of PMG 76-2014 will come into effect starting January 1, 2016 replacing currently valid PMG 76-2004 and МИ 2335-2003. The report explains the aims of the changes, some new possibilities for analytical and testing laboratories in the field of internal quality control of the measurement results within laboratories.

Новая редакция РМГ 76-2014 вступит в действие с 1 января 2016 года взамен действующих в настоящее время РМГ 76-2004 и МИ 2335-2003.

В новую редакцию РМГ 76 внесены следующие, наиболее существенные, изменения и дополнения,

1. В разделе «Общие положения» подчеркивается, что в соответствии с ГОСТ ИСО/МЭК 17025 любая испытательная лаборатория должна располагать процедурами управления качеством с тем, чтобы контролировать достоверность проведенных испытаний (анализа), основным элементом подтверждения достоверности результатов анализа является реализация в лаборатории процедур внутреннего контроля качества результатов анализа.

Внутренний контроль качества результатов анализа проводят для методик анализа с установленными показателями качества. Показатели качества методики анализа могут быть представлены в нормативном документе (НД) на методику анализа не только в виде характеристики погрешности и ее составляющих но и в виде расширенной неопределенности и ее составляющих. В новой редакции РМГ 76 сохранена возможность представления показателей качества в терминах погрешности и добавлены способы представления показателей качества в терминах неопределенности.

2. В этом же разделе указано, что организации и проведению внутреннего контроля качества результатов анализа должна предшествовать процедура внедрения методик анализа в лаборатории (например, [1]). При внедрении методики по процедуре [1], показатель точности результатов анализа может быть принят равным показателю точности методики анализа.

3. Показатели качества результатов анализа в виде характеристики погрешности и ее составляющих или в виде расширенной неопределенности и ее составляющих могут быть установлены с использованием алгоритмов, приведенных в приложении В.

Алгоритмы Приложения В существенно доработаны, предложены способы расчета показателей правильности и точности в случае значимости величины смещения.

4. Разработано новое Приложение М «Оценка показателей качества результатов анализа в виде расширенной неопределенности и ее составляющих на основе результатов контрольных процедур» в котором приводятся алгоритмы оценки показателей качества результатов анализа по результатам построения контрольных карт Шухарта в терминах неопределенности.

5. Несколько ограничено применение способа оценки показателей качества умножением на коэффициент, равный 0,84. В разделе 4.5.3 установлено, что только в случае получения при внедрении методики статистических оценок показателей качества существенно меньше установленных в методике, показатели качества результатов анализа можно определять расчетным способом, умножая соответствующий показатель качества методики анализа на коэффициент, равный 0,84.

В предыдущей редакции было рекомендовано для начальных этапов организации внутрилабораторного контроля применение способа оценки показателей качества умножением на коэффициент, равный 0,84, но что такое «начальный этап организации контроля» и сколько он может продолжаться, указано не было.

6. Показатели качества результатов анализа, нормативы контроля, а также статистические оценки показателей качества результатов анализа рекомендовано представлять числом, содержащим не более двух значащих цифр. Для промежуточных результатов расчета рекомендуется сохранять третью значащую цифру. При записи окончательного результата третью значащую цифру округляют в большую сторону.

7. Для случая, когда показатель точности методики измерений сформирован с использованием бюджета неопределенности, пример выбора составляющих бюджета неопределенности приведен в приложении Г.

8. Внутренний контроль качества результатов анализа в лаборатории необходимо реализовать на регулярной основе. Возможен контроль не всей процедуры анализа, а значимых составляющих характеристики погрешности (бюджета неопределенности).

9. Более четко разделены варианты проведения оперативного контроля и установлена их связь с контролем стабильности.

Оперативный контроль процедуры анализа проводят:

1) при появлении факторов, которые могут повлиять на стабильность процесса анализа (смена партии реактивов, использование СИ после ремонта и т.д.);

2) при получении двух из трех последовательных результатов анализа рабочих проб на основе числа результатов параллельных определений большего, чем предусмотрено методикой анализа.

Проведение оперативного контроля процедуры анализа в 1) и 2) случаях предупреждает появление неудовлетворительных результатов рабочих измерений и не носит плановый характер. В этом случае оперативный контроль процедуры анализа в обязательном порядке должен быть дополнен контролем стабильности результатов анализа.

3) оперативный контроль процедуры анализа может быть реализован с каждой серией рабочих проб (оперативный контроль по плану). Проведение такого контроля носит плановый характер и позволяет проводить практически 100 % контроль качества результатов рабочих измерений. Поэтому результаты контрольных измерений, полученные при оперативном контроле процедуры анализа, проводимом с каждой серией рабочих проб, могут быть использованы при реализации любой из форм контроля стабильности и позволят осуществлять оперативное управление качеством анализа (применяя установленные при работе, например, с контрольными картами правила рассмотрения возникающих ситуаций). В этом случае могут не проводиться дополнительные контрольные измерения для контроля стабильности.

10. Если принято решение о проведении контроля не всей процедуры измерений, а ее частей (части), например, при организации контроля качества результатов анализа для методик анализа воздушных сред, которые можно разделить на стадии отбора аналитической пробы и собственно аналитическую стадию, контрольные измерения проводят применительно к этим частям (стадиям) процедуры измерений.

11. Если методика анализа предусматривает получение результата анализа на основе результатов параллельных определений, проводят проверку приемлемости (эта процедура не является контролем повторяемости) результатов параллельных определений в соответствии с текстом НД на методику анализа [2, 3]. Только в некоторых случаях оперативный контроль повторяемости целесообразно проводить для методик, в которых установлено, что результат единичного определения является результатом анализа.

12. Более четко, без дополнительных условий и ограничений установлено, что если в соответствии с одной процедурой анализа предусмотрено определения нескольких компонентов с использованием одного СИ, то допустимо проведение внутреннего контроля качества результатов анализа применительно к одному-двум выбранным компонентам (компоненты по которым будет вестись контроль качества результатов анализа выбирают с учетом следующих параметров:

- компонент с максимальным значением показателя точности результатов анализа для соответствующего диапазона измерений;

- наиболее плохо определяющийся компонент (например, при хроматографическом анализе компонент, элюирующийся в конце хроматограммы или один из неполностью разделяемых компонентов при регламентированных в методике условиях разделения).

При планировании работ по организации контроля в этом случае целесообразна периодическая смена контролируемых компонентов.

13. Нецелесообразность проведения избыточного контроля показана и в п. 4.36.4, в котором сказано, что если в течение года проводят разовые измерения по каким-либо методикам анализа, то для этих методик контроль стабильности результатов анализа не проводят. В этом случае проводят оперативный контроль процедуры анализа параллельно с каждым рабочим измерением.

14. В п.4.38 дана рекомендация о допустимости оформления журналов контроля в электронном виде при наличии системы допуска и защиты информации, отраженной в Руководстве по качеству лаборатории и о ведении журналов оперативного контроля, контроля стабильности, в том числе построения контрольных карт Шухарта с помощью компьютерных лабораторно-информационных систем (ЛИС), разработанных по [4], прошедшие тестирование либо аттестацию по [5].

15. В новой редакции предложен алгоритм оперативного контроля процедуры анализа с применением метода «варьирования навески». Метод «варьирования навески» при операциях с количеством вещества (масса или число молей) аналогичен методу разбавления в отсутствии разбавляющего вещества, соответственно и математический аппарат аналогичен математическому аппарату метода разбавления. Алгоритм метода «варьирования навески» при оперировании с массовыми концентрациями, массовыми долями и т.д. приведен в разделе 5.9.

16. Для удобства использования метода добавок и метода разбавления в сочетании с методом добавок в Приложении Ж приведены унифицированные расчетные формулы для расчета концентраций и величин добавок.

17. В п. 5.13 введен алгоритм контроля внутрилабораторной прецизионности результатов анализа.

18. В разделе 6.1.13.1 предложены алгоритмы построения контрольных карт Шухарта по контролю погрешности методом «варьирования навесок». Приведены все расчетные формулы для построения контрольных карт Шухарта в единицах измеряемых содержаний, в приведенных величинах и в относительных величинах.

19. При расчете новых значений показателей повторяемости и показателей внутрилабораторной прецизионности по данным полученным при построении контрольных карт Шухарта было неясно, в каких случаях считать по той или иной формуле из двух приведенных в тексте. Даны четкие указания (п.6.3.2.5) по каким формулам считать в том или ином случае.

20. Исключен алгоритм контроля стабильности результатов анализа построением контрольных карт кумулятивных сумм. При использовании такого алгоритма предлагается опираться на [2]

21. Примеры построения контрольных карт Шухарта приведены в приложении Е. Вместо одного примера, в котором было три контрольные карты, представлено два примера, и построено семь контрольных карт по контролю повторяемости, внутрилабораторной прецизионности, погрешности (неопределенности) в единицах измеряемых содержаний и в относительных величинах методом с образцом для контроля, методом добавок, с добавкой постоянной для всех рабочих проб и с добавкой индивидуальной для каждой рабочей пробы. В этих примерах подробно объяснены расчеты границ регулирования контрольных карт, результатов контрольных процедур, расчет числа результатов необходимых для достоверной оценки новых значений показателей качества и расчет этих новых значений.

22. Пересмотрены действия при сравнении полученной в результате построения контрольной карты Шухарта оценки показателя точности результатов анализа Δ'_L с ранее принятым значением показателя точности результатов анализа Δ_L .

Например, если Δ'_L удовлетворяет условию $\Delta'_L \leq \Delta_L$, то для дальнейшего использования может быть принято значение показателя точности результатов анализа из диапазона от Δ'_L до Δ_L . В предыдущей версии документа принималось для дальнейшего использования только значение Δ'_L .

23. Новая редакция приложения Ж. Пользование таблицами для определения числа результатов контрольных процедур, необходимых для достоверной оценки новых значений характеристик погрешности было неудобным. Значения неопределенности приводились через 5 результатов контрольных процедур, в новой редакции без пропусков.

24. Создано Приложение Л, в котором приведены алгоритмы оценки показателей качества результатов анализа в виде расширенной неопределенности и ее составляющих на основе результатов контрольных процедур, получаемых при построении контрольных карт Шухарта.

25. В случае невозможности использования таблиц для определения числа результатов контрольных процедур, необходимых для достоверной оценки новых

значений характеристик погрешности (коэффициент $\gamma > 2.2$), представлен альтернативный вариант расчета по формулам [6] в виде отдельного Приложения Л.

В целом следует подчеркнуть, что применение этого документа позволит расширить возможности лабораторий по проведению внутрилабораторного контроля качества результатов измерений

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по метрологии Р 50.2.060–2008 ГСИ. Внедрение стандартизованных методик количественного химического анализа в лаборатории. Подтверждение соответствия установленным требованиям.
2. ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 6. Использование значений точности на практике.
3. МИ 2881-2004 ГСИ. Методики количественного химического анализа. Процедуры проверки приемлемости результатов анализа.
4. ГОСТ Р 53798–2010 Стандартное руководство по лабораторным информационным менеджмент-системам (ЛИМС).
5. МИ 2174–91 ГСИ. Аттестация алгоритмов и программ обработки данных при измерениях. Основные положения.
6. ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения.

ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГОРОДА КОПЕЙСКА

Крупнова Т.Г., Вебер С.В.

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет», г. Челябинск, Россия

krupnovatg@mail.ru

Ключевые слова: очистка сточных вод, городские сточные воды, биологическая очистка, осадки сточных вод, технология Геотуб.

Проанализировано состояние очистных сооружений сточных вод города Копейска. В работе показано, что в настоящее время нагрузка на очистные сооружения превышает проектную в три раза, концентрации загрязняющих веществ в очищенных сточных водах выше нормативных по БПК₅ в 20,5 раза, по азоту аммонийному в 35 раз, по азоту нитратов в 23 раза, по фосфору фосфатов в 5 раз. Предложены варианты решения проблем очистки сточных вод и обработки осадков.

PROBLEMS OF KOPEISK CITY WASTEWATER TREATMENT

Krupnova T.G., Veber S. V.

South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia

krupnovatg@mail.ru

Keywords: wastewater treatment, municipal wastewater, biological treatment, sludge, Geotub technology

The article deals with the condition on the wastewater treatment plants of the Kopeisk city. It is shown that at present, the actual load on wastewater treatment facilities 3 times exceeds the design load, the concentration of pollutants in the effluent is 20.5 times higher than the standard for BOD₅, 35 times higher for ammonium nitrogen, 23 times higher for nitrate nitrogen, and 5 times for phosphate phosphorus. Solutions on wastewater treatment and sludge treatment problems are proposed.

В последние годы в Копейске – городе-спутнике Челябинска наблюдается бурный рост строительства жилья. Однако модернизация и расширение инженерных

сетей и сооружений водоснабжения и водоотведения идет не настолько быстрыми темпами, как необходимо. Это привело к тому, что средний износ канализационных сетей и сооружений на данный момент равен 74 %. Вследствие износа сетей, потери воды в сетях и утечки составляют до 26 %. Объемы сточных вод (33 тыс. м³/сут) превышают проектную производительность (12 тыс. м³/сут) почти в три раза. Иловые площадки переполнены осадками, что представляет очевидную экологическую угрозу состоянию окружающей среды города. Назрела необходимость строительства второй очереди очистных сооружений с применением современных методов и аппаратов очистки.

Схема существующих очистных сооружений г. Копейска представлена на рис. 1.

В настоящее время городские сточные воды г. Копейска проходят механическую очистку на решетках, песколовках и в первичных отстойниках. Крупные загрязнения задерживаются на решетках с ручным удалением отбросов, которые установлены в лотках перед песколовками и после них. Минеральные вещества задерживаются в двух песколовках с круговым движением воды. Осадок из песколовок перекачивается с помощью гидроэлеватора на две песковые площадки для обезвоживания. Площадки оборудованы вертикальным и горизонтальным дренажом. Дренажная вода поступает в первичные отстойники. Первичное отстаивание производится в 6 вертикальных отстойниках, отстойники круглые в плане, диаметром 7,0 м каждый.

После первичного отстаивания стоки распределительными лотками разделяются на три потока. По первому лотку сточные воды из 4-х отстойников (с 1-ого по 4-й) в количестве 41 % от общего расхода направляются по распределительным лоткам в аэротенки. Биологическая очистка проводится в аэротенках вытеснителях длиной 37,3 м и рабочей глубиной 3,15 м. Воздух для аэрации подается из воздухопроводной станции. Аэраторы выполнены из пластмассовых труб.

Из аэротенков вода поступает в 4 вторичных вертикальных отстойника первой очереди диаметром 7,0 м каждый, где происходит отстаивание, и затем очищенная вода направляется в контактные резервуары.

По второму лотку сточные воды после первичного отстаивания в количестве 54 % направляются сразу в четыре вторичных отстойника второй очереди (без биологической очистки). Диаметр отстойников 9,0 м каждый. После отстаивания стоки смешиваются со стоками, прошедшими биологическую очистку, и поступают в контактные резервуары.

По третьему лотку стоки в количестве 5 % от общего расхода, прошедшие только первичное отстаивание, смешиваются с очищенными стоками из контактного резервуара и сбрасываются в оз. Курлады.

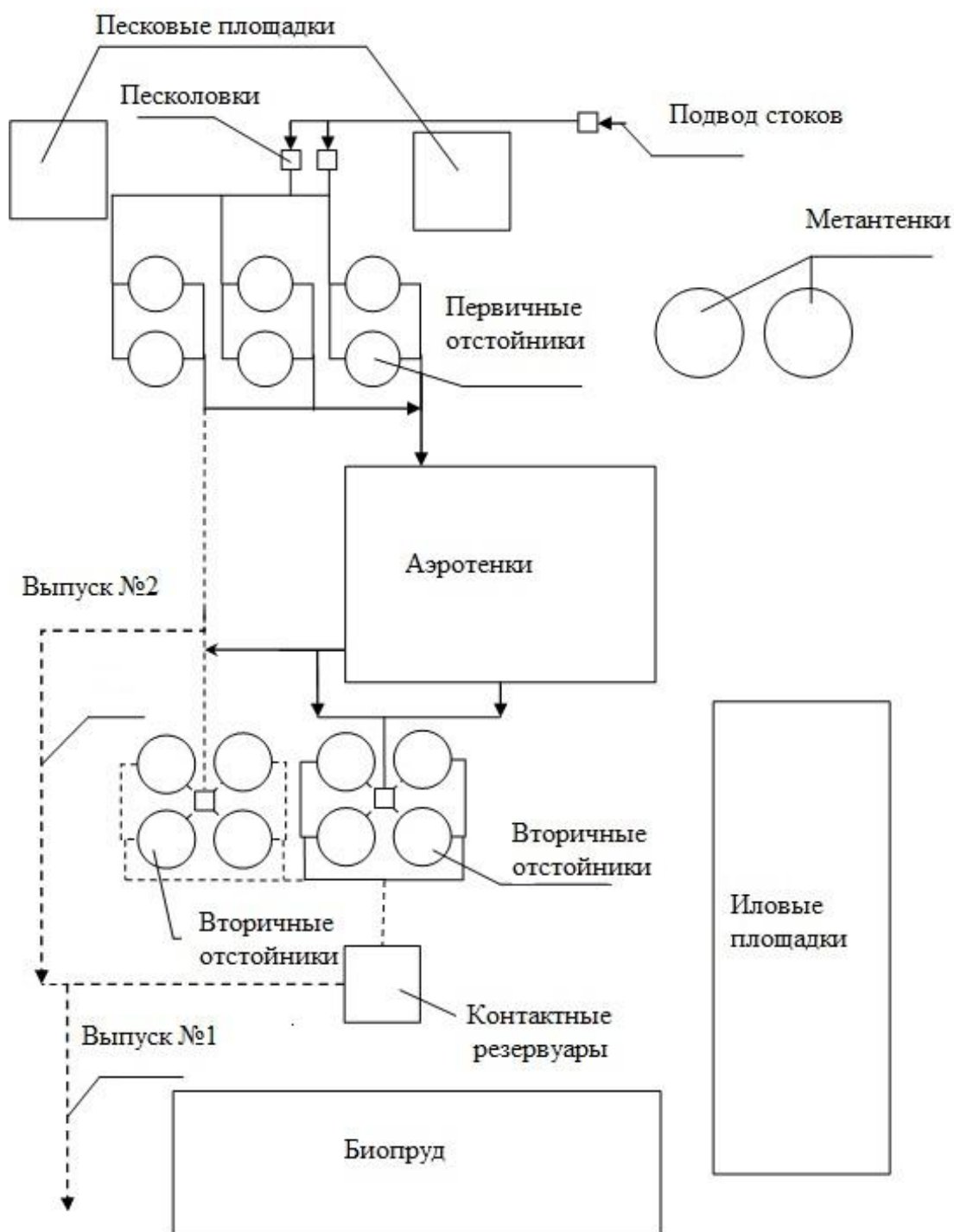


Рис.1. Схема существующих очистных сооружений сточных вод.

Обеззараживание сбрасываемых сточных вод производится с помощью газообразного хлора. Хлорная вода подается в контактные резервуары.

Осадок из первичных отстойников и избыточный активный ил из вторичных отстойников подается в метантенки, где происходит мезофильное сбраживание последнего, после чего осадок направляется на иловые площадки для обезвоживания. Иловая вода после иловых площадок подается насосами в голову очистных сооружений на песколовку. В настоящее время иловые площадки занимают значительные площади, вывоз осадка с них в достаточных объемах не производится.

Налажен приборный учет количества сточных вод поступающих на ОСК. Расход измеряется с помощью лотка Вентури, выполненного в прямоугольном проводящем лотке, по которому сточные воды после песколовок поступают в первичные отстойники. Над лотком установлен прибор ЭХО-Р.

Выпуск сточных вод ведется в мелководную часть озера. Выпуск очищенных сточных вод производится из контактных резервуаров по трубопроводу диаметром 600 мм. Сточные воды, прошедшие очистку только в первичных отстойниках, отводятся по трубопроводу диаметром 800 мм. Далее трубопроводы объединяются и одним общим выпуском сбрасываются в озеро. Водовыпускное устройство для транспортировки сточных вод к месту выпуска представляет собой канаву шириной 3 м и глубиной 1,5 м. Тип выпуска береговой [1].

Результаты лабораторного анализа показали, что существующая система очистки не обеспечивает соблюдения нормативов, установленных для сброса в водный объект по большинству показателей.

Динамика изменения БПК₅ в процессе очистки сточных вод представлена на рис. 2.

Как показано на диаграмме, нормативное значение БПК₅ в очищенной воде не достигается. Это следствие того, что более половины объема сточных вод не подвергается биологической очистки.

Динамика изменения концентрации взвешенных веществ в процессе очистки сточных вод представлена на рис. 3.

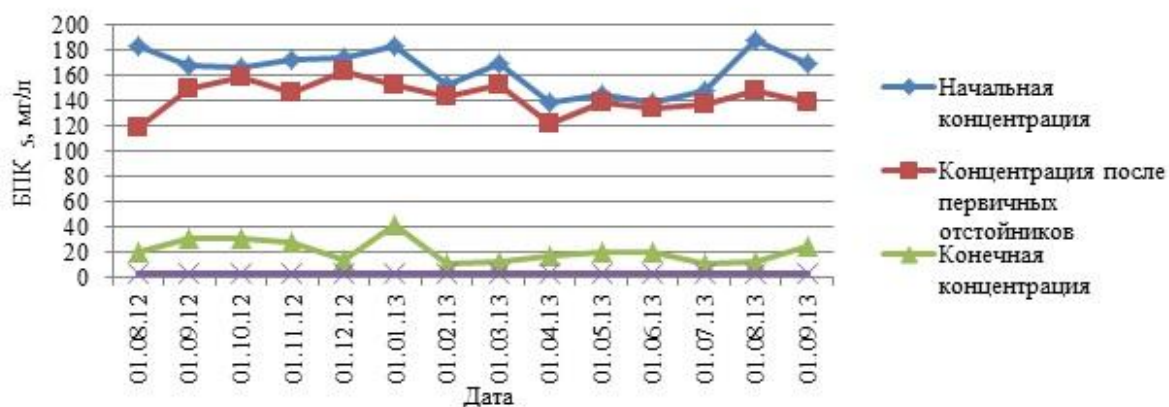


Рис. 2. Диаграмма изменения БПК₅ в процессе очистки сточных вод.

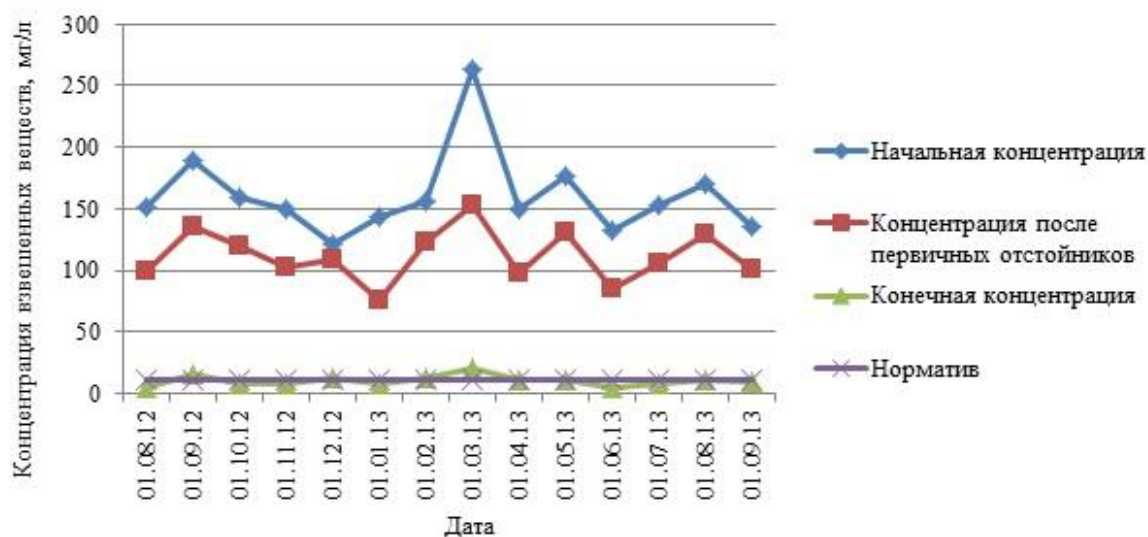


Рис. 3. Диаграмма изменения концентрации взвешенных веществ в процессе очистки сточных вод.

Нормативное значение концентрации взвешенных веществ в процессе очистки сточных вод в течение 2012 – 2013 гг. достигалось не всегда, но было близко к нему. Динамика изменения концентрации азота аммонийного в процессе очистки сточных вод представлена на рис. 4.

Как отражено на рис. 4, нормативное значение концентрации азота аммонийного не достигалось (вместо 0,4 мг/л оно составляло до 25 мг/л). Концентрация нитритов в сточных водах также превышала нормативную (рис.5).

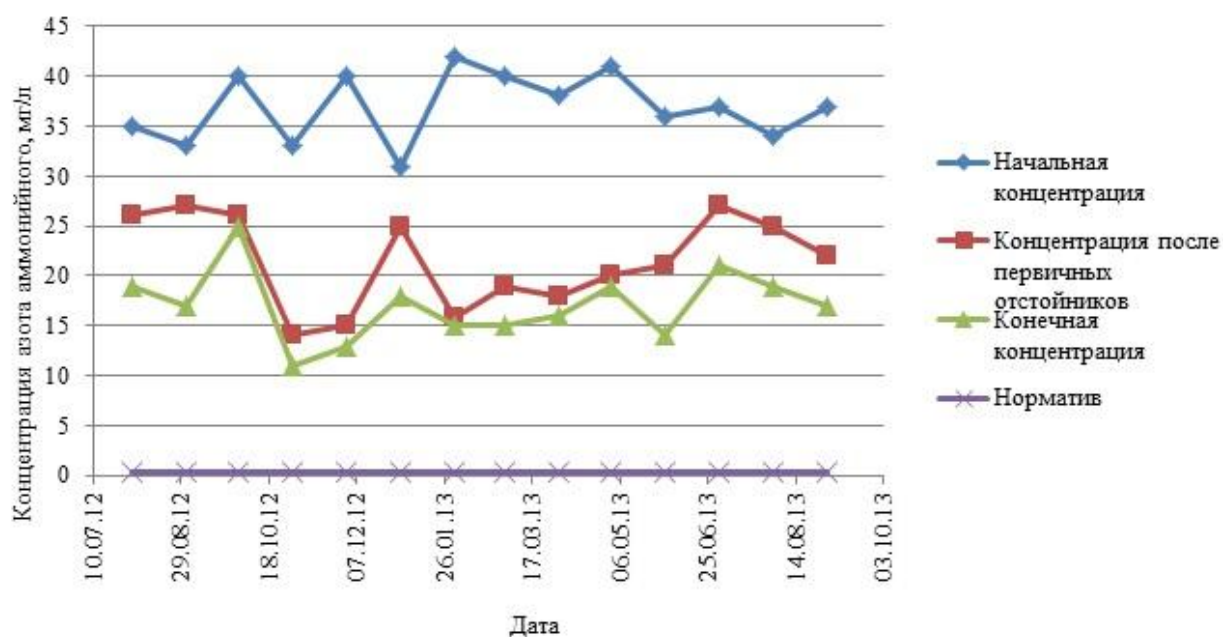


Рис. 4. Диаграмма изменения концентрации азота аммонийного в процессе очистки сточных вод.

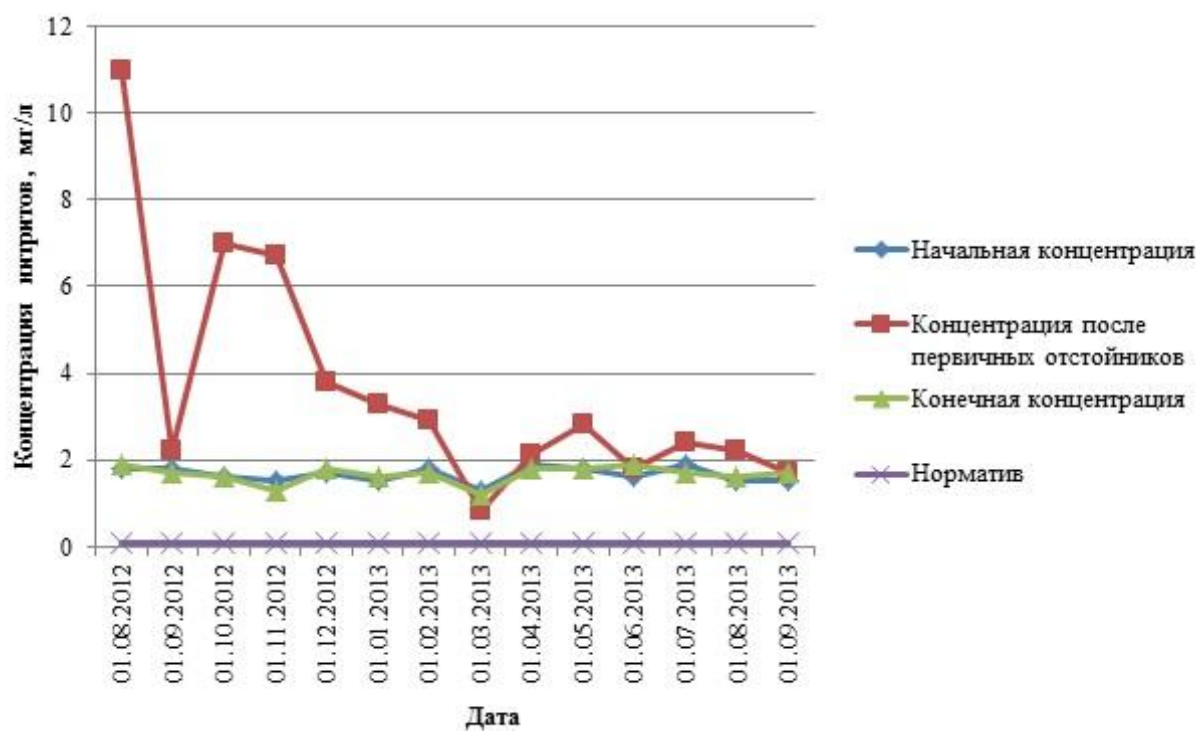


Рис. 5. Диаграмма изменения концентрации нитритов в процессе очистки сточных вод.

По нитратам сбросы сточных вод осуществлялись в пределах нормативов (рис. 6). Это, однако, свидетельствует лишь о том, что в ходе очистки не происходит полного биохимического окисления как органических, так и минеральных соединений. При нормальном ходе биологической очистки происходит аэробное окисление аммонийного азота через нитритный до нитратного.

Динамика изменения концентрации фосфора фосфатов в процессе очистки сточных вод представлена на рис. 7. Как видно, удаление фосфора при очистке из сточных вод не практически не происходит.

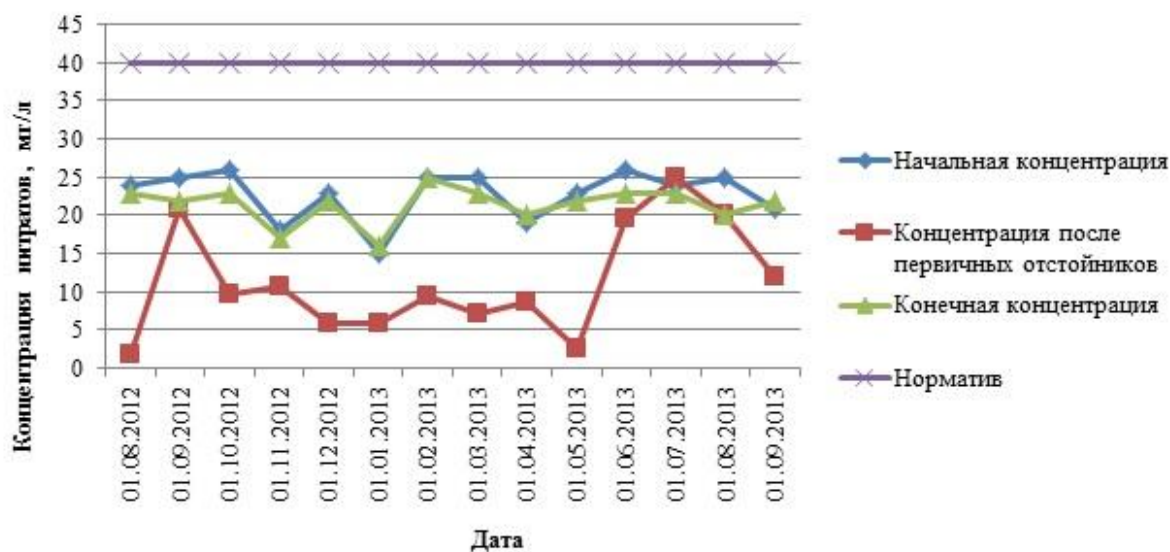


Рис. 6. Диаграмма изменения концентрации нитратов в процессе очистки сточных вод.

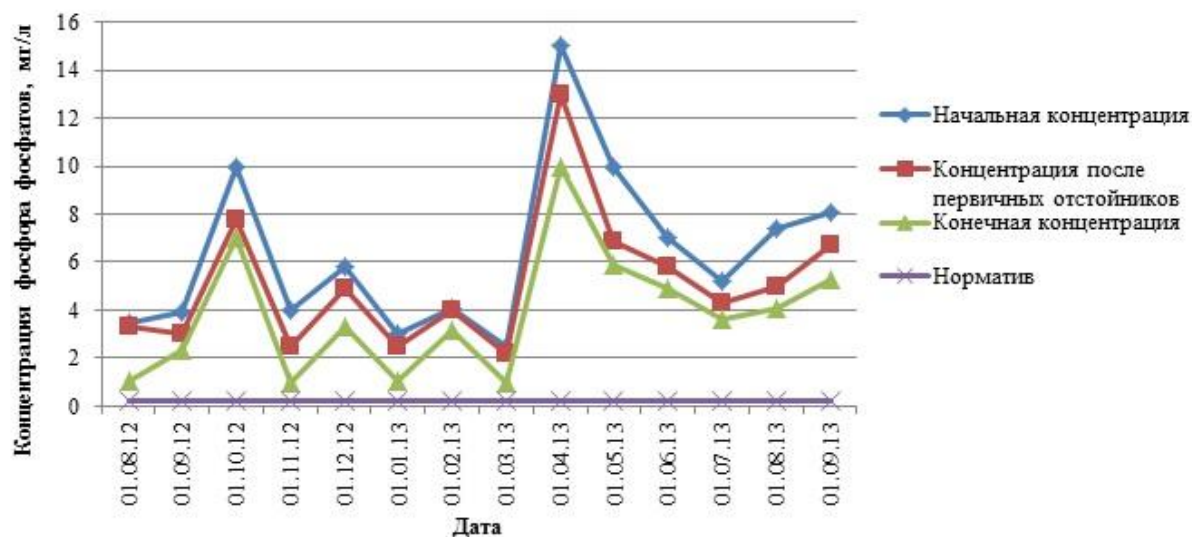


Рис. 7. Диаграмма изменения концентрации фосфора фосфатов.

В ходе мониторинга работы очистных сооружений сточных вод г. Копейска были выявлены существенные недостатки: значительное превышение фактической нагрузки на очистные сооружения над проектной; низкий эффект очистки от органических веществ, соединений азота и фосфора; использование запрещенной технологии обеззараживания сточных вод хлором; высокий износ оборудования; функционирование неэффективной и экологически опасной технологии обработки осадков. Очистные сооружения нуждаются в скорейшем расширении и модернизации.

Кроме строительства второй очереди очистных сооружений, необходимо решить и проблему осадков. Предлагается применять технологию геотубирования, которая успешно используется в г. Санкт-Петербурге [1]. Ее реализация позволит устранить неприятные запахи от складирования осадка; создать резервную систему обработки осадка на случай выхода из строя оборудования на комплексе обработки канализационных очистных сооружений; осуществить перераспределение складированного осадка, минимизировав территории площадью 10 – 15 % от участка, занимаемого в настоящее время.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Рублевская О.Н.* Технологии и методы обработки осадка сточных вод. // Чистая вода России: мат-лы конф. Екатеринбург. 2010. С. 15–20.

**ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА
В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МЕНЕДЖМЕНТЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДГОТОВКИ
ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ: ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ**

Крупнова Т.Г., Литвинов А.А.

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»,

г. Челябинск, Россия

krupnovatg@mail.ru

Ключевые слова: Оценка жизненного цикла (ОЖЦ), сооружения водоподготовки, питьевая вода, традиционная водоподготовка, ультрафильтрация.

В работе показано, что инструмент Оценки жизненного цикла (ОЖЦ) технологий водоподготовки может быть полезен для оценки различных воздействий на окружающую среду. Описано исследование ОЖЦ двух вариантов оптимизации существующих сооружений водоподготовки г. Южноуральска. Для проведения ОЖЦ использовано программное обеспечение Sima Pro 8.0.2.

**LIFE CYCLE ASSESSMENT IN DRINKING WATER TREATMENT
TECHNOLOGIES ENVIRONMENTAL MANAGEMENT: PRACTICE OF
APPLICATION**

Krupnova T.G., Litvinov A.A.

South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia

krupnovatg@mail.ru

Keywords: Life Cycle Assessment (LCA), water treatment plant, drinking water, conventional water treatment, ultrafiltration.

The article shows that Life Cycle Assessment (LCA) tool is useful to assess different environmental impacts of water treatment. The study described in this paper is a Life Cycle Assessment of the versions of design optimization of existing drinking water treatment plant which is located in Yuzhnouralsk city. The Sima Pro 8.0.2 software has been used as the LCA analysis tool.

Оценка жизненного цикла (ОЖЦ), Life Cycle Assessment – это широко применяемый в настоящее время в экологическом менеджменте инструмент для оценки воздействия на окружающую среду и ресурсы, используемые в течение жизненного цикла продукта, т.е., начиная от заготовки сырья, через производство к этапу управления отходами [1]. В настоящей работе представлены результаты ОЖЦ двух альтернативных вариантов реконструкции станции водоподготовки г. Южноуральска (Россия, Челябинская область).

Основным резервуаром питьевой воды для г. Южноуральска служит Южноуральское водохранилище – искусственный пресный водоем, созданный в 1952 г. на р. Увелька в ходе строительства Южноуральской ГРЭС. Для подготовки питьевой воды на станции очистки используется классическая двухступенчатая схема осветления и обесцвечивания воды: осветлители – скорые фильтры с первичным и вторичным хлорированием. Используемая схема очистки не обеспечивает снижение окисляемости воды до норм СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». Кроме того, вода из южноуральского водохранилища склонна к образованию канцерогенных тригалометанов (ТГМ), которые образуются в результате использования схемы двукратного хлорирования [2].

Предлагается два варианта реконструкции станции [3]. Первый представляет собой модернизированную классическую схему очистки с использованием современных коагулянтов и флокулянтов и переходом на обеззараживание воды диоксидом хлора. Отличительной особенностью второго варианта является комплексное использование классической технологии отстаивания, фильтрования с добавлением прогрессивных технологических методов очистки – озонсорбции и мембранного фильтрования.

Цель, границы и функциональная единица ОЖЦ

Исследование ОЖЦ проводилось согласно стандартам ISO 14040 [1]. Данное исследование относится к типу «gate-to-gate» исследований, сосредоточенных на одной стадии жизненного цикла. Целью исследования было сравнение двух технологий водоподготовки, схемы которых представлены на рис. 1, 2. Была выбрана стадия производства, учитывались реагенты и потребление электроэнергии на данном этапе производства очищенной воды. Для ОЖЦ использовалось программное обеспечение

SimaPro 8.0.2. Применили метод оценки воздействий Eco-Indicator 99. В качестве функциональной единицы выбран 1 м³ питьевой воды, производимой в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая воды. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».



Рис. 1. Предлагаемая традиционная схема водоподготовки. Вариант 1.

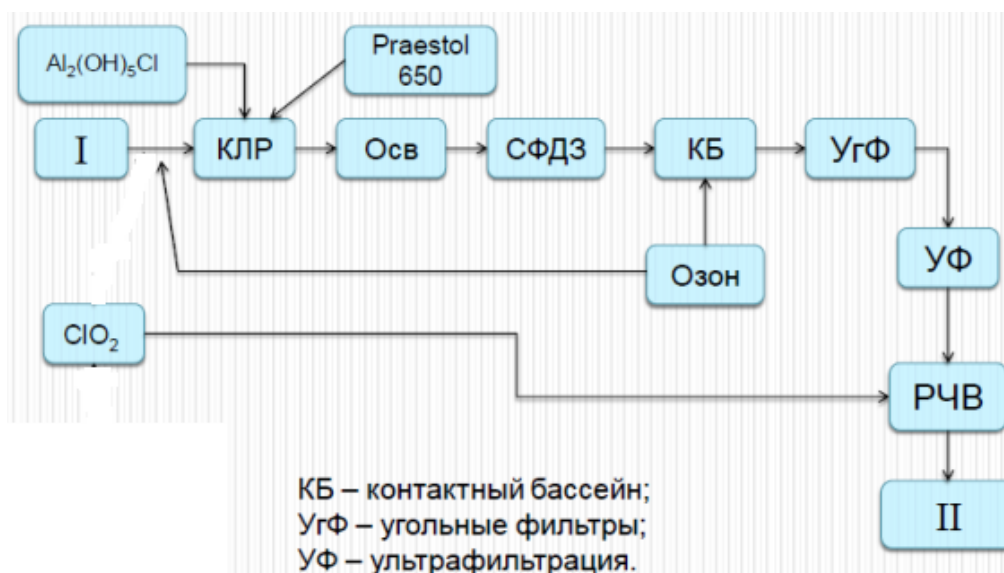


Рис. 2. Предлагаемая схема водоподготовки с применением ультрафильтрации.

Вариант 2.

Инвентаризация ОЖЦ

Данные для ОЖЦ (табл. 1) собраны на станции водоподготовки г. Южноуральска, а также с использованием рекомендаций производителей установки ДХ-100 по получению диоксида хлора хлоратным методом, некоторые данные были рассчитаны с использованием СП 31.13330.2010 «СНиП 2.04.02-84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения». Данные инвентаризации для производства 1 кВт-ч электроэнергии в Российской Федерации были взяты из базы данных Ecoinvent v2.0. Для первичной оценки выбрали производство электроэнергии из каменного угля, т. к. данная технология применяется на Южноуральской ГРЭС. Производство активированного угля не включено в настоящий момент в Ecoinvent v2., поэтому использовали литературные данные [4].

Таблица 1. Данные инвентаризации

Компонент, ед. из.	Вариант реконструкции	
	Вариант 1	Вариант 2
Сульфат алюминия, кг	0,035	0,035
Хлорат натрия, кг	0,0013	0,008
Соляная кислота, кг	0,006	0,0036
Песок, кг	0,0078	0,0078
Активированный уголь, кг	–	0,006
Озон, кг	–	0,0056
Электричество. кВт ч	0,150	0,574

Результаты ОЖЦ

Согласно методики Eco-Indicator 99 [5] рассматривалось три вида ущерба (Damage): ущерб ресурсам (Resources), ущерб экосистемам (Ecosystem Quality) и ущерб здоровью (Human Health). Каждый вид ущерба определяется несколькими категориями воздействия. В соответствии с методикой были учтены следующие категории воздействия (Impact categories):

- канцерогенные вещества (Carcinogens),
- респираторные органические вещества (Respiratory organics),
- респираторные неорганические вещества, (Respiratory inorganics),
- влияние на климат (Climate change),
- радиоактивность (Radiation),

- влияние на озоновый слой (Ozone layer),
- экотоксичность (Ecotoxicity),
- закисление/эвтрофирование водоемов (Acidification/ Eutrophication),
- использование земель (Land use), и
- истощение запасов ископаемых минералов (Minerals),
- истощение запасов ископаемого топлива (Fossil fuels).

Нормализованные графики оценки ущерба при реализации каждого варианта реконструкции представлены на рис. 3,4. Ущерб здоровью человека является наибольшим. Для производства электроэнергии на Южноуральской ГРЭС используется каменный уголь, поэтому в обоих вариантах производство электроэнергии вносит наибольший вклад в ухудшение здоровья человека, деградацию экосистем и истощение природных ресурсов. Вклад каждой категории воздействия в оцененный ущерб представлен на рис. 5.

Интерпретация ОЖЦ

Таким образом, необходимость реконструкции очистных сооружений главным образом продиктована повышенной окисляемостью очищенной воды и наличием в ней высоких концентраций тригалометанов [2, 3], которые представляют потенциальную опасность для здоровья человека.

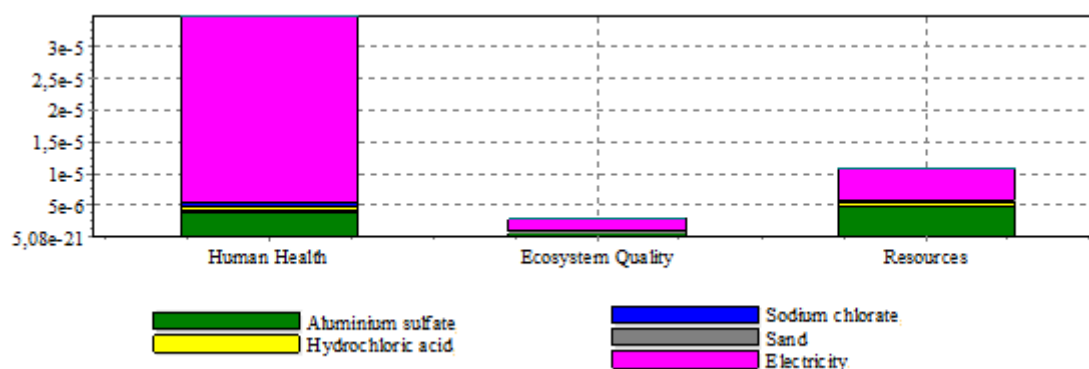


Рис. 3. Нормализованный график по оценке ущерба при реализации варианта 1.

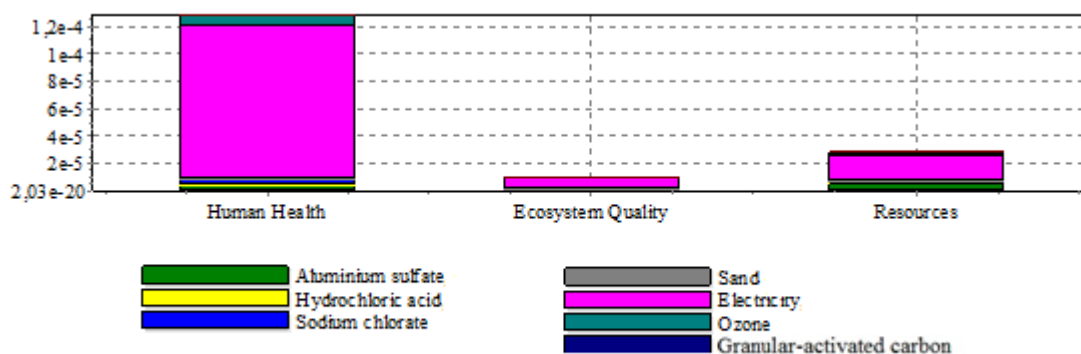


Рис. 4. Нормализованный график по оценке ущерба при реализации варианта 2.

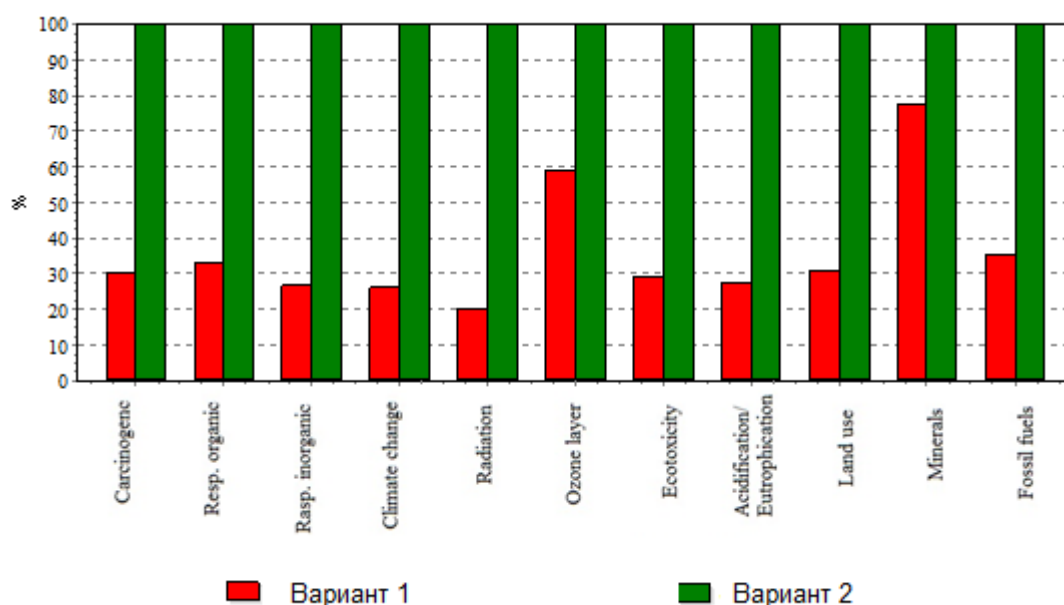


Рис. 5. Сравнение варианта 1 и варианта 2 по категориям воздействия.

ОЖЦ предлагаемых вариантов показала, что наибольший ущерб при их реализации будет наноситься именно здоровью человека, причем при использовании ультрафильтрации качество воды будет выше, однако и ущерб здоровью населения из-за повышенных затрат электроэнергии. При рассмотрении в качестве альтернативы для получения электроэнергии природного газа картина меняется (рис. 6) – наибольшим становится ущерб ресурсам, ущерб здоровью значительно снижается.

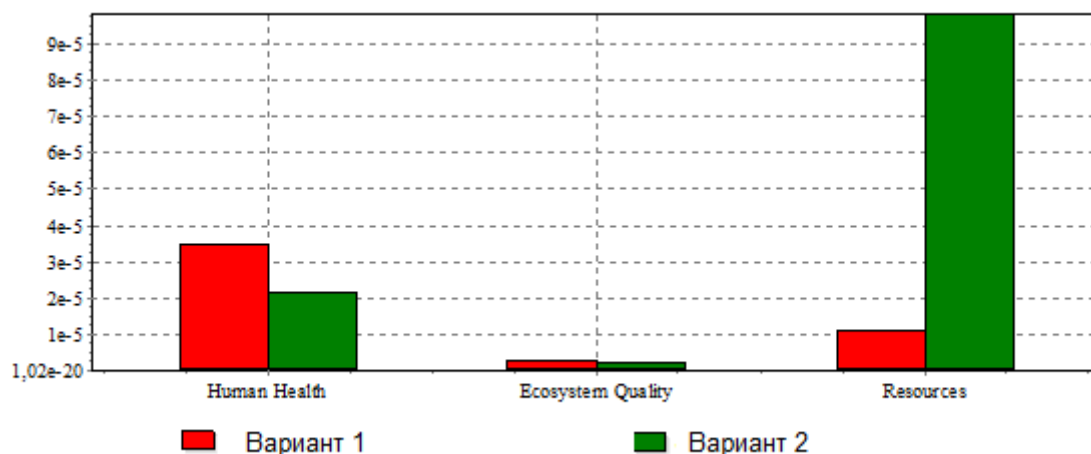


Рис. 6. Нормализованный график по оценке ущерба: сравнение вариантов 1 и 2 при использовании для производства электроэнергии природного газа.

На примере выбора варианта реконструкции станции подготовки питьевой воды произведена сравнительная оценка жизненного цикла традиционной технологии водоподготовки с использованием для обеззараживания и кондиционирования воды диоксида хлора и ультрафильтрационной технологии с подготовкой озонсорбцией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 14040-2010. Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Национальный стандарт Российской Федерации. М.: Стандартинформ, 2010.
2. Литвинов А.А., Крупнова Т.Г., Машкова И.В., Кострюкова А.М. Модернизация технологической схемы подготовки питьевой воды для станции водоподготовки города Южноуральска // Экология и науч.-техн. прогресс. Урбанистика. 2013. Т. 1. С. 144–151.
3. Литвинов А.А., Крупнова Т.Г. Разработка проекта реконструкции станции водоподготовки города Южноуральска // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2014. № 5 (77). С. 50–55.
4. Bayer P., Heuer E., Karl U., Finkel M., 2005. Economical and ecological comparison of granular activated carbon (GAC) adsorber refill strategies. Water Research. 39, 1719–1728.
5. The Eco-indicator 99. Methodology report. Amersfoort, The Netherlands: Pre Consultants (product ecology consultants), 1999.

**ПРИМЕНЕНИЕ СМЕШАННЫХ ФЕРРОЦИАНИДНЫХ СОРБЕНТОВ
НА ОСНОВЕ ГРАНУЛИРОВАННОГО ГЛАУКОНИТА
В ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ РАДИОНУКЛИДА ЦЕЗИЯ**

Кутергин А.С., Иманова В.В.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н.Ельцина», г. Екатеринбург, Россия
andr.kutergin@mail.ru

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, природные воды, сорбция, специфичность, глауконит, гранулирование, очистка воды, модель фильтра, ресурс.

Рассмотрена возможность применения гранулированных алюмосиликатов в качестве носителей для тонкослойных неорганических сорбентов. Нанесение пленок смешанных ферроцианидов железа-калия и никеля-калия повысило сорбционные характеристики исходного гранулированного материала. Экспериментальным путем установлен коэффициент распределения модифицированного сорбента по цезию в динамике. Полученные данные позволяют рекомендовать исследованные композиционные материалы в качестве загрузки водоочистных фильтров.

**APPLICATION OF COMPOUND FERROCYANIDE SORBENTS BASED
ON THE GRANULATED ALUMINUM SILICATES IN LOCAL SYSTEMS
OF WATER TREATMENT IN TERMS OF CESIUM RADIONUCLIDE**

Kutergin A.S., Imanova V.V.

Ural Federal University, Ekaterinburg
andr.kutergin@mail.ru

Key words: radioactive contamination, natural waters, sorption, special features, glauconite, granulation, water treatment, filter model, resource

The possibility of application of granulated aluminum silicates as carriers for thin layer of inorganic sorbents. Inoculation improved the sorption characteristics of the source of the granulated material. Experimental set by the Distribution coefficient of the modified cesium sorbent in dynamics has been established experimentally. The data obtained allow us to recommend the investigated composite materials as feed water for treatment filters.

Загрязнение окружающей среды радионуклидами искусственного происхождения требует поиска и внедрения новых доступных сорбирующих материалов, пригодных для решения задач по мониторингу окружающей среды, а также для проведения реабилитационных мероприятий (очистки пресных вод, в том числе и питьевой воды от радиоактивных загрязнений). Такими материалами являются природные алюмосиликаты. Наличие во многих странах мира разведанных месторождений этих минералов, их ионообменные свойства обуславливают изучение возможностей расширения области их применения.

Природные алюмосиликаты используют в качестве загрузки локальных очистных систем при реабилитации водных объектов на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению. Применение фильтров для очистки природной воды от радионуклидов позволит предотвратить поступление радионуклидов в организм человека с водой.

Цель работы – определение перспективности использования модифицированных гранулированных алюмосиликатов вместо их природных аналогов, применяемых в настоящее время для дезактивации воды сорбционными методами.

На основании проведенного сравнения сорбционных свойств природных алюмосиликатов [1] объектом исследования был выбран природный глауконит Каринского месторождения Челябинской области. Глауконитовый песок в настоящее время выпускается в промышленном масштабе предприятием ООО «Глауконит». На кафедре радиохимии и прикладной экологии Уральского федерального университета (УрФУ) разработан способ его гранулирования, позволяющий получить прочные гранулы, сохраняющие сорбционные свойства минерала и выдерживающие высокие гидравлические нагрузки [2]. Способ получения гранулированного глауконита защищен патентом Российской Федерации № 2348453 [3].

Улучшение сорбционных свойств материалов связано с их модифицированием труднорастворимыми неорганическими соединениями. На основе гранулированного глауконита методом химического модифицирования были получены смешанные ферроцианиды никеля-калия (НКФ) и железа-калия (ЖКФ).

Для определения последствий модифицирования гранул установили статические сорбционные характеристики по отношению к цезию. Исследована зависимость степени извлечения цезия (S) от времени контакта фаз, концентрации сорбата и pH модельного раствора. В качестве модельного раствора использовали водопроводную воду с pH=7,3, концентрацией цезия стабильного 0,1 мг/л и меткой радионуклида Cs-137. В результате математической обработки полученных изотерм определили характеристики сорбентов: равновесный коэффициент распределения цезия (K_d)

составил для ЖКФ – $(1,8 \pm 1,1) \cdot 10^4$ мл/г, для НКФ – $(2,3 \pm 1,1) \cdot 10^4$ мл/г, что на порядок выше K_d носителя (гранулированного глауконита); статическая обменная емкость (СОЕ) после выдержки в течение недели ЖКФ > 24,5 мг/г, НКФ > 95,5 мг/г. Степень извлечения цезия в области характерной для природных вод величин рН (4÷9) достигала максимального значения 90–95 %. Полученные результаты показали, что модифицирование позволило получить материал с повышенными сорбционными характеристиками, позволяющими использовать его в технологических схемах очистки воды [4].

Далее были проведены эксперименты по изучению сорбционных свойств сорбента ЖКФ на основе гранулированного глауконита (ЖКФ-Гл-Гр) в динамических условиях, чтобы определить перспективность его использования в качестве загрузки фильтров. В экспериментах использовали стеклянную колонку диаметром 0,9 см. Соотношение высоты загрузки к диаметру $H:D = 5:1$, скорость фильтрации поддерживали постоянной с помощью перистальтического насоса. В колонку, заполненную модифицированным гранулированным сорбентом, непрерывно поступала водопроводная вода с меткой радиоактивного и стабильного цезия. Концентрация стабильного цезия составляла 1 мг/л.

Фильтрат на выходе из колонки собирали фракциями, отбирали пробы и радиометрировали их. Динамические кривые сорбции цезия сорбентом ЖКФ-Гл-Гр в координатах «П–V», построенные по результатам радиометрирования, представлены на рис.1.

Проскок (П) рассчитывали по формуле:

$$П = I_{\text{равн}} / I_{\text{исх}},$$

где $I_{\text{равн}}$ и $I_{\text{исх}}$ – исходная и равновесная скорости счета раствора, имп/мин.

Измерения $I_{\text{равн}}$ и $I_{\text{исх}}$ проводили на установке малого фона УМФ-2000 с полупроводниковым детектором.

Как следует из представленных на рисунке результатов, величина удерживаемого объема составила $V_R > 3900$ мл, тогда величина достигнутой динамической обменной емкости (ДООЕ) будет более 1,95 мг/г. Величина коэффициента распределения цезия сорбентом ЖКФ-Гл-Гр в динамических условиях составила $K_d > 5,7 \cdot 10^3$ мл/г сорбента. Для сравнения, сорбционные характеристики гранулированного носителя в динамике, полученные при тех же условиях, составляют: $K_d = 9 \cdot 10^2$ мл/г носителя; достигнутая ДООЕ = 0,90 мг/г носителя.

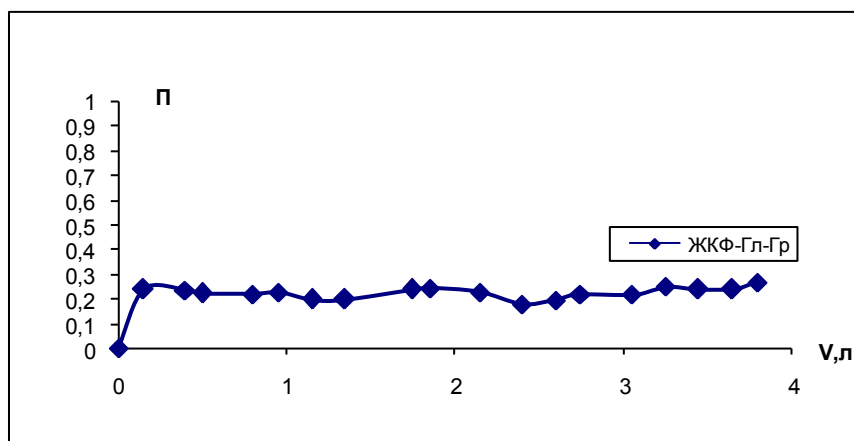


Рис. 1. Выходная кривая сорбции цезия сорбентом ЖКФ-Гл-Гр из водопроводной воды в динамическом режиме (скорость пропускания $W = 1$ мл/мин, $m_{\text{загрузки}} = 2$ г).

Из представленных результатов можно сделать вывод, что нанесение пленок смешанных ферроцианидов на гранулированный носитель позволит повысить сорбционные характеристики природных алюмосиликатов (коэффициент распределения, обменную ёмкость) по отношению к ^{137}Cs , как в статическом, так и динамическом режимах. Это дает возможность рассматривать новый материал в качестве загрузки фильтров для очистки радиоактивно загрязненных природных вод и подготовки питьевой воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Voronina A.V., Semenishchev V.S., Bykov A.A., Savchenko M.O, Kutergin A.S., Nedobuh T.A. Approaches to rehabilitation of radioactive contaminated territories / Journal of Chemical Technology and Biotechnology. Vol. 88, Issue 9, September 2013, P. 1606–1611.
2. Кутергин А.С., Кутергина И.Н. Природные алюмосиликаты для очистки воды от радионуклидов техногенного происхождения // Водоочистка, водоподготовка, водоснабжение. 2014. № 3 (75). С. 12–13.
3. Способ получения гранулированного глауконита (патент на изобретение). Патент на изобретение № 2348453. Способ получения гранулированного глауконита (варианты)/ Бетенеков Н.Д, Кутергин А.С, Кутергина И.Н, Беднягин Г.В. № 2007140647/15; Заявл. 01.11.2007; Оpubл. 10.03.2009; Бюл. № 7. Приоритет от 01.11.2007.
4. Кутергин А.С. Перспективный сорбент для обеспечения радиологической безопасности населения // Мат-лы науч.-практ. конф. с международным участием «Экологическая безопасность как фактор национальной безопасности». Екатеринбург: УрГЭУ, 2010. С. 42.

УДК 66.065.2

**МИКРОГЕЛИ ПОЛИСАХАРИДОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ
ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ДО СЛЕДОВЫХ КОЛИЧЕСТВ**

Миронов М. А., Сотников А.О., Шулёпов И.Д., Елагин А.А.

ООО «НПО БиоМикроГели», Екатеринбург, Россия

info@biomicrogel.com

Ключевые слова: коагуляция, флокулянты, микрогели, тяжелые металлы, целлюлоза, пектин.

В статье представлен новый метод извлечения тяжелых металлов, таких как медь, цинк, никель и марганец, из загрязненной воды промышленных предприятий с помощью микрогелей полисахаридов. Данный метод позволяет эффективно снижать концентрации металлов с 1–5 мг/л до 0,01–0,05 мг/л.

**POLYSACCHARIDES MICROGELS FOR WATER TREATMENT FROM HEAVY
METAL IONS TILL TRACE QUANTITIES**

Mironov M.A., Sotnikov A.O., Shulepov I.D., Yelagin A.A.

ООО «NPO Bio Mikro Geli», Ekaterinburg, Russia

info@biomicrogel.com

Key words: coagulation, flocculating agents, microgel, heavy metals, cellulose, pectin.

The article presents a novel method for heavy metals such as copper, zinc, nickel, and manganese extraction from industrial polluted water with the help of polysaccharide microgels. This method makes possible the effective reduction in concentration of the metals from 1–5 mg/l to 0,01–0,05 mg/l.

Коагулянты представляют собой химические реагенты, способные вызывать или ускорять процесс объединения мелких взвешенных и коллоидных частиц в крупные агломераты, которые легко осаждаются под действием силы тяжести. Обработка загрязненных стоков коагулянтами является наиболее распространенным способом

очистки больших объемов воды. Масштабы применения коагуляции в системах водоподготовки в последние годы только растут, и данная тенденция сохранится и в будущем. Этому способствует целый ряд факторов: разработка новых эффективных коагулянтов, применение более совершенных технологий отделения и утилизации образующихся шламов. В то же время растет и разнообразие примесей в воде, от которых необходимо избавляться. Это требует больших усилий по осветлению и обесцвечиванию сточных вод, для чего обычно используются коагулянты. Поэтому ассортимент коагулянтов, предлагаемых для очистки природных и промышленных вод, также постоянно растет.

Особыми веществами, способными вызывать коагуляцию, являются полимерные флокулянты, которые могут связываться с поверхностью частиц дисперсной фазы, объединяя их в агломераты больших размеров. Наибольшее применение среди подобных веществ нашли полиакриламиды с большой молекулярной массой. Флокулянты используются для очистки воды бытового и промышленного назначения, обезвреживания сточных вод и жидких производственных отходов при добыче и флотационном обогащении полезных ископаемых, концентрировании латексов и выделении органических веществ из реакционных смесей. Анионные флокулянты качественно выводят в осадок катионы металлов, поэтому они находят широкое применение в металлургической промышленности, на линиях гальванических производств [1]. Подобные соединения сочетают в себе свойства флокулянтов и ионообменников, эффективно удаляя из загрязненной воды целый комплекс нежелательных веществ. Во многих случаях для повышения эффективности действия флокулянтов их применяют в сочетании с неорганическими коагулянтами, которые дестабилизируют коллоидную систему.

Основной целью наших исследований является раскрытие потенциала органических микрогелей для очистки сточных вод. Микрогели представляют собой разветвленные полимерные коллоидные частицы с диаметром 0,1 – 1,0 мкм, которые могут сильно набухать в подходящих растворителях из-за электростатического или стерического отталкивания между заряженными группами [2]. Они образуются в результате направленной полимеризации мономеров или pH-инициированной нейтрализации растворов синтетических или природных полимеров, несущих карбоксильные или аминогруппы.

Традиционные гелеобразующие полимеры могут быть модифицированы с целью создания новых видов флокулянтов, способных к сложному поведению. Примером таких биополимеров являются хитозан и пектин [3,4] которые очень широко используются в пищевой промышленности как гелеобразователи и пищевые добавки, а также наиболее распространенный в природе полисахарид – целлюлоза. Все они обладают биосовместимостью и могут расщепляться под действием ферментных систем в естественной среде. Имея очень большую удельную поверхность, микрогели эффективно сорбируют из раствора молекулы органических и неорганических соединений, а также ионы тяжелых металлов. Кроме того, микрогели имеют сродство к межфазным поверхностям, поэтому они эффективно осаждаются на каплях эмульсий и субмикронных частиц, присутствующих в загрязненной воде [5]. В ходе этих процессов микрогели теряют коллоидную стабильность и выпадают из раствора в осадок, вместе с загрязняющими веществами.

В данной статье представлены исследования, посвященные ионообменным свойствам микрогелей полисахаридов. В зависимости от введенных в их состав функциональных групп, они могут использоваться для эффективной очистки воды от целого ряда тяжелых металлов.

Обсуждение результатов

К микрогелям, используемым в данном исследовании, относятся коллоидные растворы природных полисахаридов: низкозамещенная (<40 %) карбоксиметилцеллюлоза и ее соли с алифатическими аминами (бутиламин, бензиламин, этилендиамин, гексаметилендиамин); хитозан со степенью деацетилирования 90–97 %; пектиновые вещества с остаточным количеством метокси групп < 25 % и их замещенные амиды. Молекулярная масса исходных полисахаридов может варьироваться в пределах от 20 тыс. до 200 тыс. Д, при этом высокомолекулярные (более 200 тыс. Д) и низкомолекулярные (менее 20 тыс. Д) производные полисахаридов образуют микрогели с меньшей эффективностью.

Полимерные цепи в микрогелях могут быть сшиты с помощью химических реагентов или же они могут быть соединены микрокристаллическими областями. Во втором случае, для получения микрогеля не требуется использования химических реагентов и конечный продукт полностью состоит из чистого полисахарида, что важно для очистки воды. Для получения более устойчивых в течение длительного времени

микрогелей полисахаридов мы применяем химическую сшивку полимерных цепей полисахаридов с помощью ангидридов и активированных эфиров дикарбоновых кислот, диизоцианидов, диизоцианатов и других сшивающих агентов. Диаметр химически сшитых частиц микрогеля полисахаридов варьируется в пределах 0,05-0,6 мкм.

В данной работе мы использовали оба этих подхода для получения микрогелей, то есть путем физической ассоциации или химической сшивки. Основной целью при этом было определение надежности и практической применимости каждого из протестированных методов для получения микрогелей с ионообменными свойствами. Кроме того, необходимо было определить, какой из исследуемых полисахаридов имеет большие перспективы для практического использования в качестве флокулянта для очистки загрязненной тяжелыми металлами воды.

Метод очистки воды, использованный в этом исследовании, базируется на добавлении водного раствора микрогелей полисахаридов с молекулярной массой 20 000 – 200 000 дальтон и размером частиц от 0,05–0,6 мкм к загрязненной тяжелыми металлами воде. Начальная концентрация тяжелых металлов в воде не должна превышать 5 мг/л, в противном случае мы использовали добавление натровой щелочи или известкового молока для ее снижения. Концентрация микрогеля в растворе должна поддерживалась в пределах 20–50 мг/л. В результате обработки раствором микрогеля происходит эффективный ионообмен между боковыми группировками микрогеля и ионами металла в растворе. Ионы металлов служат в качестве сшивающих агентов, которые образуют мостики между отдельными полимерными цепями микрогелей. При этом происходит формирование агломератов, состоящих из частиц коагулированного микрогеля. Под действием силы тяжести эти агломераты оседают на дно или всплывают под действием флотации и могут быть легко отделены от раствора механическим способом.

Таким образом, принцип работы флокулянтов этого типа основан на способности микрогелей полисахаридов коагулировать в разбавленных водных растворах. Самопроизвольная коагуляция возможна и под действием других веществ, содержащихся в загрязненной воде, таких как ионы жесткости (кальций и магний), а также эмульгированные нефтепродукты. Коллоидные частицы микрогеля, имеющие большую удельную поверхность, оседают на межфазных поверхностях, взаимодействуют с каплями масла, неорганическими частицами, адсорбируют малые молекулы и ионы металлов. При этом они теряют коллоидную стабильность,

взаимодействуют друг с другом, образуя агломераты, и постепенно выпадают из загрязненного раствора. В зависимости от степени замещения и степени полимеризации исходного полисахарида можно добиться различной скорости осаждения образцов.

Проведена серия испытаний на различных образцах загрязненных вод промышленных предприятий, в ходе которых обнаружено, что во всех случаях в них присутствуют вещества, вызывающие коагуляцию микрогеля. К подобным веществам относятся ионы кальция в концентрации более 0,5 мг/л, обеззараживающие агенты, такие как полигексаметиленгуанидин, а также неорганические полимеры.

Для отделения агломератов, состоящих из частиц коагулированного микрогеля, использовались тканевые и сетчатые фильтры, центрифуга, а также гравитационный отстойник. Длительное время коагуляции благоприятствует формированию более плотных агломератов, которые под действием силы тяжести оседают на дно емкости и удаляются через нижний спуск. Для быстрого отделения осадка подходит фильтрование. Следует отметить, что несмотря на то, что осадок представляет собой набухший в воде гель, он легко обезвоживается на фильтре. Это связано с тем, что образование поперечных связей в процессе ионного обмена приводит к формированию губчатой структуры, которая быстро отдает воду при механическом воздействии. Оба метода взаимно дополняют друг друга и могут использоваться для организации циклов оборотной воды на промышленных предприятиях.

В ходе данного исследования проведено сравнение эффективности различных типов микрогелей для очистки воды от ионов цветных металлов. Было показано, что эффективность ионного обмена мало зависит от матрицы микрогеля (целлюлоза, пектин, хитозан). Основное влияние оказывают боковые группы, введенные в его структуру на стадии получения продукта. Так исходная концентрация меди (5 мг/л) снижается до 0,7–0,8 мг/л в случае микрогеля, содержащего COOH группы, до 0,25 мг/л в случае микрогеля, содержащего NH₂ группы и 0,02 мг/л для микрогеля, содержащего SH группы. Сходные данные получены при очистке загрязненных вод, содержащих цинк, никель и марганец. Из этих данных следует, что в качестве реагента, эффективно снижающего концентрации цинка, меди и никеля в 100–200 раз до 0,02 мг/л, необходимо использовать микрогель с SH группами.

Разработанные продукты, содержащие SH группы, позволяют эффективно очищать воду от тяжелых и цветных металлов, таких как медь, цинк, марганец и

никель. Наиболее перспективным является их использование для очистки оборотных вод на предприятиях машиностроения и цветной металлургии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гетманцев С.В., Нечаев И.А., Гандурина Л.В. Очистка промышленных сточных вод коагулянтами и флокулянтами. М.: Издательство АСВ, 2008. 326 с.
2. Saunders B. R.; Laajam N.; Daly E.; Teow S.; Hu X.; Stepto R. Microgels: From responsive polymer colloids to biomaterials // *Advances in Colloid and Interface Science* 2009, С. 147–148, 251–262.
3. Скрыбин К. Г. Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение. М.: Наука, 2002. 368 с.
4. Донченко Л. В.; Фирсов Г.Г. Пектин: основные свойства, производство и применение. М.: ДеЛи принт, 2007. 276 с.
5. Brugger B.; Rütten S.; Phan K-H; Mölle, M; Richtering W. The Colloidal Suprastructure of Smart Microgels at Oil-Water Interfaces // *Angew. Chem. Int. Ed.* 2009. P. 48, 3978–3980.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ПУСКО-НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ ПО СИСТЕМАМ
ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ УСТАНОВОК ВАКУУМИРОВАНИЯ
СТАЛИ КОНВЕРТЕРНОГО ЦЕХА № 2 ОАО «НЛМК»
И ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ЦЕХА № 2 ОАО «УРАЛЬСКАЯ СТАЛЬ»**

Обадин Д. Н., Михеев К. П., Чечулин И. А., Шипицын А. А., Щербаков А. В.

ООО «Научно-проектная фирма «ЭКО-ПРОЕКТ», г. Екатеринбург, Россия

mail@eco-project.ru

Ключевые слова: Эко-проект, вакуумирование стали, системы оборотного водоснабжения, отстойник-флокулятор.

Группа компаний «ЭКО-ПРОЕКТ» разработала и внедрила инновационную технологию глубокой одноступенчатой очистки оборотной воды вакууматоров электросталеплавильных и конверторных цехов. Технология предусматривает удаление монооксида углерода на безнапорном эжекционном дегазаторе, дозирование флокулянта, освещение на отстойниках-флокуляторах, охлаждение на вентиляторных градирнях и обезвоживание получаемого осадка на аппаратах ОКУД. При удельной гидравлической нагрузке на отстойник-флокулятор $14,2 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ остаточное содержание взвеси $30 \div 60 \text{ мг/дм}^3$ при технических требованиях – до 100 мг/дм^3 , влажность обезвоженного осадка $30 \div 40\%$, что соответствует техническим требованиям.

**START-UP RESULTS OF THE RECIRCULATING WATER SYSTEMS OF
INSTALLATION FOR THE VACUUM TREATMENT OF STEEL MELTS AT OJSC
«NOVOLIPETSC STEEL» CONVERTER WORKSHOP № 2 AND OJSC «URAL
STEEL» ELECTRIC ARC FURNACE WORKSHOP № 2**

Obadin D.N., Miheev K.P., Chechulin I.A., Shipicin A.A., Sherbakov A.V.

EKO-PROYEKT, Ekaterinburg, Russia

mail@eco-project.ru

Key words: Scientific-planning firm «Eco-project», vacuum treatment of steel melts, recirculating water systems, flocculator-clarifier.

Innovative technology of deep single-stage purification of recycled water has been developed and implemented for degasser and the converter factory by «Eco-project group». The technology allows the removal of carbon monoxide in the unconfined ejection degasser, dosing flocculant, clarification on flocculator-clarifier, cooling on cooling tower and produced dewatering of sludge on OKUD units. When the specific hydraulic load on flocculator-clarifier was $14,2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ a reduction content of suspended solids was $50 \div 100 \text{ mg/dm}^3$ (in the specifications - up to 100 mg/dm^3). Humidity dewatered sludge was $30 \div 40\%$ which corresponds to the technical requirements.

На металлургических предприятиях для производства высококачественных марок сталей, например, автолистовой или электротехнической, проводят внепечную обработку стальных расплавов методом вакуумирования. При использовании для создания вакуума парожетторных насосов в процессе обработки стали образуется загрязненная парогазовая смесь, содержащая монооксид углерода и другие газообразные продукты вакуумирования, а также мельчайшую пыль, обусловленную испарением летучих веществ из стального расплава и химическими реакциями в футеровке сталеразливочного ковша [1].

Загрязненную парогазовую смесь направляют в конденсаторы смешивающего типа, где она конденсируется на поверхности капель разбрызгиваемой воды. В результате этого образуется нагретая и загрязненная вода, которую направляют на очистку и охлаждение, после чего снова подают в конденсатор. При внедрении на предприятии установки вакуумирования сталей с парожетторными вакуум-насосами необходимо одновременно решать непростую технологическую задачу по организации «грязного» оборотного цикла водоснабжения. Группа компаний «ЭКО-ПРОЕКТ» разработала и внедрила на ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат» г. Липецк (далее – ОАО «НЛМК») (рис. 1) и ОАО «Уральская сталь» г. Новотроицк (рис. 2) системы оборотного водоснабжения установок вакуумирования стали.



Рис. 1. Система оборотного водоснабжения установок вакуумирования стали ОАО «НЛМК».



Рис. 2. Система оборотного водоснабжения установок вакуумирования стали ОАО «Уральская сталь».

Блок-схема организации системы оборотного водоснабжения установок вакуумирования стали приведена на рис. 3.

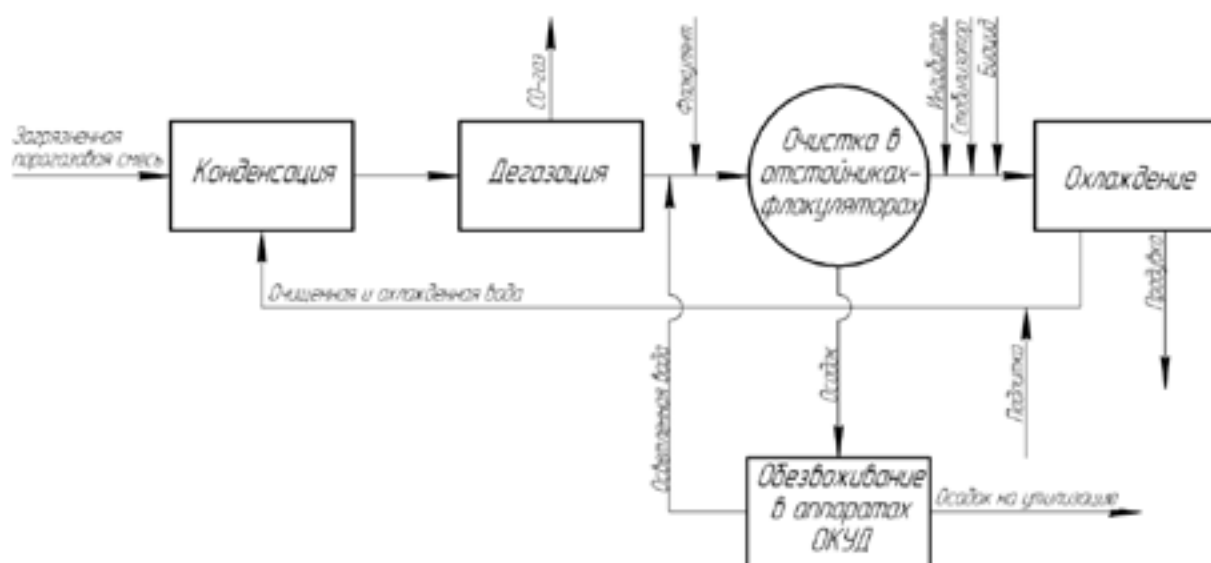


Рис. 3. Блок-схема организации системы оборотного водоснабжения установок вакуумирования стали.

Основными особенностями данных технических решений являются:

- Очистка оборотной воды производится в одну ступень в отстойниках-флокуляторах. При этом нормативное качество оборотной воды обеспечивается с запасом.
- Обезвоживание осадка осуществляется в аппаратах «ОКУД» гравитационным методом, который менее энергоемок, чем фильтрование под давлением или центрифугирование.
- Основное технологическое оборудование размещено на открытом воздухе, что снижает капитальные затраты на строительство сооружений оборотного водоснабжения.

Необходимость организации узла дегазации оборотной воды определяется особенностями проводимых металлургических процессов. При внепечной обработки стали в конвертере ОАО «НЛМК», когда оборотная вода установки вакуумирования стали загрязняется монооксидом углерода (так называемым «угарным газом») дегазация обязательна. Для этого был разработан и апробирован в условиях комбината

специальный аппарат – безнапорный дегазатор с эжекционным подсосом наружного воздуха.

При вакуумировании стали в агрегатах сталеплавильного цеха ОАО «Уральская сталь» проведение специальной дегазации оборотной воды не требовалось. С целью интенсификации процесса отстаивания при проектировании обоих оборотных циклов была предусмотрена обработка воды флокулянтам. Как правило, тип флокулянта, диапазон рабочих дозировок и место введения в обрабатываемую воду определяют при выполнении пуско-наладочных работ.

На ОАО «НЛМК» было установлено, что требуемое качество очищенной воды достигается без использования флокулянта, поэтому от его применения отказались. В условиях оборотного цикла водоснабжения ОАО «Уральская сталь» флокуляционная обработка обеспечила интенсификацию процесса осветления воды. В качестве реагента на этом предприятии применяют флокулянт фирмы Nalco–7752.

Для снижения скорости коррозии, предотвращения отложений и биообрастаний обычно также проводят обработку воды специальными реагентами. В этом смысле интерес опыт ОАО «Уральская сталь», на которой внедрена и эксплуатируется система 3D TRASAR фирмы «Налко», предназначенная для мониторинга и корректировки доз полимерного стабилизатора «3DT 102», ингибитора коррозии и отложений «3DT 226» и окисляющего биоцида «СТ-40».

В табл. 1, 2 представлены основные параметры работы оборудования, полученные по результатам выполнения пуско-наладочных работ.

Нагретую и загрязненную оборотную воду из конденсатора вакууматора подают в дегазатор – безнапорный аппарат с эжекционным подсосом наружного воздуха. Газовоздушная смесь выводится в атмосферу через вытяжное устройство аппарата, а очищенная от монооксида углерода вода отводится в два отстойника-флокулятора технологическим диаметром 12 м каждый для очистки от взвешенных веществ [2]. Одновременно в работе могут находиться один или два аппарата.

Осветленная вода из отстойников-флокуляторов подвергается охлаждению на вентиляторных градирнях, после чего снова направляется в установку вакуумирования стали. Восполнение потерь воды в оборотном цикле (на капельный унос, испарение и др.) осуществляется конденсатом отработанного пара и технической водой.

Для интенсификации процесса отстаивания предусмотрено применение раствора флокулянта. С целью снижения скорости коррозии, подавления процессов отложения и биообрастаний предусмотрена обработка воды ингибитором и биоцидом.

Таблица 1. Параметры системы оборотного водоснабжения установки вакуумирования стали ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат»

Наименование параметра	Фактические параметры	Проектные параметры
Расход оборотной воды, подаваемой в газоочистную установку, м ³ /ч	1450	1650
Перепад температур до и после газоочистной установки, °С	8–10	15
Содержание взвешенных веществ		
в загрязненной воде, мг/дм ³	60–90	не более 550
в воде после отстойника-флокулятора		не более 100
при работе одного аппарата, мг/дм ³	30–60	
при работе двух аппаратов, мг/дм ³	20–40	
Удельная нагрузка на отстойники-флокуляторы, м ³ /(м ² ·ч):		не регламентируется
при работе одного аппарата	12,8	
при работе двух аппаратов	6,4	
Влажность обезвоженного осадка, %	30–40	не регламентируется
Размер частиц, мкм		не регламентируется
наиболее вероятностный	9	
минимальный	3	
максимальный	60	

Таблица 2. Параметры работы системы оборотного водоснабжения установки вакуумирования стали электросталеплавильного цеха № 2 ОАО «Уральская сталь»

Наименование параметра	Фактические параметры	Проектные параметры
Расход оборотной воды, подаваемой в газоочистную установку, м ³ /ч	750–850	845
Перепад температур до и после газоочистной установки, °С	10	10
Содержание взвешенных веществ, мг/дм ³ :		
в загрязненной воде	100–120	не более 270
в воде после отстойника-флокулятора (с обработкой флокулянтom)	10–30	не более 100
Удельная нагрузка на отстойник-флокулятор при работе двух аппаратов, м ³ /(м ² ·ч):	14,2	не регламентируется
Влажность обезвоженного осадка, %	30–40	не регламентируется
Размер частиц, мкм		не регламентируется
наиболее вероятностный	10	
минимальный	5	
максимальный	67	

Накапливаемый в отстойниках-флокуляторах осадок откачивают насосными агрегатами в автоматическом режиме в аппараты типа ОКУД [3]. Режим откачки осадка – периодический, четыре раза в сутки в течение 0,5 ч. Применение данного аппарата принципиально упрощает процесс обезвоживания в сравнении с технологиями, основанными на использовании центрифуг и фильтр-прессов.

При гравитационном обезвоживании осадка снижаются затраты энергии и минимизируется участие эксплуатационного и ремонтного персонала. Высокую эффективность определяют сочетание глубокого безреагентного обезвоживания осадка до влажности 15 %, достаточно высокой удельной нагрузки, возможность проведения операций отстаивания, классификации частиц, уплотнения и дренирования в одном сооружении.

Оборотная вода от конденсатора установки вакуумирования внутрицеховой насосной станцией по напорному трубопроводу подается на площадку очистных сооружений. На очистных сооружениях поток делится на две части:

1. 70 % от общего расхода оборотной воды (около 600 м³/ч) обрабатывают реагентами и направляют в отстойники-флокуляторы для глубокой очистки.
2. 30 % от общего расхода оборотной воды (около 250 м³/ч) направляют непосредственно в фильтры-грязевики гидроциклонного типа.

Для интенсификации процесса осаждения взвешенных веществ вода, поступающая в отстойники-флокуляторы, обрабатывается раствором флокулянта Nalco–7752.

Отстойники-флокуляторы размещены на открытом воздухе на фундаментах высотой 2,2 м для возможности самотечной подачи очищенной воды на градирню.

Охлажденная вода из бассейна градирни самотеком отводится в приемный резервуар, из которого насосами подается на установку вакуумирования стали.

В зимний период, а также при остановке вакууматора, когда охлаждение оборотной воды на градирни не требуется, существует возможность ее подачи в обход градирни.

Осадок из отстойников-флокуляторов и гидроциклонов под статическим давлением отводится в приемную емкость и далее в одну из секций шламоуплотнителя ОКУД. Удаление осадка из отстойника-флокулятора осуществляется с периодичностью 1 раз в сутки в течение 0,5 ч без вывода аппарата из работы.

В рабочей секции ОКУД в динамических условиях осуществляется отделение твердой фазы от осветленной воды. Осветленная вода при содержании взвеси более 200 мг/дм³ отводится в резервуар ОКУД с последующей подачей насосами на очистку в начало технологической схемы, а при содержании менее 200 мг/дм³ – в приемный

резервуар очищенной охлажденной воды. Заполненная осадком секция переводится в режим уплотнения и дренирования (обезвоживание осадка).

В холодное время года в заполненную осадком и выведенную из работы секцию ОКУД во избежание ее размораживания подается нагретая оборотная вода для обогрева.

С целью поддержания заданного солесодержания (удельной электропроводимости) воды в оборотном цикле предусмотрены регулируемые продувка и подпитка. Для выполнения продувки часть оборотной воды с постоянным расходом $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ подается для доочистки на напорные осветлительные фильтры. Фильтрованная вода под остаточным давлением отводится в чистый оборотный цикл ЭСПЦ или в ливневую канализацию. Продувка через фильтры осуществляется в двух случаях:

- при повышении уровня воды в приемном резервуаре очищенной охлажденной воды (образование положительного дебаланса);
- при увеличении величины удельной электропроводимости, значение которой определяется системой 3D TRASAR фирмы «Налко».

Загрязненные промывные воды фильтров отводятся в ОКУД. Подпитка оборотного цикла предусмотрена водой чистого оборотного цикла. Для обеспечения термостабильности оборотной воды грязного цикла и подавления процессов коррозии и биообрастания предусмотрена обработка воды реагентами:

- полимерный стабилизатор «3DT 102»;
- ингибитор коррозии и отложений «3DT 226»;
- окисляющий биоцид «СТ-40».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дорштевиц Ф., Темберген Д.* Критерии выбора вакуумных насосов для агрегатов внепечной обработки стали // Черные металлы. 2013. № 9. С. 37–46.
2. *Галкин Ю.А.* Инновационные технологии в водоподготовке для основных переделов черной металлургии // Сталь. 2009. № 3. С. 92–93.
3. *Галкин Ю.А., Сидорова И.А.* Технология обезвоживания окалинмаслосодержащих осадков // Сталь. 2007. № 12. С. 91–93.

**ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОТСТОЙНИКОВ-ФЛОКУЛЯТОРОВ В СИСТЕМАХ
ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГАЗООЧИСТОК ДОМЕННОЙ ПЕЧИ №7
ОАО «НЛМК» И ПЕЧЕЙ ПАО «ЕНАКИЕВСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ
ЗАВОД»**

Обадин Д.Н., Шарин А.Н., Шипицин А.А., Чечулин И.А., Михеев К.П.

ООО «Научно-проектная фирма «ЭКО-ПРОЕКТ», г. Екатеринбург, Россия

mail@eco-project.ru

Ключевые слова: ЭКО-ПРОЕКТ, оборотное водоснабжение газоочистки, отстойник-флокулятор, газоочистка доменной печи.

Очистка оборотной воды газоочисток доменных печей большинства металлургических предприятий России и Украины производится на морально устаревших радиальных отстойниках. Группа компаний ЭКО-ПРОЕКТ разработала и внедрила отстойники-флокуляторы для водоподготовки газоочистки доменной печи №7 ОАО НЛМК с повышенными требованиями к качеству воды - $100\div 200$ мг/дм³, а также газоочисток доменных печей Енакиевского метзавода. При удельной гидравлической нагрузке до 14 м³/(м²·ч) и дозе флокулянта $0,1$ мг/дм³ достигается остаточное содержание взвешенных веществ $50\div 100$ мг/дм³. Подтверждена надежность работы скребкового механизма отстойников-флокуляторов при критически высоком содержании взвешенных веществ в исходной воде – до 10 г/дм³.

**OPERATING EXPERIENCE OF FLOCCULATOR-CLARIFIER IN RECYCLING
WATER SYSTEMS IN THE GAS CLEANING OF BLAST FURNACE NO7 JSC
"NLMK" AND FURNACES "YENAKIYEVO METALLURGIC PLANT"**

Obadin D. N., Sharin A. N., Shipichin A. A., Chechulin I. A., Miheev K. P.

EKO-PROYEKT, Ekaterinburg, Russia

mail@eco-project.ru

Key words: «Eko-proyeckt» scientific-designing firm, gas cleaning recycling closed water supply system, flocculator-clarifier, blast furnace gas cleaning.

On the majority of metallurgical enterprises in Russia and Ukraine cleaning recycled water for gas cleaning of blast furnaces produced on obsolete circular clarifier. «Eco-project group» developed and implemented flocculator-clarifier for gas cleaning for blast furnace number 7 at JSC "NLMK" with high demands on water quality - $100 \div 200 \text{ mg/dm}^3$, as well as blast furnace gas cleaning at PJSC "Enakievo Steel Plant". The result was a reduction content of suspended solids up to $50 \div 100 \text{ mg/dm}^3$ with specific hydraulic load up to $14 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ and dose of flocculant about 0.1 mg/dm^3 . Has been confirmed the reliability of the scraper mechanism of flocculator-clarifier with a critically high content of suspended solids in the polluted water - up to 10 g/dm^3 .

Очистка оборотной воды газоочисток доменных печей большинства металлургических предприятий России и Украины производится на морально устаревших малоэффективных радиальных отстойниках. Кроме того, в последнее время значительно повысились требования к качеству очищенной оборотной воды, потребляемой газоочистками. Важным фактором является и возросший дефицит свободной от застройки территории на существующих предприятиях, что повышает требования к компактности комплексов водоподготовок. Поэтому, используя ранее созданные инновации, Группа компаний «ЭКО-ПРОЕКТ» разработала технологию одноступенчатой глубокой очистки оборотной воды газоочисток доменных печей с использованием отстойников-флокуляторов в качестве основного водоочистного оборудования. ЭКО-ПРОЕКТ по этой технологии запроектировал установку водоподготовки оборотного цикла газоочистки доменной печи №7 для ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат» (рисунок 1), а УкрГипромез – для ПАО «Енакиевский металлургический завод» (Украина) по газоочисткам доменных печей и №3, №4 и №5 (рисунок 2). На Серовском метзаводе технология использована УралГипромезом для проектирования реконструкции оборотного цикла газоочистки доменного цеха.



Рис. 1. Установка водоподготовки оборотного цикла газоочистки доменной печи № 7
ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат».



Рис. 2. Обратный цикл газоочисток № 3 и №5 ПАО «Енакиевский металлургический
завод».

На Енакиевском метзаводе три отстойника-флокулятора диаметром 10 м в составе оборотного цикла газоочисток доменных печей №4, 5 эксплуатируются с 2007 г. В 2011 г. при реконструкции доменного производства предприятия, связанной с остановкой ДП №4 и пуском ДП №3 был смонтирован четвертый аппарат. Производительность сооружений водоснабжения газоочисток доменных печей равна 2800 м³/ч, расчетная концентрация взвешенных веществ, поступающих на сооружения, – 1500÷3000 мг/дм³, температура оборотной воды 60÷70°С.

Отстойники-флокуляторы в составе сооружений блока водоподготовки газоочистки ДП №7 ОАО «НЛМК» пущены в эксплуатацию в 2011 г. В составе сооружений оборотного цикла эксплуатируется три отстойника-флокулятора с технологическим диаметром 10 м. Очистные сооружения оборотного цикла построены по проекту ГК «ЭКО-ПРОЕКТ».

Проектные параметры работы блока водоподготовки газоочистки ДП №7: производительность – 1200 м³/час, концентрация взвешенных веществ в загрязненной воде до 2000 мг/дм³, температура оборотной воды – 60°С, кратковременно – до 90°С.

Отстойники-флокуляторы в составе обеих производственных систем водоснабжения газоочисток доменных печей эксплуатируются на открытом воздухе. Очистка оборотной воды может осуществляться как в реагентном, так и в безреагентном режимах. В случае обоснованной необходимости для интенсификации процесса отстаивания оборотная вода в непрерывном режиме обрабатывается раствором флокулянта в минимальных дозах. Откачка осадка из отстойников-флокуляторов осуществляется в непрерывном режиме при постоянной работе скребковых механизмов. Осадок, образующийся в отстойниках-флокуляторах блока водоподготовки ДП №3 и №5, без дополнительной обработки направляется на общезаводскую шламовую насосную станцию. Осадок из отстойников-флокуляторов НЛМК после стадии дополнительного сгущения перекачивается на корпус обезвоживания шлама (КОШ).

Опыт эксплуатации данных систем водоснабжения показал, что запыленность газа, поступающего на аппараты мокрой очистки, колеблется в зависимости от технологии доменного производства, а также от состава аппаратов доменной газоочистки. Соответственно концентрация и крупность частиц взвешенных веществ в сточных водах газоочисток находится в широком диапазоне значений. Так, на НЛМК, ввиду высокой эффективности работы стадии сухой очистки газа, содержание взвешенных веществ в сточных водах мокрой газоочистки ДП №7 не превышает 600

мг/дм³. При этом частицы твердой фазы обладают высокой дисперсностью, скорость свободного осаждения составила менее 0,2 мм/с.

На Енакиевском метзаводе в связи с изменениями состава руды и шихты, загружаемой в доменные печи, грязевая нагрузка на отстойники-флокуляторы блока водоподготовки газоочисток ДП №3 и №5 резко возросла и превысила проектные значения более чем в 2–3 раза. Содержание взвешенных веществ в загрязненной воде увеличилось до 4500–6000 мг/дм³ и периодически достигает 10 г/дм³. С целью обеспечения нормативного качества очистки воды и надежной работы всего блока водоподготовки были разработаны и реализованы следующие мероприятия по форсированию работы оборудования:

- увеличение расхода откачиваемого осадка из отстойников-флокуляторов пропорционально увеличившейся на блок водоподготовки грязевой нагрузке с использованием существующих шламовых насосных агрегатов;
- согласование и настройка работы всей цепи перекачки шлама на общезаводскую шламовую насосную станцию по производительности насосов и пропускной способности трубопроводов;
- корректировка геометрии тонкослойных элементов противоточного сепаратора отстойников-флокуляторов;
- оптимизация временных и гидродинамических параметров флокуляционной обработки загрязненной оборотной воды при сохранении или снижении проектных доз реагента;
- организационно-технические мероприятия по повышению надежности эксплуатации отстойников-флокуляторов (изменение регламента технического обслуживания, замена отдельных конструктивных элементов в аппаратах, организация лабораторно-производственного контроля).

Реализация указанных мероприятий позволила вывести сооружения водоподготовки на устойчивый режим работы с обеспечением нормативных показателей качества осветленной воды как в реагентном, так и в безреагентном режимах.

Чрезвычайно важно, что многократное увеличение грязевой нагрузки на работающие отстойники-флокуляторы не привело к заиливанию и заклиниванию скребковых механизмов. Они надежно транспортируют образующийся в большом количестве тяжелый и абразивный осадок к всасывающим линиям шламовых насосов.

Многолетние наблюдения за работой отстойников-флокуляторов в составе блоков водоподготовки газоочисток доменных печей №3 и №5 на Енакиевском метзаводе и газоочистки ДП №7 НЛМК подтверждают устойчивую и надежную работу аппаратов в широком диапазоне грязевых и гидравлических нагрузок. Результаты работы отстойников-флокуляторов ЭП-400-1 в составе блоков водоподготовки газоочисток ДП №3 и ДП №5 Енакиевского метзавода и газоочистки ДП №7 НЛМК представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Содержание взвешенных веществ в воде оборотного цикла водоснабжения газоочисток ДП № 3 и № 5 ПАО «ЕМЗ»

Кол-во отстойников-флокуляторов в работе	Нагрузка на отстойники-флокуляторы $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	Содержание взвешенных веществ в оборотной воде, мг/дм^3				
		Загрязненная вода	Осветленная вода в безреагентном режиме	Осветленная вода при обработке воды флокулянтom*	Требования технического задания	** Нормы технологического проектирования
3	12	3000÷600	120-150	60-90	150	150
4	9	0	100-120	40-60		

Примечание: * – доза флокулянта при обработке оборотной воды составляет $0,3 \text{ мг/дм}^3$; ** – МинЧермет СССР. Указания и нормы технологического проектирования и технико-экономические показатели энергетического хозяйства предприятий черной металлургии. Металлургические заводы. Том 12. Водное хозяйство.

Необходимо отметить, что нормативное качество осветленной воды может стабильно обеспечиваться при повышенных гидравлических нагрузках $12\div14 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ на отстойники-флокуляторы как в реагентном, так и в безреагентном режимах осветления. Данное обстоятельство имеет большое значение в части обеспечения надежности работы сооружений, поскольку позволяет поэтапно выводить из работы один из отстойников-флокуляторов в резерв для проведения его своевременного технического обслуживания.

Таблица 2. Содержание взвешенных веществ в воде оборотного цикла водоснабжения газоочистки ДП № 7 ОАО «НЛМК»

Кол-во отстойников-флокуляторов в работе	Нагрузка на отстойники-флокуляторы $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	Доза флокулянта, мг/дм^3	Содержание взвешенных веществ в оборотной воде, мг/дм^3			
			Загрязненная вода	Осветленная вода	Требования технического задания	* Нормы технологического проектирования
1	14	0,1	300-1000	50-100	100	150
2	7	0	300-1000	150-200	200	
		0,05		60-100	100	
		0,1		20-40	100	
3	5	0	300-1000	70-100	200	
		0,03		50-70	100	
		0,05		15-40	100	

Примечание: * – МинЧермет СССР. Указания и нормы технологического проектирования и технико-экономические показатели энергетического хозяйства предприятий черной металлургии. Металлургические заводы. Том 12. Водное хозяйство.

Кроме того, при эксплуатации отстойников-флокуляторов в составе сооружений газоочистки ДП № 7 НЛМК доза флокулянта в сравнении с работой радиальных отстойников в аналогичных условиях была снижена примерно в шесть раз.

Высокая эффективность очистки оборотной воды, рассмотренных систем производственного водоснабжения была достигнута, главным образом, благодаря использованию современного высокоэффективного водоочистного оборудования – отстойников-флокуляторов, а также организация оптимальных временных и гидродинамических условий смешивания обрабатываемой воды с флокулянтом. Поэтому в конструкции отстойников-флокуляторов была предусмотрена возможность регулирования градиента флокуляционного перемешивания, а объем камеры флокуляции принят, исходя из наиболее продолжительного режима флокуляции – при обработке воды флокулянтом.

Таким образом, возможность корректирования интенсивности и продолжительности смешивания воды с флокулянтom перед подачей на очистные аппараты, а также конструктивные особенности отстойников-флокуляторов, позволяющие проводить процессы смешивания, флокуляции и осаждения в режимах, близких к оптимальным, высокая надежность механизма для сгребания высококонцентрированных абразивных осадков позволили обеспечить высокую эффективность работы сооружений оборотного водоснабжения газоочисток доменных печей ПАО «ЕМЗ» и ОАО «НЛМК» в условиях меняющихся гидравлических нагрузок и состава обрабатываемой воды. Опыт эксплуатации данных систем водоснабжения подтверждает, что одноступенчатая схема очистки сточных вод газоочисток доменных печей на отстойниках-флокуляторах обладает значительным запасом «прочности», как по производительности, так и по эффективности очистки.

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПИТЬЕВОГО РЕЖИМА
В СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ООО «УГМК-ХОЛДИНГ»**

Рудой Г.Н., Акрамов Р.Л.

ООО «УГМК-ХОЛДИНГ», г. Верхняя Пышма, Свердловская область, Россия

r.akramov@ugmk.com

Ключевые слова: питьевой режим, водный баланс организма, металлургическое производство.

Рассмотрена необходимость организации эффективного питьевого режима для рабочих металлургического производства.

**ORGANIZATION OF DRINKING REGIME IN STRUCTURES
OF ООО «UGMK-HOLDING»**

Rudoy G.N., Akramov R.L.

ООО «UGMK- Holding», Verkhnyaya Pyshma, Russia

r.akramov@ugmk.com

Key words: drinking regime, organism's water balance, metallurgic industry

The necessity of the effective drinking regime organization for metallurgic industry works has been discussed.

Под питьевым режимом понимается рациональный порядок поступления воды в организм. Правильно организованный режим позволяет поддерживать нужный водно-солевой баланс, то есть уравнивать поступление и выделение воды. Суточная потребность взрослого организма в воде определяется условиями внешней среды, а также характером работы. В нормальных условиях для поддержания водного баланса необходимо ежедневно употреблять 2 – 3 литра жидкости. Потребность в воде заложена в человеке на подсознательном уровне. Любые нарушения баланса влекут серьезные последствия для организма.

Наиболее частыми обострениями нозологических форм в условиях нарушения питьевого режима являются гипертензивная (гипертоническая) болезнь с

преимущественным поражением сердца без (застойной) сердечной недостаточности, заболевания органов пищеварения и мочеполовой системы.

Установлено, что более чем у 80 % рабочих основных профессий металлургического производства заболеваемость с временной утратой трудоспособности связана с влиянием факторов производственной среды, в первую очередь, высокой температуры и интенсивного излучения [1].

Правильная организация питьевого режима влияет и на работоспособность человека. Поддержание водного баланса в организме позволяет работающим лучше усваивать информацию, концентрироваться, повышает производительность труда. Поэтому руководство ООО «УГМК-Холдинг» уделяет большое внимание вопросам организации питьевого режима в структурных подразделениях компании.

Для организации питьевого режима на предприятиях холдинга в настоящее время используется питьевая вода из централизованных систем хозяйственно-питьевого водоснабжения населенных пунктов, а также питьевая вода, расфасованная в емкости – более 4 млн литров в год от общего объема потребленной питьевой воды.

Наиболее перспективным в деле организации питьевого режима является обеспечение питьевой водой, расфасованной в емкости, разлитой в тару, удобную для применения. Это объясняется, во-первых, гарантированным качеством и эпидемиологической безопасностью, во-вторых, удобством применения.

Понимая важность и необходимость организации питьевого режима в целях сохранения и укрепления здоровья работающих, в структурных подразделениях холдинга разработан стандарт предприятия, который предъявляет основные требования к организации питьевого режима, в том числе и в горячих цехах. Внедрение данного стандарта является приоритетным направлением деятельности ООО «УГМК-Холдинг» и позволяет не только организовать, но и контролировать питьевой режим, в первую очередь в теплый период года и в горячих цехах предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Шеметова М.В. Влияние начальных стадий гипертонической болезни и недостаточности кровоснабжения мозга на профессиональную успешность машинистов локомотивов. М. 1999.

УДК 544.774.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Свиридов А.В.

ООО Предприятие «ЭКО», г. Екатеринбург, Россия

asv1972@mail.ru

Ключевые слова: модифицированный монтмориллонит, ионы тяжелых металлов, коллоидные сорбенты, модификация поверхности, высокодисперсные модифицированные алюмосиликаты, технологии очистки воды.

Приведены основные принципы и методы использования высокодисперсных модифицированных алюмосиликатов в технологиях очистки сточных вод от ионов тяжелых цветных металлов и нефтепродуктов. Описан опыт применения сорбентов-гидрозолей на основе монтмориллонита в технологиях очистки воды.

SUPERFINE MODIFIED ALUMINUM SILICATES APPLICATION IN WATER TREATMENT TECHNIQUES

Sviridov A.V.

ООО "EKO", Ekaterinburg, Russia

asv1972@mail.ru

Keywords: modified montmorillonite, heavy metal ions, colloidal sorbents, surface modification, superfine modified silicates, water treatment technology.

Basic principles and application methods for superfine modified aluminum silicates in wastewater treatment technology in respect of heavy non-ferrous metals ions and petroleum products have been discussed. Experience of sorbents-hydrosols-based montmorillonite in water treatment technologies has been described.

Защита водных ресурсов от загрязнений техногенного характера, ликвидация чрезвычайных ситуаций являются одними из ключевых социально-эколого-экономических проблем Российской Федерации. Традиционные технологии в большинстве случаев не способны обеспечить требования, предъявляемые к качеству очистки промышленных сточных вод.

ООО Предприятие «ЭКО» предлагает решения в области очистки сточных вод от катионов цветных и тяжелых металлов, создания замкнутых очистных циклов, извлечения цветных и редких металлов из отходов промышленных производств и сточных вод. Накоплен большой практический опыт внедрения новых технологий на различных машиностроительных, металлургических и других промышленных предприятиях Уральского региона.

Существующие подходы и методы очистки промышленных сточных вод

Предлагаемый проект представляет разработку и внедрение новых высокоэффективных технологий глубокой очистки промышленных сточных вод и создание оборотных циклов водоснабжения на горнообогатительных предприятиях и производствах цветной металлургии.

Наиболее распространенным методом очистки промышленных сточных вод от ионов тяжелых и цветных металлов является их нейтрализация с помощью известкования. При повышении значений pH до 10,5 – 11,0 большинство тяжелых и цветных металлов переходят в форму малорастворимых гидроксидов, извлекаемых в последующем с помощью методов отстаивания, флотации или фильтрации.

Технологии известкования имеют ряд принципиальных недостатков. С помощью этого метода, как правило, не удается достичь нормативов предельно допустимых концентраций по многим металлам и их соединениям. Существующая практика эксплуатации описанных процессов показывает существенное превышение ПДК для меди, никеля, цинка и других металлов. Во-вторых, становится весьма проблематичным повторное использование сточных вод в технологическом процессе вследствие накопления солей жесткости в оборотной системе и возрастания солевого фона. Наконец, возникают проблемы с утилизацией образующихся осадков и шламов.

Помимо известкования, известен способ очистки воды путем обработки коагулянтом с последующим отстаиванием и отделением осадка. В известном способе при очистке воды в качестве коагулянта используют соли железа и алюминия. При

смешении коагулянта с водой протекают реакции гидролиза, в результате которых образуется гидроокись алюминия (железа), обладающая сорбционными свойствами по отношению к ионам металлов, нефтепродуктам и взвешенным веществам. Полученная таким образом гидроокись коагулирует и подвергается осаждению в отстойниках. Образовавшийся шлам поступает на сгущение, а отстоявшаяся надосадочная вода может дополнительно фильтроваться.

Основной недостаток известного способа – невысокое качество очистки воды от ионов тяжелых и цветных металлов, причиной которого является низкая сорбционная емкость применяемых коагулянтов по отношению к этим ионам. Кроме того, применяемые коагулянты сами по себе являются растворимыми соединениями, что создает дополнительные трудности по их полному извлечению из отработанной воды. Это делает невозможным многократное применение «очищенной воды» в оборотных циклах. При этом для очистки сточных вод требуется большое количество коагулянта, что приводит к образованию значительного объема трудно утилизируемого шлама. При незначительном отклонении в дозировках коагулянта происходит существенное нарушение технологического режима и, как следствие, проскок алюминия и железа в очищенную воду. Существенным недостатком использования солей железа (II) в качестве коагулянтов является также их коррозионная активность. При подготовке питьевой воды значительные затруднения возникают из-за сезонных колебаний качества воды в источнике водопользования. В связи с этим далеко не всегда, а особенно при низких температурах, удается достичь требуемых по стандарту показателей цветности, мутности, остаточного алюминия, железа, органических соединений и прочих показателей качества питьевой воды.

Еще одним методом очистки промышленных сточных вод является извлечение ионов тяжелых и цветных металлов на поверхности органических и неорганических сорбционных материалов. Однако применение этого метода связано с использованием дополнительных технологических операций по периодической промывке сорбентов, концентрированию элюатов и последующему осаждению из промывных растворов загрязняющих компонентов. При этом проблемы по утилизации твердых отходов не снимаются. Кроме того, данная технология является дорогостоящей и достаточно сложной в эксплуатации.

**Научно-технические принципы, методы и подходы к реализации проекта
по глубокой очистке промышленных сточных вод предприятий
горного обогащения и цветной металлургии**

При решении технических проблем, связанных с очисткой промышленных сточных вод, ООО Предприятие «ЭКО» опирается, главным образом, на разработанные сотрудниками фирмы уникальные реагенты-гидрозоли, представляющие собой тонкодисперсные нерастворимые суспензии (золи) с высокоразвитой поверхностью. Технология их использования включает стадию смешения и отстаивания. В случае необходимости можно добавить стадию фильтрования на зернистой загрузке.

Разработанная альтернативная технология лишена всех вышеперечисленных недостатков. Она обеспечивает очистку воды до норм ПДК, исключает известкование и использование растворимых солей коагулянтов, не требует дополнительных затрат при создании оборотных циклов водоснабжения предприятий, а также предусматривает утилизацию образующихся осадков и шламов. Аналогов использования реагентов-гидрозолей в технологиях очистки воды в отечественной и зарубежной литературе не найдено.

Высокая эффективность и экономичность данной технологии опирается на многофункциональные свойства реагентов-гидрозолей (адсорбция, коагуляция, соосаждение). Основными элементами научной новизны при синтезе реагентов-гидрозолей являются: создание высокой удельной поверхности реагентов за счет получения размеров частиц в пределах от 10 до 30 нм; выбор модификаторов, позволяющих получить высокие сорбционные характеристики ионов металлов, органических и металлоорганических соединений; разработка технологических принципов прочного закрепления модификаторов на поверхности тонкодисперсных частиц.

Сравнение свойств полученных лабораторных образцов позволило установить, что для синтеза тонкодисперсных реагентов оптимальными сорбционными характеристиками обладают монтмориллониты. Реагент для очистки воды от токсичных компонентов, синтезированный на кафедре физической, органической химии и нанодисперсных технологий Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ) на основе природного монтмориллонита представляет собой высокодисперсный алюмосиликат, поверхность которого модифицирована гидрофильными веществами неорганической и органической природы. В качестве

модификаторов, регулирующих свойства реагентов, в зависимости от технологических задач, использовались в определенных соотношениях кальцинированная сода, алюминат натрия, феррат натрия, полифосфаты и органические соединения, содержащие в своем составе карбоксильные и эфирные группировки.

В ходе синтеза регулировались сорбционные, электроповерхностные, реологические и гидрофильно-олеофильные свойства природных алюмосиликатов за счет варьирования природы и концентрации модификаторов. С помощью первого типа модификаторов (солей органических кислот и полифосфатов) достигалась агрегативная устойчивость наночастиц за счет создания на их поверхности высокого удельного отрицательного заряда. В ходе электрофоретических исследований было установлено, что электрокинетический потенциал (ξ -потенциал) изменялся в пределах от - 80 мВ до - 100 мВ, в зависимости от типа и концентрации модификатора.

Кроме того, первый тип модификаторов в значительной степени влияет и на реологические свойства коллоидных систем. Исследование реологических свойств тонкодисперсных систем осуществляли с помощью метода ротационной вискозиметрии. Были определены следующие параметры системы: эффективная вязкость суспензии, напряжение сдвига при различных скоростях деформации, на основании которых построены кривые течения суспензий реагентов. Полученные результаты позволили получить представление о структуре системы и характере взаимодействий частиц.

Кривые течения модифицированных и немодифицированных систем имеют вид, характерный для псевдопластической структурированной жидкообразной системы. Предел текучести немодифицированного алюмосиликата составил $5,85 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$, а после модифицирования снизился до $2,5 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$. Этот факт наглядно демонстрирует, что силы взаимодействия между частицами дисперсной фазы алюмосиликатов ослабевают после введения модификатора. При этом тип системы не меняется, сохраняются пластические взаимодействия, характерные для коагуляционных структур, которые возникают за счет сил Ван-дер-Ваальса и действуют на расстояниях, отвечающих вторичному минимуму на потенциально-энергетических кривых.

Наличие двух указанных выше факторов (поверхностного заряда и ослабления сил взаимодействия между частицами) способствует самопроизвольному переходу коллоидной системы из гелевого состояния в состояние нанокластеров при дозировании реагентов в очищаемую воду.

Второй тип модификаторов предназначен для создания в структуре и на поверхности природных алюмосиликатов активных адсорбционных центров, наличие которых позволяет резко увеличить сорбционную емкость нанокластеров по отношению к ионам тяжелых и цветных металлов, металлоорганическим и органическим соединениям, радионуклидам и другим токсичным компонентам.

Наиболее эффективные неорганические модификаторы поверхности алюмосиликатов в натриевой форме позволяют обеспечить сорбционную емкость по ионам тяжелых и цветных металлов в пределах 250 – 290 мг/г. Коэффициент распределения радионуклидов между твердой и жидкой фазами лежит в пределах 10^3 – 10^4 мл/г, что обеспечивает необходимую степень дезактивации в экстремальных условиях. По сравнению с лучшими аналогами, например, цеолитами Восточно-Казахстанского месторождения (основа клиноптилолит) разработанные реагенты по эффективности действия выше на порядок.

Еще одной дополнительной особенностью данных реагентов является способность самопроизвольного снижения отрицательного заряда поверхности нанокластеров (вплоть до изоэлектрического состояния) на последующих стадиях очистки воды за счет смещения адсорбционного равновесия и перехода модификаторов-стабилизаторов поверхности в электронейтральную форму.

Следствием этого является активная взаимная коагуляция и гетерокоагуляция частиц реагента с компонентами воды коллоидной степени дисперсности (взвешенные вещества, нефтепродукты, частицы гидроксидов металлов и их основных соединений, гуминовые и фульвокислоты, а также их комплексы с металлами). Формирующиеся при этом крупные хлопья, включающие загрязняющие компоненты воды, легко удаляются из системы методом отстаивания. Образующийся осадок по своему составу пригоден для переработки в цементном производстве и строительной промышленности после технологической операции обезвоживания.

Опыт использования предлагаемых методов

Разработанные тонкодисперсные реагенты не имеют указанных выше недостатков используемых в настоящее время реагентов. Они водонерастворимы, а, следовательно, при обработке воды не оставляют остаточных загрязнений. Кроме того, они обладают рядом несомненных преимуществ: высокой удельной поверхностью до $600 \text{ м}^2/\text{г}$, высокой сорбционной емкостью – до 8 мг-экв/г по ионам тяжелых и цветных металлов, радионуклидов, по

органическим и металлоорганическим соединениям. Тонкодисперсные реагенты обладают полифункциональными свойствами и при очистке воды выполняют функции как сорбента, так и коагулянта, что позволяет наряду с растворимыми загрязнениями извлекать и коллоидно-растворенные формы.

Для изготовления реагентов по доступной цене существует обширная и надежная сырьевая база природных алюмосиликатов и предприятие по выпуску реагентов-гидрозолей. Помимо производства реагентов в Уральском регионе, налажен выпуск нового водоочистного оборудования в НПФ «ЭКО-ПРОЕКТ», позволяющего наиболее полно использовать преимущества разработанной технологии. ООО Предприятие «ЭКО» и НПФ «ЭКО-ПРОЕКТ» совместно осуществляют полный цикл создания новой технологии, включающий разработку, проектирование, производство водоочистного оборудования, монтаж, пуско-наладку, обучение персонала и последующее техническое сопровождение.

Положительный опыт по использованию первого поколения тонкодисперсных реагентов получен в результате внедрения технологий очистки воды на ряде предприятий Уральского региона и Ханты-Мансийского автономного округа, в том числе: фильтровальная станция «Маяк», г. Полевской; станции подготовки питьевой воды, пос. Таежный, Пионерский; сооружения очистки промышленно-ливневого стока ОАО «Уралмаш», ОАО «Екатеринбургнефтепродукт», ОАО «Нижнесергинский метизно-металлургический завод» и другие предприятия черной металлургии. Внедряется технология оборотного водоснабжения на Кыштымском горно-обогатительном комбинате.

Ниже представлена таблица результатов очистки воды с использованием новой технологии, внедренной на предприятиях различного профиля.

Помимо этого, решены задачи по извлечению ванадия, вольфрама, титана из жидких и твердых отходов металлургических производств (Чусовской металлургический завод, НТМК и др.) и выделению радионуклидов из радиационно-загрязненных сточных вод.

Таблица. Результаты применения реагентов-гидрозолей

Тип очищаемой воды	Загрязняющее вещество	Норматив, мг/дм ³	Исходная концентрация, мг/дм ³	Технология с использованием реагентов-гидрозолей, мг/дм ³	Известные аналоги, мг/дм ³
Промышленные сточные воды	Нефтепродукты	0,05 ПДК _{рх}	1,5 – 8,0	0,03 – 0,08	0,5 – 1,6
	Железо (общее)	0,1 ПДК _{рх} 0,3 ВОЗ	0,7 – 4,0	0,05 – 0,1	0,35 – 1,5
	Взвешенные вещества	- -	20 – 80	0,4 – 1,0	1,2 – 3,0
Сточные воды металлургических производств	Медь	0,001 ПДК _{рх} 0,002 ВОЗ	0,05 – 0,46	0,01 – 0,02	0,2 – 0,25
	Никель	0,01 ПДК _{рх} 0,02 ВОЗ	0,03 – 0,85	0,01 – 0,02	0,2 – 0,3
	Цинк	0,01 ПДК _{рх} 3,0 ВОЗ	0,8 – 5,5	0,01 – 0,02	0,18 – 0,25
	Железо	0,1 ПДК _{рх} 0,3 ВОЗ	0,6 – 19,7	0,05 – 0,1	0,47 – 0,60
Питьевая вода (водозабор из подземного источника)	Железо (общее)	0,3 СанПин 2.1.4.1074-01 0,3 ВОЗ	6,0	0,05 – 0,15	0,5 – 0,7
	Марганец	0,1 СанПин 2.1.4.1074-01 0,5 ВОЗ	0,5	0,05 – 0,08	0,3 – 0,4

Описание реагентов

Тонкодисперсные реагенты представляет собой продукт механохимической реакции высокодисперсного природного алюмосиликата с органическими соединениями. Реагенты предназначены для:

- очистки сточных вод от ионов тяжелых и цветных металлов, нефтепродуктов, взвешенных веществ, органических соединений, радионуклидов.
- кондиционирования питьевой воды.

Используется в технологиях:

- очистки промливневых сточных вод;
- очистки промывных вод гальванопроизводств;
- очистки воды от радионуклидов.
- подготовки питьевой воды;
- утилизации промывной воды осветлительных фильтров станций водоподготовки и ТЭЦ;
- предводоподготовки для паросилового хозяйства ТЭЦ.

Внешний вид реагента – порошок светло-коричневого цвета. Массовая доля основного вещества – не менее 90 – 98 %, массовая доля влаги не более 2 – 10 %, активная реакция пятипроцентного геля $\text{pH} = 9 - 12$, сорбционная емкость по ионам тяжелых и цветных металлов до 8 мг-экв/г.

Поставка осуществляется в мягких контейнерах МКР 1.0-С (нетто 500 кг) по ТУ 6-19-74-77. Возможно применение других видов транспортной тары, обеспечивающей сохранность качества при транспортировке и хранении.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШЛАКОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ ДЛЯ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ШАХТНЫХ ВОД

Смирнов Б.Н., Пакулин Е.Н., Иваница С.И., Щапов А.В.

ОАО «Уралгипромет», г. Екатеринбург, Россия

schapovAV@Uralgipromet.ru

Ключевые слова: металлургия, сталеплавильное производство, отходы, шлак, нейтрализация, проектирование, химический анализ, экология, вода.

Проведен комплекс работ, направленных на изучение возможностей и разработку оптимальных технологий извлечения полезных компонентов из отходов металлургических производств, а также проектирование предприятий по извлечению металлов, содержащихся в техногенных образованиях. Сталеплавильный шлак, после извлечения из него большей части железа методом магнитной сепарации, может быть успешно использован в качестве засыпного материала при рекультивации нарушенных земель, имеющих повышенную кислотность.

USE OF METALLURGICAL PRODUCTION SLUGS FOR PIT WATER NEUTRALIZATION

Smirnov B.N., Pakulin E.N., Ivanitsa S.I., Shchapov A.V.

JSC Uralgipromet, Ekaterinburg

schapovAV@Uralgipromet.ru

Key words: metallurgy, steel-smelting production, waste, slag, neutralization, designing, chemical analysis, ecology, water

Set of works aimed at research of possibilities and development of optimal technologies for valuable components extraction from metallurgical production wastes, as well as designing of plants for metal extraction from man-made formations is carried out. Steelmaking slag after extraction of bulk of iron by the method of magnetic separation can be successfully applied as fill material for reclaiming of disturbed soils possessing excessive acidity.

Комплексное использование сырья является одной из приоритетных задач промышленности в современный период. Особенно остро этот вопрос стоит для предприятий черной металлургии, перерабатывающих большие объемы сырья и имеющих значительное количество отходов производства, основными из которых являются металлургические шлаки.

Нами проведен комплекс работ, направленных на изучение возможностей и разработку оптимальных технологий извлечения полезных компонентов из отходов металлургических производств, а также проектирование предприятий по извлечению металлосодержащих составляющих из техногенных образований. Особое внимание было уделено вопросам использования отходов сталеплавильных предприятий специализирующихся на переработке лома черных металлов.

Анализ химического состава шлаков ряда уральских предприятий, перерабатывающих лом черных металлов (табл. 1), свидетельствует, что в шлаках содержится более 50% оксидов щелочноземельных металлов и от 3,0 до 15,0 % металлического железа.

ОАО «Уралгипромет», совместно с рядом научно-исследовательских институтов, выполнил проекты дробильно-сортировочных комплексов, обеспечивающих извлечение металлического железа из шлаков ферросплавного, сталеплавильного и доменного производств. К настоящему времени опыт промышленной эксплуатации показал достаточно высокую эффективность этих комплексов. Принципиальная технологическая схема дробильно-сортировочного комплекса приведена на рис. 1.

Применение дробильно-сортировочных комплексов позволяет вернуть в производство металлическое железо. Оставшаяся часть шлака до последнего времени практически не использовалась и отправлялась в отвалы. Незначительную часть обедненного по железу шлака использовали для строительных работ, в частности, для строительства автомобильных дорог.

Типичный химический состав сталеплавильного шлака, после извлечения металлического железа, приведен в таблице 1. Его основную часть составляют оксиды металлов.



Рис 1. Принципиальная технологическая схема дробильно-сортировочного комплекса.

Таблица 1. Типичный химический состав сталеплавильных шлаков после извлечения металлического железа

Наименование компонента	Содержание, %	
	Ковшовый шлак	Электроплавильный шлак
CaO	40,5 – 45,0	40,5 – 45,0
MgO	5,0 – 15,0	5,0 – 15,0
SiO ₂	10,0 – 15,0	10,0 – 15,0
Al ₂ O ₃	3,0 – 8,0	3,0 – 7,0
Cr ₂ O ₃	0,8 – 5,0	0,8 – 5,0
FeO, Fe ₂ O ₃	< 5,0	< 28,0
MnO, Mn ₂ O ₃	1,0 – 1,5	5,0 – 6,0
TiO ₂	7,0 – 15,0	7,0 – 15,0
CaF ₂	5,0 – 10,0	5,0 – 10,0

Чаще всего оксиды представлены в виде ларнита ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), марганцево-железистого монтichelлита ($\text{CaO} \cdot (\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$), мервинита ($3\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$), двухкальциевого феррита ($2\text{Ca} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), брунмиллерита ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), шпинели ($(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})\text{O} \cdot (\text{Al}, \text{Fe}, \text{Cr}, \text{Mn})_2\text{O}_3$), железистого геленита ($2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$), периплаза (MgO), свободной извести (CaO) и др. Коэффициент основности шлаков близок к 3,0.

Анализ экологической ситуации на Среднем Урале показал, что, как и в большинстве старопромышленных рудодобывающих регионах, имеется большое количество земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых. В связи с этим нами была рассмотрена возможность использования остатков шлаков для рекультивации нарушенных земель.

Одним из наиболее актуальных районов экологической опасности Урала, на наш взгляд, является район г. Дегтярска, где имеется большое количество отработанных карьеров и шахтных провалов, являющихся объектами производственной деятельности Дегтярского рудоуправления, специализировавшегося на добыче медноколчеданных руд для медеперерабатывающих предприятий Свердловской области. К настоящему времени добыча руды прекращена вследствие истощения месторождения. Шахты постепенно заполнились водой, централизованную откачку прекратили. Это привело к бесконтрольному выходу на поверхность шахтных вод, а также накоплению в шахтных провалах и карьерах поверхностных вод. Данные воды характеризуются кислой реакцией и присутствием соединений цинка, свинца, кадмия, меди, марганца и других компонентов, что является следствием выщелачивания рудных пород в заброшенных шахтах и на поверхности территории. Реальный химический состав вод Дегтярского рудоуправления приведен в табл. 2.

Таблица 2. Химический состав воды Дегтярского рудоуправления

Наименование компонента	Концентрация компонента, г/л	
	Подземные воды	Поверхностные воды
рН	2,55	2,83
Сера	1,21	1,08
Цинк	10,3	10,7
Свинец	0,19	0,20
Кадмий	0,17	0,19
Железо	1,47	1,84
Марганец	37,7	5,18
Медь	8,46	9,87

В результате наблюдается загрязнение токсичными веществами прилегающей местности и речек Дегтярка, Исток, Вязовка. Вышедшие на поверхность воды нейтрализуются до рН 10–11 известковым молоком, поступающим со специально построенной станции нейтрализации, после чего направляется в Ельчевский пруд-отстойник и далее в Волчихинское водохранилище, которое является основным источником питьевой воды г. Екатеринбурга. Суммарный объем водоотлива достаточно значительный и составляет 2,5 – 2,7 тыс. м³ в сутки и, следовательно, нейтрализация воды требует от областного бюджета большого объема финансирования.

Проведенный комплекс исследований показал, что растворимая в кислой водной среде часть шлака, являющегося отходом электросталеплавильного передела Ревдинского завода ОАО «Нижнесергинский метизно-металлургический завод», составляет 12 – 15 %, при этом значение щелочного резерва сталеплавильных шлаков в пересчете на CaO (активную известь) колеблется в диапазоне 16–50 г-экв. на тонну шлака.

Поэтому, такой шлак после извлечения из него большей части железа методом магнитной сепарации, может быть успешно использован в качестве засыпного материала при рекультивации нарушенных земель, имеющих повышенную кислотность. Учитывая отсутствие в сталеплавильных шлаках цветных металлов и других токсичных веществ, их применение в качестве нейтрализаторов кислотных сред является весьма перспективным.

Основываясь на этих предпосылках, нами выполнены проекты рекультивации ряда объектов в районе г. Дегтярска Свердловской области, часть из которых успешно реализованы.

В настоящее время сотрудники ОАО «Уралгипромет» ведут работы по использованию металлургических шлаков для рекультивации нарушенных земель в Калужской и Челябинской областях.

Однако следует отметить, что в каждом конкретном случае при проектировании необходимо проведение исследований как химического состава почвы и вод рекультивируемого объекта, так и нейтрализаторов или нейтральных засыпных материалов. Только после полного анализа существующей обстановки вырабатываются технологические и экологические подходы к проектированию рекультивации нарушенных земель конкретного объекта.

Выводы

Применение дробильно-сортировочных комплексов позволяет вернуть в производство металлическое железо. Шлак, после извлечения из него большей части железа методом магнитной сепарации, может быть успешно использован в качестве засыпного материала при рекультивации нарушенных земель, имеющих повышенную кислотность.

Только после полного анализа существующей обстановки вырабатываются технологические и экологические подходы к проектированию рекультивации нарушенных земель конкретного объекта.

**ОПЫТ ОАО «УРАЛГИПРОМЕЗ»
ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ**
Степанов Е.А., Фролов И.С., Орнатов В.В., Загудаев А.И., Смирнов Б.Н.
ОАО «Уралгипромез», г. Екатеринбург, Россия
mrstepanovea@yandex.ru

Ключевые слова: отходы, гальванические производства, сточная вода, шламы, электролит, плотность тока, драгоценные металлы.

На основе анализа существующего состояния гальванических производств показана необходимость разработки технологий очистки отходов гальванических производств. Стратегическим решением по регулированию отходов гальванических производств является предотвращение образования шламов. Очистку сточных вод, имеющих в своем составе ионы металлов, целесообразно вести в несколько стадий: первая – электрохимическая, вторая – сорбционная очистка. Появление новых материалов с высокоразвитой поверхностью, позволяет изготовить катоды, обеспечивающие сверхнизкую плотность тока при осаждении металла с малыми концентрациями. Применение двухстадийного способа извлечения металлов позволяет стабильно достигать ПДК при очистке. Опыт ОАО «Уралгипромез» показывает необходимость применения многостадийной очистки сточных вод с использованием на первой стадии электрохимического осаждения металлов на катодах с высокоразвитой поверхностью.

**EXPERIENCE OF JSC URALGIPROMEZ IN ELECTROPLATING WASTE
TREATMENT**

Stepanov E.A., Frolov I.S., Ornatov V.V., Zagudaev A.I., Smirnov B.N.
Uralgipromez, Ekaterinburg
mrstepanovea@yandex.ru

Key words: waste, electroplating production, waste water, slimes, electrolyte, current density, precious metals

The necessity of development of electroplating waste products treatment technology is shown on the basis of the electroplating industry state of art analysis. Strategic decision on electroplating waste products controlling is prevention of sludge formation. Treatment of

waste water containing metal ions is appropriate to carry out in several stages: the first – electrochemical process, the second – sorption purification. New materials with highly developed surface enable to manufacture cathodes providing ultralow current density at precipitation of metal with low concentrations. The application of two-stage metals extraction method enables to achieve constantly the maximum permissible concentration during the treatment process. The experience of JSC Uralgiprommez indicates the necessity of application of multi-stage waste water treatment with use of metals at highly-developed surface cathodes at the first stage of electrochemical deposition.

В технологических циклах большинства машиностроительных, металлообрабатывающих, приборостроительных, металлургических и ряда других предприятий широко применяют гальванические покрытия, повышающие коррозионную стойкость, износоустойчивость и улучшающие декоративный вид изделий. Несмотря на значительное сокращение в последние годы количества гальванических производств утилизация их отходов продолжает оставаться серьезной проблемой.

Значительное количество твердых отходов гальванических производств поступает в виде сложных смесей, разделение которых представляет собой трудоёмкий процесс. Другая часть гальванических отходов представлена разбавленными растворами, извлечение полезных компонентов из которых также представляет сложную задачу.

Большинство предприятий, имеющих гальванические или гидрометаллургические производства, сталкиваются с проблемой утилизации шламов от нейтрализации сточных вод. Так, на промышленных предприятиях страны ежегодно образуется до 120 тыс. т железосодержащих шламов, 70 тыс. т цинксодержащих шламов, 13 тыс. т медьсодержащих шламов, а также других, которые относятся к отходам 2 – 4 класса опасности.

В конце XX века в России ежегодно образовывалось свыше 20 млн т промышленных отходов с высоким уровнем токсичности, которые не утилизировались. Из этого огромного количества 0,75 млн т приходилось на шламы. На данный момент объёмы гальванического производства снизились почти на 40 – 50 %, но проблема гальваношламов и стоков пока остается для РФ одной из самых значимых.

В Свердловской области существует мощный комплекс предприятий, для которых проблема экологической безопасности при работе с гальваническими растворами и шламами является актуальной. На сегодняшний день в регионе накоплено

более 350 тыс. т отходов гальванического производства. Однако пока не создана система по их переработке и длительному хранению.

Во многих случаях шламы сбрасывают в шламонакопители, отвалы и пруды, загрязняя как воздушный бассейн, так и подземные и поверхностные воды. При их захоронении в шламонакопителях, помимо ущерба, наносимого окружающей среде, одновременно теряется большое количество ценного сырья.

По содержанию металлов осадки очистных сооружений (гальванические шламы) сопоставимы с природным сырьем. Их обычно подразделяют на следующие группы: кальцийсодержащие (осадитель – известковое молоко), натрийсодержащие (осадитель – щелочь или сода), железосодержащие шламы, получаемые в процессе электрокоагуляционной очистки или при использовании железосодержащих реагентов. Примерный химический состав шламов, образующихся в гальванических производствах российских предприятий, приведен в таблице.

Таблица. Химический состав гальванических шламов

Содержание элементов, %											
Ni	Cu	Zn	Cr	Fe	Pb	Al	As	Cd	Si	Mg, Ca	Cl, S
3–20	1–10	1–15	0–10	1–20	0–5	0–5	0–0,1	0–3	1–20	0–15	0–10

Значительное количество усилий прикладывается для вовлечения таких отходов в существующие технологии:

- в качестве добавки к шихте при производстве керамической плитки, керамзита, кирпича и при производстве цемента (например, известно, что в США цементные предприятия перерабатывают до 40 % всех токсичных отходов, образующихся в стране);
- в качестве добавок для приготовления гальванических растворов или самостоятельных продуктов (например, применение растворов шестивалентного хрома в производстве фосфатирующих концентратов).

При изготовлении кирпичей в глину добавляют 3 – 5 % обезвоженных шламов с влажностью 60 – 80 %, что позволяет улучшить технологические свойства композиции. Использование обезвоженного порошка при изготовлении керамической черепицы повышает ее прочностные свойства. Гидроксидные шламы гальванических производств добавляют в асфальт, бетон, гипсовые смеси. Железосодержащие шламы после сушки используют для получения керамзита, а также для производства высококачественных ферросплавов.

Весьма перспективны гидрометаллургические методы переработки гальванических шламов, так как они позволяют селективно извлечь цветные металлы. Однако при разработке таких технологий следует помнить, что в шламах различные металлы несовместимы между собой: цинк – с никелем, свинец – с цинком и никелем. Последнее обстоятельство приводит к тому, что во многих случаях регенерация металлов из шламов гальванического производства не производится.

Из всех методов утилизации гальванических шламов наиболее перспективными являются те, которые позволяют извлекать ценные тяжелые цветные металлы, снижая возможность их попадания в водоемы. Наибольший интерес представляют способы утилизации шламов гальванических производств, основанные на их глубокой комплексной переработке, обеспечивающей получение из этого сырья востребованных товарных продуктов.

Стратегическим решением по регулированию отходов гальванических производств является предотвращение образования гальваношламов. Это, как показали проведенные исследования, возможно при выделении элементов в виде металла или его труднорастворимого соединения на самой линии, а не на станции нейтрализации. Ряд технологических решений по данному подходу разработан нами для предприятий цветной металлургии [1, 2].

В гальваническом производстве образуются сточные воды, которые содержат такие металлы, как хром, никель, свинец, медь, кадмий, цинк, олово и др. Еще во времена СССР в регионах с развитой промышленностью, имеющих гальванические производства, концентрация тяжелых цветных металлов в водной среде превышала допустимые нормы в десятки раз. При этом только половина предприятий утилизировала гальванические стоки с целью выделения из них вредных веществ. Значительная же часть предприятий не имела очистных сооружений, а промышленные стоки сбрасывали в канализацию.

За последние 15 лет положение не только не улучшилось, но в ряде случаев ухудшилось. Продолжаются сбросы сточных гальванических вод в канализацию, а состояние шламохранилищ вызывает обоснованное беспокойство, следовательно, попадание в почвенные воды токсичных элементов продолжается. Сбрасываемые сточные воды содержат в среднем (мг/л): хрома – 3,7; никеля – 0,5; меди – 0,7; цинка – 1,4; свинца – 0,2; кадмия – 0,01.

В настоящее время на большинстве предприятий проектируются и действуют централизованные системы, предусматривающие сбор и совместную очистку всех видов сточных вод на единых очистных установках. Эти системы могут успешно

применяться только на предприятиях, имеющих сточные воды близкие по химическому составу.

В случае многокомпонентных и значительно отличающихся по химическому составу сточных вод целесообразно использовать децентрализованные (локальные) системы их очистки. Они должны создаваться на базе локальных циклов водооборота при отдельных операциях гальванопокрытий: например, никелирования, хромирования, меднения и т. д. Именно такие системы, на наш взгляд, более перспективны в данных условиях, так как позволяют проводить постепенное внедрение очистки, существенно уменьшить безвозвратные потери сырьевых материалов и неоднократно использовать воду.

Прорывным решением для оптимизации процесса явилась установка нескольких степеней очистки сточных вод в виде специальных блоков, чаще всего электролитической очистки, непосредственно на каждой линии покрытия. Следует отметить, что линии разнятся не только производительностью, но и составом применяемого электролита. Поэтому требуется тщательный анализ работы линии и подбор соответствующего электрохимического агрегата для очистки воды в первой промывочной ванне.

Как показал наш опыт внедрения очистки сточных вод, имеющих в своем составе ионы дорогостоящих металлов, целесообразно вести очистку воды в несколько стадий. В качестве первой стадии чаще всего применяли электрохимический способ извлечения металла из раствора. Появление новых материалов с высокоразвитой поверхностью, в том числе медных, полученных методом порошковой металлургии, позволило изготовить катоды, обеспечивающие сверхнизкую плотность тока при осаждении металла из сточных вод с малым содержанием его ионов. При сверхнизких плотностях тока удавалось получить осадки с высоким выходом по току, в том числе и драгоценных металлов. В дальнейшем эти катоды могут быть направлены на медеаффинировочные предприятия с целью разделения меди и благородных металлов.

Именно такой подход позволил нам на ряде предприятиях, получающих гальванопокрытия из благородных металлов, а также на ОАО «Екатеринбургский завод обработки цветных металлов» добиться практически полного извлечения драгоценных металлов из сточных вод.

Применение электрохимического способа очистки воды позволил уже на первой стадии извлечь до 96 – 98,5 % металлов, попавших в сточную воду. Однако даже при таких хороших технологических показателях первая стадия очистки не обеспечивала снижения концентрации металлов в воде до значения ПДК. Для более полного извлечения металла на второй стадии была применена установка физико-

химической доочистки воды, состоящая из циркуляционного насоса и сорбционной колонны. Применение двухстадийного способа извлечения металлов позволило стабильно достигать ПДК и даже менее его по концентрации; затем вода поступала на станцию нейтрализации.

К металлам, извлекаемым описанным способом, относятся все металлы, чей потенциал положителен значения $-0,35 \div -0,4$ В (относительно НВЭ). Металлы с отрицательным потенциалом (например, Zn) требуют иного подхода, т.к. они на электрохимической стадии очистки не могут выделяться из разбавленных растворов и для очистки сточных вод от этих металлов необходимо применять сорбционные или экстракционные методы.

Опыт ОАО «Уралгипромез» по разработке технологий, выбора оптимального оборудования и проектирования участков извлечения полезных компонентов из сточных вод с целью их повторного использования и организации замкнутого водооборота показывает необходимость применения многостадийной очистки сточных вод с использованием на первой стадии электрохимического осаждения металлов на катодах с высокоразвитой поверхностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов Л.А., Пермяков А.А., Правдин А.Б., Смирнов Б.Н. Применение техногенных отходов для эмалирования // Экологическая безопасность Урала: Мат-лы междунар. науч.-техн. конф. «Уралэкология. Техноген-2002». Екатеринбург, 2002. С. 197–198.
2. Плюснин А.А., Кожурков А.В., Смирнов Б.Н., Селянинова И.В. Изучение возможности использования магнитных свойств материалов при обогащении руд черных и цветных металлов // Проблемы ресурса и безопасной эксплуатации материалов: Сб. трудов седьмой Междунар. науч.-техн. конф. СПб. 2006. С. 156–159.

**ЦЕМЕНТНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ
ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ**

Теплоухов С. П.

ООО «Научно-производственная фирма «Уралцемент», г. Екатеринбург, Россия
cement_42@mail.ru

Ключевые слова: опасные промышленные отходы, осадки сточных вод, цемент, утилизация.

Разработаны технологии утилизации опасных отходов и осадков сточных вод в производстве портландцемента. Представлены рекомендации по их дальнейшему развитию и промышленному применению.

**PORTLAND CEMENT INDUSTRY CONTRIBUTION IN SOLUTION
OF THE INDUSTRIAL WASTE PROCESSING PROBLEMS**

Teploukhov S. P.

ООО URALTSEMENT, Ekaterinburg, Russia
cement_42@mail.ru

Key words: industrial hazardous wastes, wastewater sludges, cement, utilization.

Technologies for utilization of hazardous waste and wastewater sludges in Portland cement production have been developed. This paper presents recommendations on their further development and industrial application.

Использование мощностей цементной промышленности в массовой переработке производственных отходов известно. В настоящее время разработаны и успешно используются технологии переработки твердых отходов практически всех отраслей промышленности. Технология основана на вводе строго расчетных количеств отходов в сырьевую шихту для производства клинкера – полуфабриката цемента. Сырьевая шихта в смеси с отходами проходит термическую обработку во вращающихся печах до появления расплава и последующего спекания с максимальной температурой не ниже 1500 °С. Некоторые виды отходов после соответствующей обработки и подготовки используются как компонент цемента.

Более сложной задачей является переработка влажных шламов, пастообразных и подобных отходов. К ним относятся шламы от очистки сточных вод и отработанные

сорбенты. Практический опыт показал, что без соответствующей подготовки их переработка в цементной промышленности практически невозможна. Необходимо максимальное обезвоживание и, в некоторых случаях, смешивание с сухими отходами (пыли, шлаки) с целью достижения технологичности перевозки и дальнейшей переработки. Таким образом, удастся решить одновременно задачу утилизации нескольких видов отходов.

Организация переработки гальванических шламов занимает особое место. Химический состав гальваношламов разнообразен. В состав шламов входят химические элементы, которые регламентируются по содержанию в цементе. Некоторые химические элементы, например, цинк и кадмий, при нагревании испаряются, не переходя в расплав клинкерного стекла и выносятся отходящими газами из вращающейся печи.

Следовательно, существует задача разбавления гальваношламов до такого состояния, при котором содержание регламентируемых элементов не превышало бы требований нормативных документов к технологии и продукции, а концентрация испаряющихся химических элементов – предельно допустимых концентраций в отходящих газах цементных печей.

Опыт показывает, что объем жидких, пастообразных и регламентируемых отходов на каждом конкретном предприятии чаще всего относительно невелик. Создание на каждом предприятии мощностей по обезвоживанию и подготовке отходов к переработке – мероприятие довольно дорогостоящее. А специализированное предприятие на долевых началах в пределах территориальной производственной агломерации позволит решить задачу комплексно и эффективно. Целью такого предприятия будет сбор, подготовка к переработке, в том числе нейтрализация и обезвреживание, отгрузка и учет отходов предприятий региона.

В части решения задачи переработки отходов на заводе-переработчике разработаны регламенты. Различие регламентов состоит в том, что цементные заводы применяют различные способы производства – мокрый и сухой.

В технологическую цепочку входят следующие регламенты:

- подготовка отходов к переработке;
- организация приемки отходов на заводе-переработчике;
- подготовка отходов к переработке на заводе-переработчике;
- проведение технологических испытаний;
- мониторинг процесса переработки (оценка воздействия на окружающую среду, контроль качества выпускаемой продукции, прогноз изменения технико-экономических показателей предприятия).

**ОБЪЕКТЫ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
ПРЕДПРИЯТИЙ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**

Федоров И.В., Дубровина Е.Б., Васильченко Л.А., Печурина Л.В., Соловьев С.В.

ОАО «Уралгипромет», г. Екатеринбург, Россия

solovevsv@uralgipromet.ru

Ключевые слова: водное хозяйство, металлургия, оборотный цикл водоснабжения, очистка сточных вод, проектирование.

В статье рассмотрены способы организации систем «чистого» и «грязного» оборотных циклов на предприятиях черной металлургии. Дано описание технологий комплексной очистки сточных вод трубопрокатных производств.

FERROUS METALLURGY WATER SECTOR BODIES

Fyodorov I.V., Dubrovina Y.B., Vasilchenko L.A., Pechurina L.V., Solovyev S.V.

Uralgipromet, Ekaterinburg, Russia

solovevsv@uralgipromet.ru

Key words: water sector, metallurgy, recycling water supply, waste water treatment, designing.

The article discusses methods of organizing «clean» and «dirty» water closed cycle systems at ferrous metallurgy plants. A description of pipe production wastewater integrated treatment technology is given.

В настоящее время трудно представить промышленное предприятие, не использующее воду в своем технологическом процессе. В металлургическом производстве основная масса воды расходуется на охлаждение пирометаллургических агрегатов, трущихся узлов механического оборудования, непосредственно используется в гидрометаллургических процессах. Внедрение полного водооборота осложнено тем, что на различных переделах пиро- и гидрометаллургических процессов к качеству оборотной воды предъявляются различные требования. Своеобразие

процессов металлургического производства и местных условий водоснабжения предполагает использование различных схем оборотного водоснабжения и бессточной технологии даже для одинаковых заводов [1].

Специалисты ОАО «Уралгипромез» за последние годы выполнили проекты по строительству и реконструкции ряда крупных металлургических предприятий Уральского региона и Дальнего Востока: Нижне-Тагильский металлургический комбинат (НТМК), Северский трубный завод (СТЗ), Синарский трубный завод (СинТЗ), Первоуральский новотрубный завод (ПНТЗ), Нижне-Сергинский, Серовский, Чусовской, Омутнинский (ОМЗ) металлургические заводы, металлургический завод «Амурметалл» [2]. На всех предприятиях совместно с основным производством были реконструированы или построены заново объекты комплекса в том числе объекты водного хозяйства.

Для обеспечения производственного водоснабжения сталеплавильного производства должны быть предусмотрены:

- системы «чистого» (ЧОЦ) и «грязного» (ГОЦ) оборотных циклов водоснабжения;
- система замкнутых оборотных циклов химобессоленной воды;
- водоподготовка;
- система аварийного водоснабжения;
- наружные сети.

Система «чистого» оборотного цикла сталеплавильного производства предназначена для охлаждения контуров теплообменников дуговой сталеплавильной печи (ДСП), машины непрерывного литья заготовки (МНЛЗ), кристаллизатора, установки печь-ковш (УПК), вакууматора, вспомогательного оборудования, для общецеховых нужд цеха, внутреннего пожаротушения. Вода «чистого» оборотного цикла в процессе производства не загрязняется, а только нагревается. Как правило, в состав системы чистого оборотного цикла входят: насосная станция; градирни; фильтровальная станция; сети.

Система «грязного» оборотного цикла предназначена для охлаждения распылением, водяного контактного охлаждения и смыва окалины. В состав грязного оборотного цикла входят: тоннель гидросмыва; яма окалины с насосной станцией (первичная очистка); вторичные очистные сооружения; градирни; сети.

Система замкнутых оборотных циклов химобессоленной воды используется в первичных контурах охлаждения оборудования МНЛЗ, кристаллизатора, установки «печь-ковш».

Водоподготовка необходима для обеспечения требуемого качества воды, поступающей в оборотные циклы.

Ввиду того, что сталеплавильное производство относится к первой особой группе надежности водоснабжения, должна быть предусмотрена система аварийного водоснабжения ДСП, МНЛЗ и установки «печь-ковш».

При разработке технологии водного хозяйства современных сталеплавильных комплексов проектировщикам приходится решать сложные компоновочные задачи, вопросы обеспечения требуемых параметров воды и надежности проектируемых систем и сетей.

В процессе проектирования объектов водного хозяйства сталеплавильных производств в ОАО «Уралгипромез» были успешно решены возникающие при очистке сточных вод задачи, связанные с обеспечением требуемого качества воды, используемой в оборотных циклах. Это стало возможным благодаря применению современных технологий по очистке воды.

Сводные показатели объектов водного хозяйства сталеплавильных производств, запроектированных ОАО «Уралгипромез» приведены в табл.

Таблица. Показатели оборотного водоснабжения по объектам проектирования ОАО «Уралгипромез»

Объект	ККЦ №1. ОНРС. МНЛЗ №4. НТМК	ЭСПК ПНТЗ	ЭСПЦ СТЗ	УПК и МНЛЗ ОМЗ	ЭСПЦ-2 Амурметалл
Производительность сталеплавильного комплекса, тыс. т/год	1500	950	900	200	1000
Производительность ЧОЦ, м ³ /ч	2212	6596	5453	700	8000
Производительность ГОЦ, м ³ /ч	489	1455	420	200	1275
Доля объектов водного хозяйства в общих капитальных затратах, %.	7,01	7,89	5,85	6,88	7,73

Схема производственного водопотребления и водоотведения чистого и грязного оборотных циклов ЭСПЦ на примере металлургического завода «Амурметалл» представлена на рис. 1.

Оборудование трубопрокатных и прокатных цехов, по сравнению со сталеплавильным производством, отличается более жесткими требованиями к качеству используемой воды, сложностью очистки сточных вод, содержащих в основном мелкую окалину и следы графитовой смазки.

В рамках выполнения работ по реконструкции и строительству трубопрокатных производств на уральских заводах специалистами отдела водного хозяйства ОАО «Уралгипромез» разработана проектная и рабочая документация по многоступенчатым системам очистки сточных вод. Например, при комплексной реконструкции трубопрокатного производства с установкой непрерывного стана на Северском трубном заводе (ТПЦ-1) построены и введены в эксплуатацию: блок очистных сооружений непрерывного стана, финишные очистные сооружения и очистные сооружения графитосодержащих сточных вод.

Для достижения предъявляемых требований к качеству оборотной воды предусмотрена следующая технология очистки сточных вод ГОЦ ТПЦ-1:

- очистка оборотной воды (после первичного отстаивания в цеховой яме для окалины) методом флокулирования–отстаивания с использованием отстойников-флокуляторов;
- обработка загрязненной оборотной воды катионным флокулянтom для интенсификации процессов агрегации и седиментации образовавшихся хлопьев в отстойниках-флокуляторах;
- стабилизационная обработка оборотной воды ингибиторами коррозии с целью обеспечения ее стабильности;
- охлаждение очищенной оборотной воды до нормативных требований с использованием вентиляторных блочных градирен, которые обеспечивают более глубокое и устойчивое охлаждение нагретой воды и допускают большие удельные тепловые нагрузки, чем другие типы градирен;
- доочистка очищенной воды ГОЦ на напорных фильтрах до требований, предъявляемых к качеству воды, подаваемой на гидросбив окалины;
- отведение на финишные сооружения доочистки продувочных сточных вод;

- сгущение осадка из вторичных отстойников и шламосодержащих промывных вод фильтров в сгустителе;
- обезвоживание окалинomasлосодержащего осадка, образующегося при очистке оборотной воды, на фильтр-прессах.

Проектная производительность блока водоподготовки ГОЦ непрерывного стана ТПЦ-1 составляет 2000 м³/ч, перспективная – 2500 м³/ч.

Принципиальная схема ГОЦ ТПЦ-1 Северского трубного завода приведена на рис. 2.

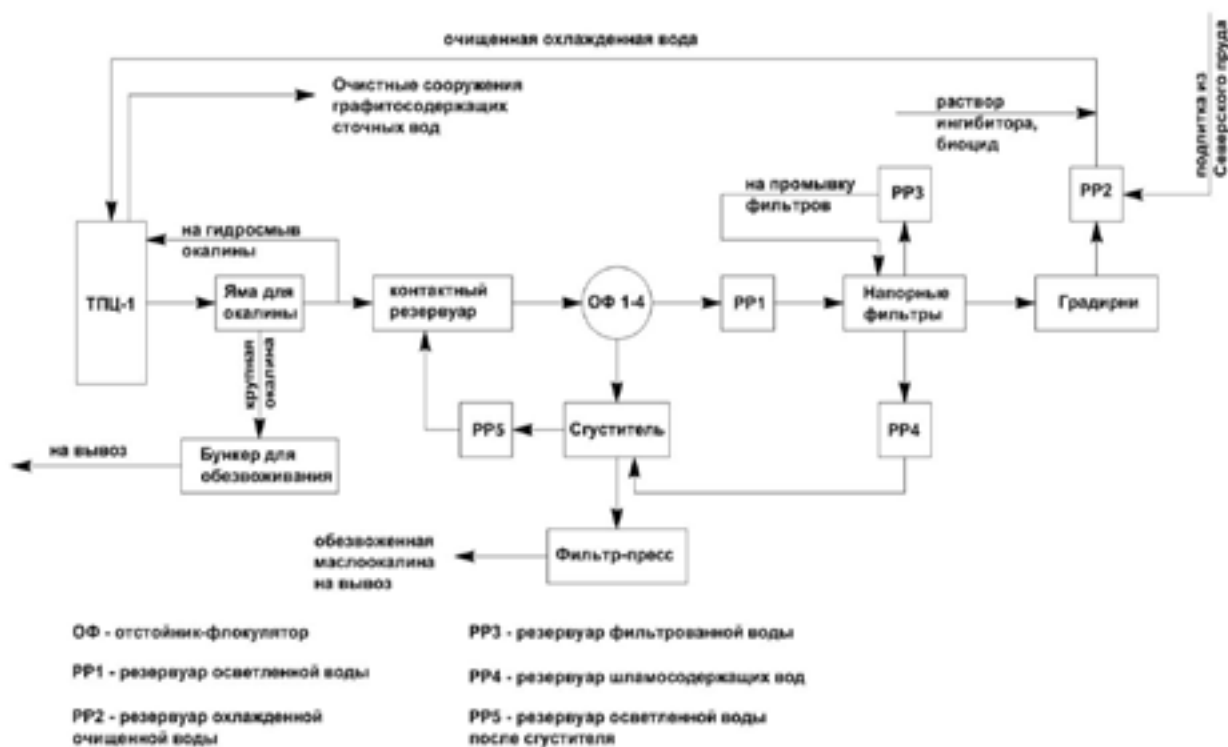


Рис. 2. Принципиальная технологическая блок-схема ГОЦ непрерывного стана ТПЦ-1 Северского трубного завода.

Очистные сооружения графитосодержащих сточных вод предназначены для очистки стоков от оборудования участка приготовления графитовой эмульсии и стоков от мокрого пылеуловителя установки газоочистки стана.

Для очистки графитосодержащих стоков используется комплекс оборудования, разработанный и поставленный фирмой «Simem». Производительность очистных сооружений графитосодержащих сточных вод – 16 м³/ч.

Очистка графитосодержащих сточных вод осуществляется с помощью нескольких химико-физических процессов, обеспечивающих разрушение стойкой коллоидной дисперсии поляризованного синтетического графита в воде, коагуляцию и седиментацию (образование осадка) твердых частиц.

Для очистки сточных вод используются реагенты: хлорное железо, едкий натр, коагулянт.

Под действием положительного электрического заряда трехвалентного катиона хлористого железа дестабилизируется коллоидная дисперсия. Таким образом, формируются микрохлопья (коагуляция), которые затем формируются в более крупные и более тяжелые хлопья (флокуляция) посредством использования вспомогательных химических материалов (полиэлектролитов). Коагуляция и флокуляция частиц обеспечивают эффективную седиментацию за короткий период времени.

Процесс седиментации хлопьев происходит в отстойнике. Осветленная вода из отстойника подвергается дополнительной фильтрации кварцем и активированным углем. Скопившийся на дне отстойника шлам собирается и поступает в систему обработки шлама. В баке сгустителя с помощью полиэлектролитов происходит увеличение концентрации шлама. Накопленный шлам обезвоживается и сушится с помощью фильтр-пресса. Загрязненные воды от промывки фильтров направляются в голову очистных сооружений.

В качестве еще одного примера можно привести отделение водоподготовки финишного центра по производству труб нефтяного сортамента Первоуральского новотрубного завода, введенное в эксплуатацию в 2009 г. Технологическая схема подготовки воды контура охлаждения оборудования участка термообработки разработана фирмой «SMS MEER» при активном участии специалистов отдела водного хозяйства ОАО «Уралгипромез».

Производительность контура прямого охлаждения – 2518 м³/ч. Расход воды, подаваемой к оборудованию очистки внутренней поверхности полости труб (осветленная вода из ямы окалины), составляет 200 м³/ч. Вода в технологическом процессе нагревается и загрязняется окалиной.

Загрязненная вода проходит следующие стадии очистки:

- отделение окалины (отстаивание);
- фильтрование через самоочищающиеся фильтры (100 % расхода);
- охлаждение;

- фильтрацию через песчаные фильтры (20 % расхода охлажденной воды).

В состав контура охлаждения входят следующие сооружения:

- тоннели гидросмыва;
- яма для окалины с насосной станцией (первичная очистка);
- отделение водоподготовки с градирнями (вторичные очистные сооружения).

Вода от потребителей участка термообработки самотеком по специальным лоткам, проложенным в тоннеле гидросмыва, поступает в яму для окалины, где происходит отстаивание и выделение из воды крупных частиц окалины. Осажденная окалина удаляется системой аэродинамического подъемника, собирается в специальные коробки и вывозится на существующее хранилище замасленной окалины.

Предварительно осветленная в первичном отстойнике (яме окалины) вода насосами по трубопроводу, прокладываемому в водопроводном тоннеле, поступает на очистку в отделение водоподготовки – в самоочищающиеся фильтры, затем направляется на градирни. Очищенная охлажденная вода собирается в приемном резервуаре, откуда насосами подается потребителям контура охлаждения участка термообработки, 20 % охлажденной воды фильтруется через песчаные фильтры. В процессе фильтрации на песчаных фильтрах, задержанные твердые частицы вызывают потерю напора. При достижении установленного значения перепада давления фильтры автоматически выводятся на промывку. Грязная промывная вода фильтров самотеком (по каналу) поступает на иловые площадки для дегидратации промывных вод. Шлам с иловых площадок вывозится на утилизацию.

Для интенсификации процесса осаждения взвешенных веществ в обрабатываемую воду в яме окалины и на иловых площадках вводится полиэлектролит.

Для исключения коррозии металлических поверхностей труб и сооружений при контакте с коррозионно-активной водой контура охлаждения оборудования участка термоотдела с целью обеспечения надежной и эффективной эксплуатации сооружений водоподготовки предусматривается обработка оборотной воды ингибитором коррозии.

Предусматривается обработка оборотной воды биоцидом для предотвращения биообрастаний в системах охлаждения.

Для восполнения потерь на испарение и капельный унос, потерь со шламом предусмотрена подпитка контура охлаждения оборудования участка термообработки свежей (речной) водой в количестве 32 м³/ч от внутрицеховых сетей в резервуар ямы для окалины.

Для нового трубопрокатного цеха с трехвалковым непрерывным станом и комплексом оборудования отделки Первоуральского новотрубного завода в числе объектов системы водного хозяйства была выполнена проектная документация отделения финишной доочистки химзагрязненных стоков производительностью 16 м³/ч.

В отделении финишной доочистки химзагрязненных стоков предусмотрена обработка следующих химзагрязненных сточных вод:

- продувочные воды ГОЦ ТПА, ГОЦ химзагрязненной воды ТПА и ГОЦ термоотдела;
- стоки от установки нейтрализации растворов фосфатирования концов труб;
- сточные воды от станции промывки подшипников фирмы «DANIELI»;
- сточные воды от станции промывки узлов всех станов производства фирмы «DANIELI»;
- стоки от обезжиривающей и очистительной машины WIK.

Проектом предусмотрена очистка сточных вод в два этапа ввиду неоднородности химического состава, различными значениями расходов и режимов поступления стоков. На первом этапе химзагрязненные сточные воды подвергаются обработке методом электрофлотации для осветления и частичного умягчения. На втором обработанные методом электрофлотации сточные воды подвергаются глубокому обессоливанию на установке обратного осмоса и выпарной установке.

По всем принятым в проектной документации техническим решениям имеются положительные заключения государственной экспертизы. Перечисленные выше объекты, за исключением нового трубопрокатного цеха с трехвалковым непрерывным станом и комплексом оборудования отделки Первоуральского новотрубного завода, к настоящему времени полностью построены и введены в эксплуатацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С.Э. Кляйн, В.В. Воронов, В.И. Аксенов, С.В. Карелов. Экологические проблемы в металлургии. Сточные воды. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. 441 с.
2. Архипова Т.С., Шариков В.М. Работы ОАО «Уралгипромез» по проектированию водного хозяйства. // Новые проекты и технологии в металлургии. Сб. трудов конф. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. С. 247–262.

**ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЭКОНОМИЧНЫХ РЕЖИМОВ
ПРОМЫВКИ ФИЛЬТРОВ И КОНТАКТНЫХ ОСВЕТИТЕЛЕЙ –
КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ ПРОМЫВКИ ФИЛЬТРОВ**

Штернер С.Р., Нестеров Ю.В.

ООО «Научно-внедренческий центр «УНИТОК»», г. Екатеринбург, Россия

info@unitok.ru

Ключевые слова: автоматизация, водоподготовка, фильтры, промывка.

Разработана и апробирована автоматизированная система контроля промывки фильтрующего оборудования, предоставляющая временные значения мутности отработанной промывной воды и взвешенных веществ, удаляемых ею. Система может использоваться при реализации экономичных режимов промывок фильтрующего оборудования, анализе его загруженности и эффективности отмывки фильтрующей загрузки.

**A TOOL FOR FILTERS AND CONTACT CLARIFIERS RINSING EFFICIENT
REGIMES IMPLEMENTATION: CONTROL MODULE FOR FILTERS RINSING**

Shterner S.R., Nesterov Y.V.

«UNITOK» Scientific/application Center, Ekaterinburg, Russia

info@unitok.ru

Key words: automation, water treatment, filters, rinsing

Automated control system for filtering equipment rinsing has been developed and applied. It enables to get time values of the worked rinsing water turbidity and suspended particles. The system can be used in implementation of efficient rinsing modes for filtering equipment, analysis of its work load and effectiveness of filtering load washing.

В настоящее время промывка фильтрующего оборудования водоочистных станций совершенствуется в направлении повышения качества отмывки песчаной загрузки и сокращения расхода воды на собственные нужды.

На большинстве водоочистных станций фильтрующее оборудование промывается в течение заданного времени с определенной временной зависимостью интенсивности промывки или «до чистой воды», при которой критерием принятия решения о завершении промывки является световое ощущение оператора.

Можно ли фильтры не домывать «до чистой воды», т. е. не полностью отмывать фильтрующую загрузку и при этом получить экономию расхода воды на собственные нужды? Общение с технологами водоочистных станций показало их большую осторожность в вопросах неполной отмывки фильтрующей загрузки.

Известна работа А.В. Каверги, начальника ПУ «Мосводоподготовка» [1], в которой подведены итоги экспериментов с «неполной отмывкой загрузки» на БОС-3 РСВ. Эксперименты показали, что анализ ряда параметров фильтров (потери напора фильтров до и после промывки, расширения фильтрующей загрузки в процессе его промывки, мутности фильтрата до и после промывки, времени фильтроцикла, влияния на отмывку зерен интенсивности промывки) показали принципиальную возможность получения экономии без ухудшения качества фильтрата и производительности фильтров, а испытания на основных сооружениях БОС-3 РСВ дали годовую экономию по одному фильтру ~ 400 тыс. руб.

Одним из важнейших параметров промывки фильтров при осуществлении режима неполной отмывки загрузки является мутность отработанной промывной воды в момент прекращения промывки. Не менее важным является количество взвешенных веществ, удаляемых из загрузки во время промывки, т. к. этот параметр характеризует эффективность промывки.

Специалисты ООО «НВЦ УНИТОК» предоставили технологам инструмент для осуществления контроля промывки фильтров – анализатор мутности промывных вод фильтров АМПВ-1, который впервые был испытан на НФС-1 г. Новосибирска в 2012 г., а результаты испытаний опубликованы в работе [2].

Его характеристики:

Тип датчика	проточный
Диапазон измерения мутности.....	(0–1000) мг/л.
Суммарная погрешность измерения мутности	
в диапазоне:.....	(0,1–2)мг/л – 0,1 мг/л; (2–1000)мг/л – 10 %
Температурный диапазон анализируемой воды.....	(0–50) °С

Выходные сигналы, количество:

— дискретные НО	1–8
— аналоговый (0–20)мА или (4–20)мА.....	1
— информационный канал связи RS-485.....	1
— продолжительность автоматической настройки диапазона измерения мутности в интервале (0,1–1000) мг/л.....	менее 2 с.

В анализаторе автоматически производятся очистка оптической системы, диагностика состояния исполнительных механизмов и электрических параметров электронных плат, настройка диапазона измерения мутности, сброс осадка.

Анализатор АМПВ-1 может применяться как автономная система автоматического контроля промывки фильтров, так и как элемент автоматизированной системы управления технологическим процессом реагентной очистки воды.

На рис. 1 представлен датчик анализатора АМПВ-1, а на рис. 2 – график промывки фильтра № 6 на НФС-1 МУП «Горводоканал» г. Новосибирска.



Рис. 1. Датчик анализатора мутности промывных вод фильтров АМПВ-1.

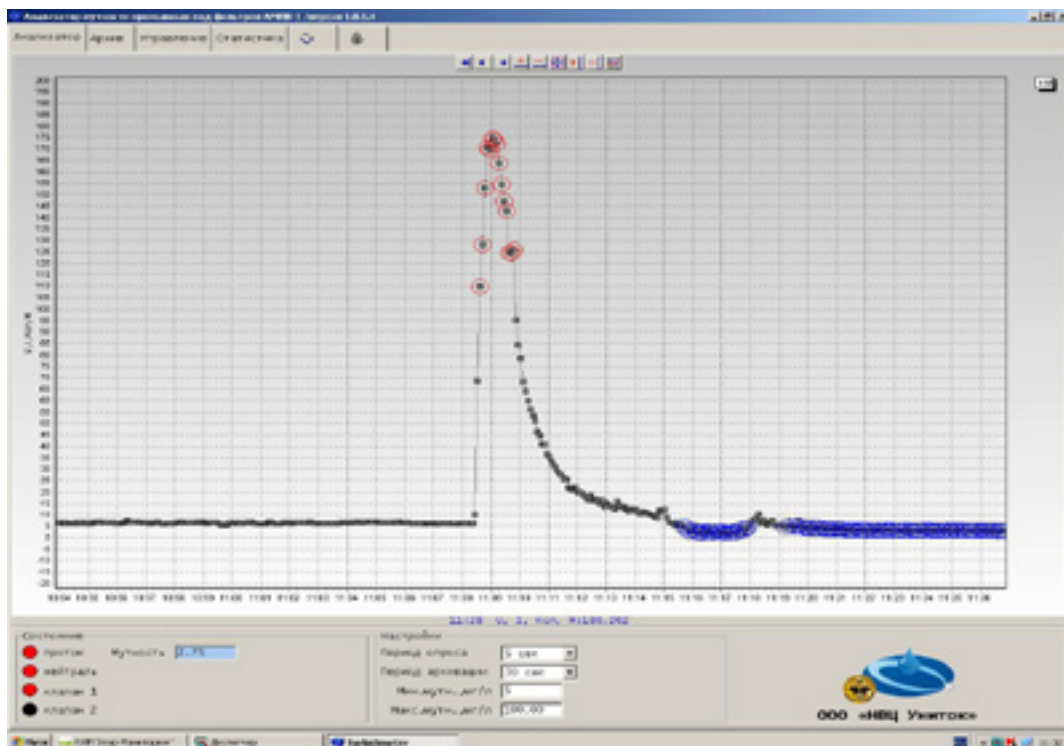


Рис. 2. График промывки фильтра №6, 20 августа 2012 г., НФС-1 г. Новосибирска.

Врезка для отбора пробы воды в анализатор АМПВ-1 выполнена в трубу $D \sim 1000$ на расстоянии 15 см от стены фильтра и 30 см от ее дна. Через этот участок трубы проходит сырая вода из отстойников и уходит промывная вода. Поэтому анализатор АМПВ-1 до и после промывки измеряет мутность поступающей на фильтр воды, а во время промывки – мутность промывной воды

Промывка фильтра начинается с открытия промывной задвижки, регламентированная продолжительность которого $\sim 30\text{--}40$ с. Как отражено на графике, резкое возрастание мутности до величины ~ 180 мг/л действительно происходит в течение 30–40 с. Далее происходит отмывка зерен фильтрующей загрузки, что сопровождается снижением мутности промывной воды.

В настоящее время промывка фильтров осуществляется автоматически и ее продолжительность зависит от уровня воды в промывном баке.

Точки графика, вокруг которых описаны окружности, соответствуют значениям мутности промывной воды, при которых анализатор выдает управляющие сигналы. Как показано на рис. 2, продолжительность промывки составляет $\sim 6,5$ мин. Для

определения этого рассмотрен участок графика до первой ступеньки, соответствующей по времени началу закрытия промывной задвижки. Вторая ступенька графика соответствует по времени началу открытия задвижки сырой воды.

Получаемую при промывке фильтра временную зависимость мутности промывной воде можно использовать для расчета количества взвешенных веществ, поступающих в нее, а также определения оптимального момента окончания промывки, который будет определять расход воды на промывку и качество отмывки зерен фильтрующего материала.

Дальнейшая работа в направлении апробации методики экономичных режимов промывки фильтров специалистами ООО «НВЦ УНИТОК» проходила следующим образом:

1. Была изготовлена партия из пяти приборов АМПВ-1.
2. Ряду водоочистных станций России предложено провести апробацию режимов неполной промывки фильтров с предварительной разработкой программы испытаний, которая предусматривала контроль качества фильтрата до и после промывки, состояния фильтрующей загрузки по легко- и трудносмываемым загрязнениям, ее визуального состояния, контроль потери напора до и после промывки и времени фильтроцикла. При этом учитывались индивидуальные особенности технологического процесса и фильтрующей загрузки.
3. В апробации режимов экономичной промывки фильтров приняли участие: ОАО «Синарский трубный завод», СПТВ; ООО «Новогор-Прикамье», Чусовские ОСВ г. Перми; МУП «Водоканал» г. Екатеринбурга, ЗФС; МУП «ИЖводоканал», ВОС «КАМА-ИЖЕВСК», г. Ижевск; ОАО «Архангельский ЦБК», ГВОС, г. Новодвинск.
4. Апробация проводилась более 6-ти месяцев.

Средняя экономия расхода воды на промывки составила:

- ОАО «Архангельский ЦБК», ГВОС, г. Новодвинск ~30 %; $M_{\text{кон}} \sim 20$ мг/л;
- ООО «Новогор-Прикамье», Чусовские ОСВ г. Перми ~30 %; $M_{\text{кон}} < 40$ мг/л;
- МУП «Водоканал» г. Екатеринбурга, ЗФС – имеется информация по октябрю 2014 г.: на блок, производительностью $\sim 80\,000 \text{ м}^3/\text{сут}$ получена экономия $\sim 17\,400 \text{ м}^3$ воды. $M_{\text{кон}} \sim 10$ мг/л;
- ОАО «Синарский трубный завод», СПТВ ~30 %. $M_{\text{кон}} \sim 25$ мг/л.

Апробация в Ижевске продолжается.

Для снижения стоимости автоматизированной системы контроля промывки фильтров, специалисты ООО «НВЦ УНИТОК» разработали модуль промывки фильтров КИМ ПФ, традиционно реализовав подход: 1 датчик – много проб.

КИМ ПФ (рис. 3) состоит из блока приема и распределения потоков, что позволило одним анализатором АМПВ-1 контролировать промывку блока, содержащего до 12 фильтров. Программное обеспечение модуля промывки фильтров КИМ ПФ обеспечивает заполнение журнала промывок, в который автоматически заносится время начала промывки, время промывки до заданного значения мутности $M_{кон}$, максимальное значение мутности промывной воды в процессе промывки $M_{тах}$, конечное значение $M_{кон}$ (оно является параметром программного обеспечения) и количество взвешенных веществ ВВ, удаляемых из фильтра с промывной водой.



Рис. 3. КИМ ПФ, ВОС «Кама–Ижевск».

После достижения мутности промывной воды значения $M_{кон}$, КИМ ПФ передает управляющий сигнал блоку сигнализации (рис. 4 а) звуковой и световой сигнал которого оповещает оператора фильтров об окончании промывки.

На блоке фильтров установлен блок интерфейсный (рис. 4 б), позволяющий управлять отбором проб различных фильтров и показывающий на своем дисплее временную зависимость мутности промывной воды.



а

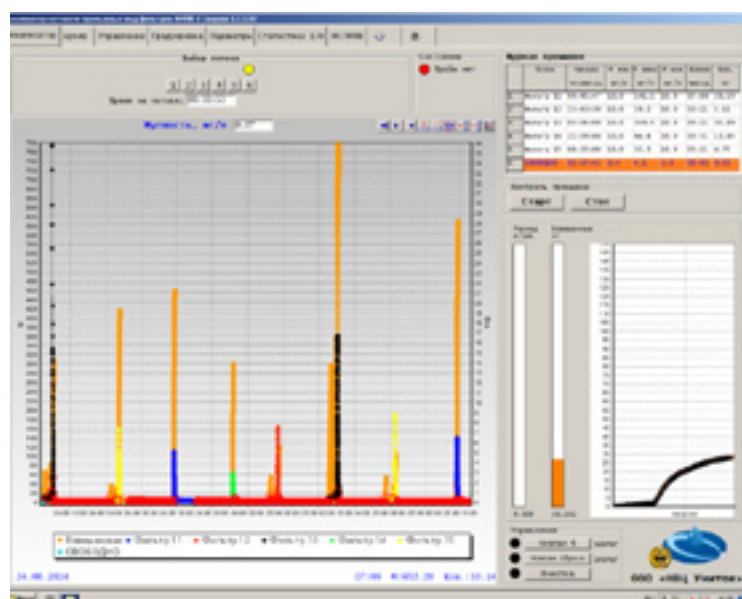


б

Рис. 4. ВОС «Кама–Ижевск»: *а* – блок сигнализации; *в* – блок интерфейсный.

На рис. 5 *а* приведено основное окно программы КИМ ПФ, а на рис. 5 *б* – журнал промывок. Приведенные графики соответствуют 9-ти промывкам фильтров третьего блока ЗФС г. Екатеринбурга.

В журнале промывок количество взвешенных веществ, уносимых промывной водой, значительно отличается одно от другого и меняется от 4,75 кг до 28,19 кг, что является указанием различную грязевую нагрузку фильтров.



а

Журнал промывки

Питом	Масса	Н. масс	Н. масс	Н. масс	Время	В.в.
кг/м³	кг/м³	кг/м³	кг/м³	кг/м³	мин	кг
1	0,000000	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00
2	0,000000	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00
3	0,000000	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00
4	0,000000	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00
5	0,000000	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00
6	0,000000	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00

Контроль промывки

Старт Стан

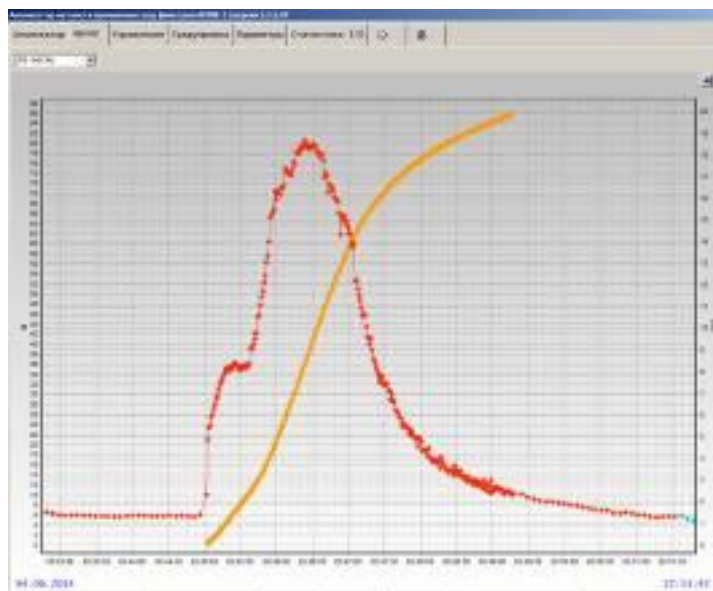
б

Рис. 5. ЗФС г. Екатеринбурга: а – основное окно программы КИМ ПФ с журналом промывки фильтров; б – увеличенное изображение журнала промывок.

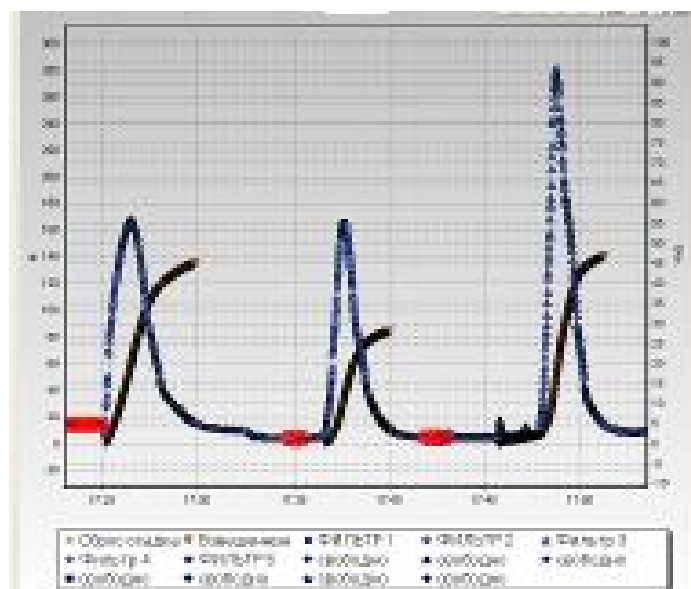
На рис. 6 а изображен график изменения мутности промывной воды и взвешенных веществ фильтра 12 во время промывки на ЗФС г. Екатеринбурга, а на рис. 6 б – графики промывок фильтров 1, 2 и 3 ВОС «Кама-Ижевск» г. Ижевска. Ижевские графики имеют классический вид (см. рис. 2) в то время как $M(t)$ для промывной воды третьего блока ЗФС г. Екатеринбурга характеризуются двумя

максимумами, что обусловлено способом подачи промывной воды при открытии промывной задвижки в два этапа.

На графиках рис. 6 наряду с временными зависимостями мутности изображены временные зависимости графиков взвешенных веществ, удаляемых с промывной водой.



а



б

Рис. 6. Графики промывок. Временные зависимости мутности промывной воды и уносимых ею взвешенных веществ: *а* – ЗФС г. Екатеринбурга, 3-й блок, фильтр 12; *б* – ВОС «Кама-Ижевск», фильтры №№ 1, 2 и 3.

Выводы

Проведенные сотрудниками ПУ «Мосводоподготовка», ООО «НВЦ УНИТОК и ряда станций России эксперименты по апробации методики экономичных промывок фильтров показали, что такая возможность имеется.

Для принятия решения о реализации экономичных режимов промывки фильтров необходимо провести испытания по программе, содержащей контроль их основных параметров (потери напора, мутности фильтрата, расширения фильтрующей загрузки при промывке, фильтроцикла) в течение представительного временного промежутка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Коверга А.В. и др.* Экономичный режим промывки скорых песчаных фильтров на примере БОС-3 РСВ // Вода: науч.-техн. журнал для специалистов министерства ЖКХ. 2011. № 7/8. С. 20–21.
2. *Штернер С.Р., Лузгин С.Л., Нестеров Ю.В., Копелиович Б.Л., Мамаев В.В., Новошинцев В.Н., Валуйских И.В., Жагин В.А., Болдырев В.В.* Автоматизация контроля мутности промывных вод скорых фильтров // Мат-лы VIII междунар. науч.-производств. конф. «Решение проблем экологической безопасности в водохозяйственной отрасли», Новосибирск. 2012. С. 62–65.

**ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ РЕАГЕНТНОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ
МОДУЛЯМИ КОНТРОЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО
КОМПЛЕКСА «УНИТОК-1»**

Штернер С.Р., Нестеров Ю.В.

ООО «Научно-внедренческий центр «УНИТОК»», г. Екатеринбург, Россия

info@unitok.ru

Ключевые слова: водоподготовка, коагулянт, дозирование, автоматизация, оптимизация.

Рассмотрены автоматизированные системы контроля мутности, величины pH, концентрации активного хлора, доз коагулянта и флокулянта, скорости осветления коагулированной взвеси и управления дозированием рабочих растворов коагулянта, флокулянта, реагента, содержащего активный хлор в технологическом процессе реагентной очистки воды, входящие в состав контрольно-аналитического комплекса «УНИТОК-1». Автоматическое проведение пробных коагуляций предоставляет возможность оперативного корректирования рабочих доз реагентов. Автоматическое определение дозы коагулянта «по проводимости» обеспечивает автоматическое управление дозированием его рабочего раствора без использования расходомеров, а также контроль достоверности их показаний. Автоматическое измерение концентрации активного хлора создает условия для автоматического дозирования содержащего хлор реагента при первичном и вторичном хлорировании.

**AGENT WATER TREATMENT TECHNOLOGICAL PROCESS: «UNITOK-1»
CONTROL/ANALYTICAL COMPLEX OPERATING CONTROL
AND MANAGEMENT**

Shterner S.R., Nesterov Y.V.

«Unitok scientific center», Ekaterinburg, Russia

info@unitok.ru

Key words: water treatment, coagulant, dosing, automation, optimization.

Automated monitoring of a turbidity, pH value, active chlorine concentration, coagulant and flocculating agent doses, speed of coagulant suspension clarification, management of coagulant, flocculating agent, active chlorine containing reagent solution dispensing by the «Unitok-1» modules are considered. Automatic carrying out of trial coagulations gives opportunity of operational correcting of working doses of agents. Automatic detection of a coagulant dose "by conductivity" provides automatic control of dispensing of its working solution without use of flowmeters, and also control of reliability of their indications. Automatic measurement of concentration of active chlorine creates conditions for automatic dispensing of chlorine containing reagent at primary and secondary chlorination.

Особенностью создаваемых ООО «НВЦ УНИТОК» АСУ ТП является то, что они, кроме промышленных компьютеров и контроллеров, не содержат в себе покупного оборудования. Первичные преобразователи, внутренние электромеханические системы, используемые методики и программное обеспечение являются продукцией ООО «НВЦ УНИТОК». Этот факт позволяет специалистам ООО «НВЦ УНИТОК» в совершенстве владеть внедряемыми системами, что способствует сжатым срокам проведения ПНР и значительному гарантийному сроку обслуживания, достигающему 36 месяцев.

С 1995 г. специалистами ООО «НВЦ УНИТОК» разрабатываются, изготавливаются и внедряются контрольно-измерительные и управляющие модули «Коагулянт–Осветлитель», автоматического дозирования коагулянта и флокулянта КИМ АДКФ, автоматического контроля концентрации активного хлора в воде и автоматического управления дозированием реагента, содержащего хлор – КИМ «Хлор–Мониторинг», автоматического дозирования щелочного реагента – КИМ АДЩР, автоматического контроля процесса промывки фильтрующего оборудования – КИМ ПФ[1–5]. Первые три в совокупности образуют контрольно-аналитический комплекс «УНИТОК-1» (СЕРТИФИКАТ об утверждении типа средств измерений RU.C.31.005.A, № 40769), модули которого в настоящее время применяются для подготовки питьевой воды на 42 водоочистных станциях России и Казахстана.

Контрольно-аналитический комплекс «УНИТОК-1» (далее «комплекс»), в соответствии с потребностями технологического процесса реагентной очистки воды, измеряет и предоставляет диспетчерской и технологической службам водоочистных сооружений на монитор компьютера в графическом и табличном видах значения

следующих параметров: мутности, цветности, величины pH, концентрации активного хлора в воде, скорости осветления коагулированной взвеси в режиме моделирования процесса осветления в отстойниках станции. При этом контролем охватывается весь технологический процесс: от исходной, сырой воды, до готовой, направляемой в распределительную сеть. Общее количество значений измеряемых им параметров ~10 000/сут.

Кроме измеряемых параметров технологического процесса на монитор компьютера передаются транзитные параметры расходов, поступающих в комплекс «УНИТОК-1» со стационарных расходомеров, а также значительное количество внутренних диагностических параметров модулей, анализ которых программным обеспечением «УНИТОК-ДИСПЕТЧЕР» позволяет оперативно обнаружить возникшую неисправность и не допустить сбоев в работе управляющих систем.

Во всех модулях «УНИТОК» для обеспечения соответствия их предъявляемым разработчиками требованиям осуществлены: автоматическая очистка датчиков; автоматическая самодиагностика исправности основных электрических схем и исполнительных механизмов; контроль цепей управления и состояния исполнительных механизмов, дозирующих реагенты; анализ условий безопасности реализуемого технологического процесса; автоматический контроль поступления контролируемых проб воды и эффективности применяемого закона управления.

Управляющие автоматизированные системы комплекса обеспечивают автоматическое управление дозированием рабочих растворов коагулянтов, флокулянтов, щелочных реагентов и реагентов, содержащих активный хлор.

Модули комплекса, являясь самостоятельными автоматизированными системами контроля и управления технологическим процессом реагентной очистки воды, обеспечивают интеграцию в любую АСУ ТП и внедрение на любой станции очистки воды, независимо от её производительности, технического состояния и квалификационного уровня службы АСУ ТП.

В соответствии с концепцией АСУ ТП предприятия ООО «НВЦ УНИТОК», для достижения технологической и экономической эффективности рассматриваемых далее систем, разработчиками применены проточные датчики, каждый из которых предназначен для контроля многих проб воды, отобранных с разных участков технологического процесса. Используемый специалистами ООО «НВЦ УНИТОК» подход существенно упрощает обслуживание внедренных автоматизированных систем,

повышает достоверность поступающей информации и снижает стоимость проекта по сравнению с классическим подходом 1 проба–1 датчик.

В данной работе мы остановимся на модулях, входящих в состав контрольно-аналитического комплекса «УНИТОК-1»: контрольно-измерительном модуле «Коагулянт–Осветлитель», контрольно-измерительных и управляющих модулях автоматического дозирования коагулянта, флокулянта (КИМ АДКФ) и реагента, содержащего активный хлор (КИМ «Хлор–Мониторинг»).

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ «КОАГУЛЯНТ-ОСВЕТИТЕЛЬ»

КИМ «Коагулянт–Осветлитель» (рис. 1), исполняет мечту диспетчерской службы станции оперативно контролировать весь реализуемый технологический процесс реагентной очистки воды.



Рис. 1. КИМ «Коагулянт–Осветлитель» на НФС-1 МУП «Горводоканал» г. Новосибирска.

Пробы воды, поступающие на КИМ «Коагулянт–Осветлитель», являются, как правило, самотечными. Для этого выбирается соответствующее по уровню место его установки. Так, например, природный рельеф головных очистных сооружений ГКП «Водоканал» г. Алматы Республики Казахстан предоставил возможность самотечного подведения проб к панели потоков модуля, расположенного в здании «новой» фильтровальной станции (см. рис. 2 а). К модулю подведены пробы речной воды; воды с реагентами, поступающей на горизонтальные, вертикальные и спиральные

отстойники; воды, прошедшей отстойники и поступающей на «старую» и «новую» фильтровальные станции, а также ряд проб фильтрованной воды. Длины импульсных пробоподводящих труб марки ПНД достигают 200 м.



а

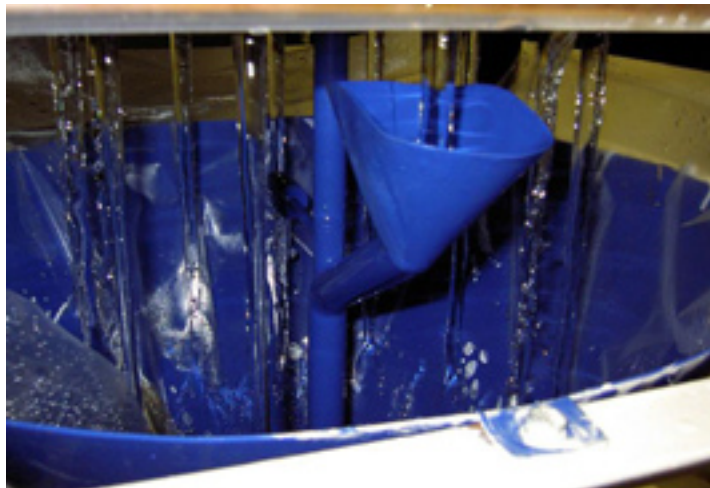


б

Рис. 2. ГКП «Водоканал» г. Алматы: а – КИМ «Коагулянт-Осветлитель на «новой» фильтровальной станции ГОС. К панели потоков модуля подведены 12 проб очищаемой воды с различных этапов технологического процесса ее очистки. б – блок приема и распределения потоков КИМ «Коагулянт-Осветлитель».

Одна из составных частей КИМ «Коагулянт-Осветлитель» – блок приема и распределения потоков, рис.2Б, подвижная воронка которого устанавливается под управлением компьютера на одной из 12 возможных позиций для отбора конкретной пробы (рис. 3а). Из подвижной воронки проба воды передаётся в рабочую емкость с

анализаторами (рис. 3б). Все пробы поочередно проходят через рабочую емкость, где производится автоматическое измерение значений их мутности, величины рН и температуры. Время, затрачиваемое модулем на контроль 1-й пробы, составляет 4–7,5 мин.



а



б

Рис. 3. НФС-1 МУП г. Новосибирска «Горводоканал»: а – блок приема и распределения потоков КИМ «Коагулянт–Осветлитель». Поступление выбранной компьютером пробы воды в приемную воронку модуля; б – рабочая емкость с датчиками.

КИМ «Коагулянт–Осветлитель» может быть укомплектован анализатором цветности «СЕРГИЙ–ЦВЕТ–1».

Особый режим модуля – режим автоматического проведения «пробных коагуляций», суть которого заключается в автоматическом моделировании процесса осветления коагулированной взвеси в отстойниках, осуществляемом в рабочей емкости

модуля с пробой воды, прошедшей смеситель станции, т.е. с пробой воды со всеми применяемыми реагентами, в задаваемом их количестве и с теми хлопьями (и/или зародышами хлопьев), которые образуются в воде с реагентами при прохождении смесителя. Определяемыми при этом параметрами являются скорость осветления $V_{осв}$ и глубина осветления M_{min} коагулированной взвеси.

Возможности КИМ «Коагулянт–Осветлитель» позволяют диспетчерской службе и технологам водоочистных сооружений оперативно получать информацию о параметрах проб исходной воды, отобранных после смесителей, отстойников, контактных осветлителей, фильтров.

Один модуль «Коагулянт–Осветлитель» можно использовать для контроля всей технологической цепочки или какой-либо отдельной ее части. Например, на ГОСВ города Хабаровска установлены 2 модуля «Коагулянт-Осветлитель», причем КИМ «Коагулянт–Осветлитель» №1 контролирует исходную воду (река Амур), смесители и отстойники, а КИМ «Коагулянт–Осветлитель» №2 – 12 фильтров. Аналогично на НФС-1 г. Новосибирска, где установлены три модуля «Коагулянт–Осветлитель», причем КИМ «Коагулянт–Осветлитель» №1 контролирует исходную воду, смесители и отстойники, а КИМ «Коагулянт–Осветлитель» №№ 2 и 3 – фильтраты.

В ходе автоматического проведения модулем «пробной коагуляции», которое производится под управлением программного обеспечения «УНИТОК-ДИСПЕТЧЕР», на мониторе компьютера отображается временная зависимость мутности коагулированной взвеси, прошедшей смеситель и осветляющейся в рабочей емкости модуля. Иногда проба воды для автоматического проведения «пробной коагуляции» отбирается из КХО.

На рис. 4 приведены временные зависимости мутности проб коагулированных взвесей, отобранных на выходе смесителей левой и правой секций ВОС «Кама–Ижевск» г. Ижевска, полученные в автоматическом режиме проведения пробных коагуляций. Пробная коагуляция проводилась в течение 30 мин. Видно, что по истечению 15 мин значения мутности проб изменяются незначительно, что позволяет спрогнозировать мутность очищаемой воды на выходе отстойников. Дальнейший контроль мутности проб очищаемой воды на выходе отстойников левой и правой секций станции подтвердил это предположение.

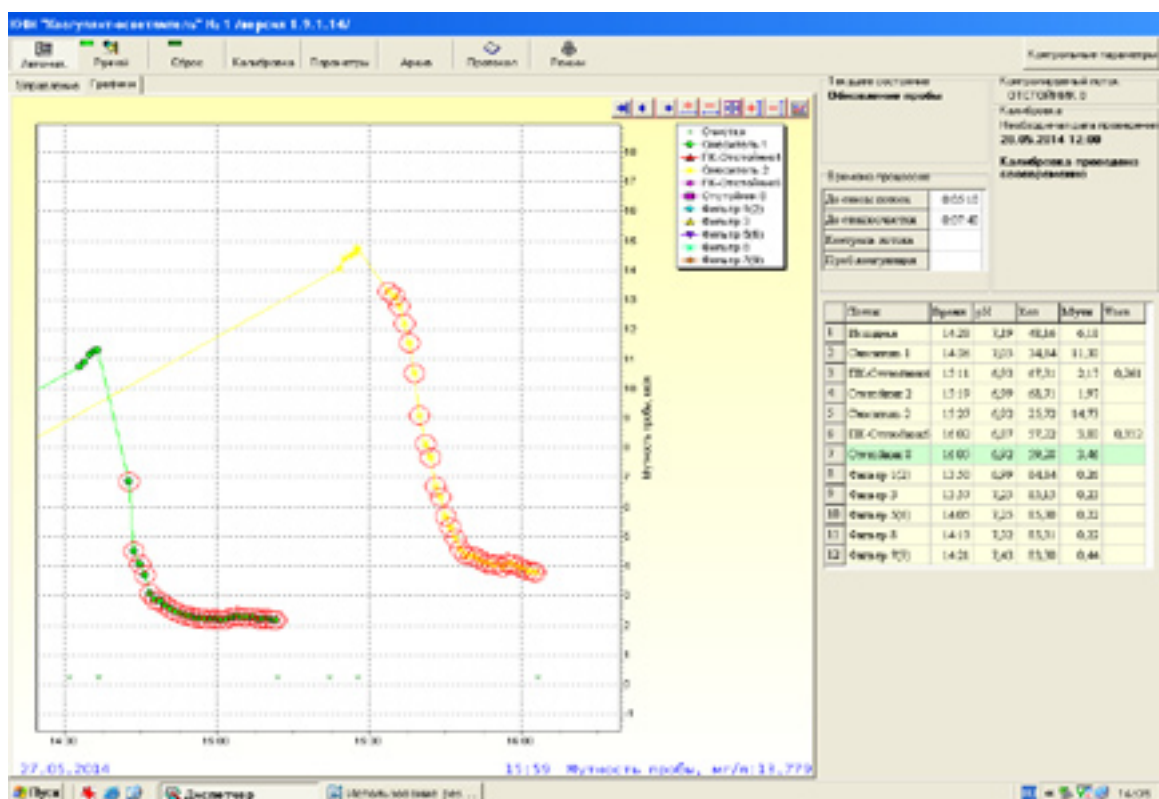
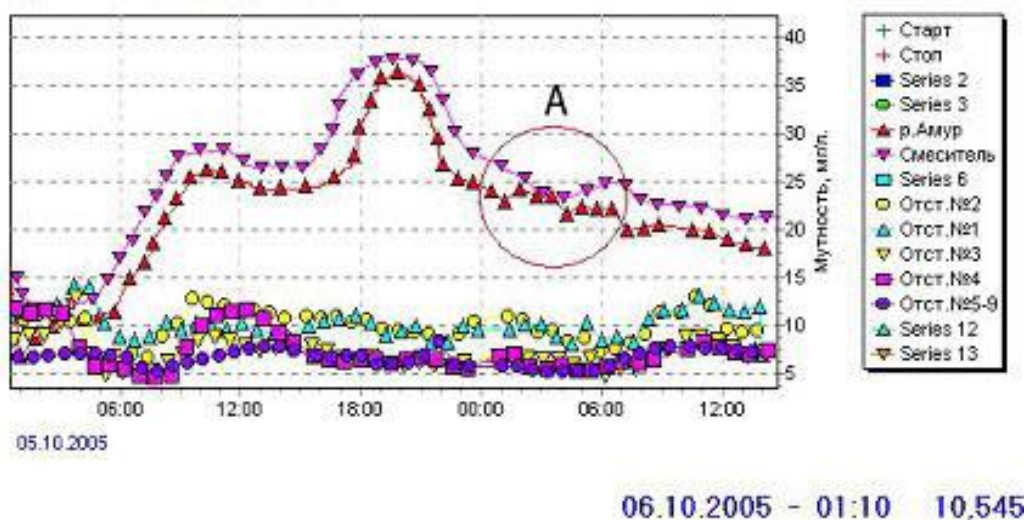


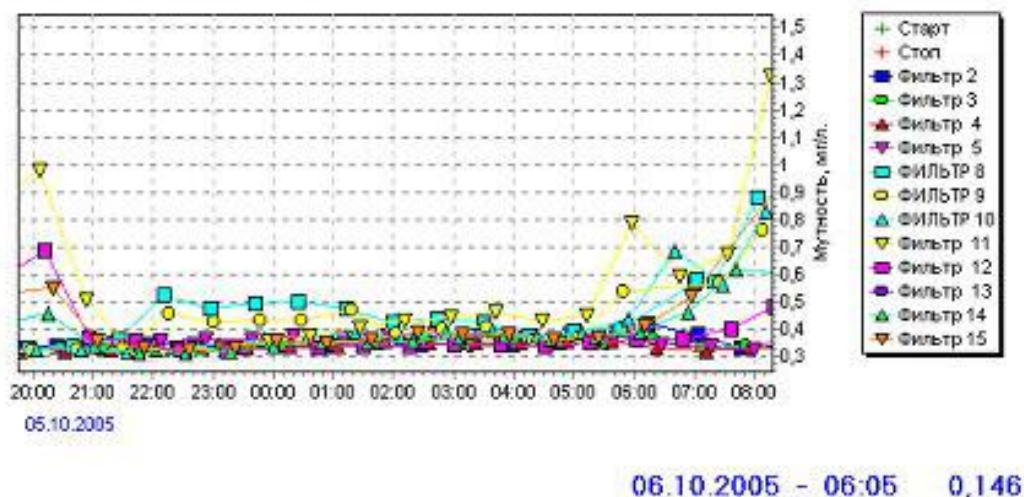
Рис. 4. Результат проведения пробных коагуляций на пробах воды из смесителей левой и правой секций ВОС «Кама–Ижевск», октябрь 2014 г.

Режим «пробной коагуляции» модуля «Коагулянт–Осветлитель» не заменяет лабораторных исследований пробных коагуляций. Однако получаемые с его помощью результаты позволяют диспетчерской службе в любое время, независимо от химической лаборатории, для реальной, а не модельной, как в лабораторных условиях, коагулированной взвеси, оперативно получить информацию о скорости ее осветления и спрогнозировать мутность воды на выходе отстойников, тем самым оказать помощь технологу и диспетчеру при подборе доз реагентов, оптимальных для очищаемой в настоящее время воды.

КИМ «Коагулянт–Осветлитель» передает диспетчерской службе временные зависимости мутности проб исходной воды и воды с коагулянтом, отобранной из водовода после смесителя. Сравнение значений мутности этих двух проб позволяет качественно контролировать стабильность создаваемой в очищаемой воде дозы коагулянта, т. к. введение его в сырую воду, в смесителе, вызывает повышение ее мутности.



а



б

Рис. 5. ГОСВ МУП «Водоканал» г. Хабаровска: а – КИМ «Коагулянт–Осветлитель» №1. Временные зависимости мутностей проб воды исходной, отобранных после смесителя и отстойников станции (точка А отражает прекращение подачи коагулянта в смеситель); б – КИМ «Коагулянт–Осветлитель» № 2. Временные зависимости мутностей проб воды, отобранной после 12-ти фильтров станции.

На рис.5 а представлены временные зависимости мутности проб воды исходной, отобранных после смесителя №1, отстойников №№ 1–4 и объединенной пробы отстойников № 5–9 в течение полутора суток. Участок А (совпадение значений мутности проб воды исходной и отобранной после смесителя №1) отражает прекращение подачи коагулянта. Из графиков видно, что процесс осветления коагулированной воды в отстойниках второй очереди (отстойники 5–9) протекает

эффективнее. Средние значения мутности этих проб ~ 5 мг/л, а то же для отстойников первой очереди – более 10 мг/л.

На рис. 5б отображены временные зависимости мутности проб воды 12-ти фильтров в течение суток. Среднее время фильтроцикла ~ 12 часов. Среднее значение мутности фильтрованной воды 1-й очереди станции $\sim 0,5$ мг/л, а то же 2-й очереди составляет $\sim 0,3$ мг/л. Видна четкая связь между работой отстойников и глубиной очистки воды фильтрами.

Увеличение значений мутности фильтратов на графике по истечению времени фильтроцикла, в среднем, до 0,7 мг/л обусловлено повышенной мутностью 1-х фильтратов после промывки фильтров. Подобная картина наблюдается и на графиках временных значений мутности проб фильтрованной воды на НФС-1 г. Новосибирска, рис. 6. Увеличение мутности фильтратов после промывки 10-ти фильтров станции здесь происходит, в среднем, с 0,2 мг/л до 0,3 мг/л.

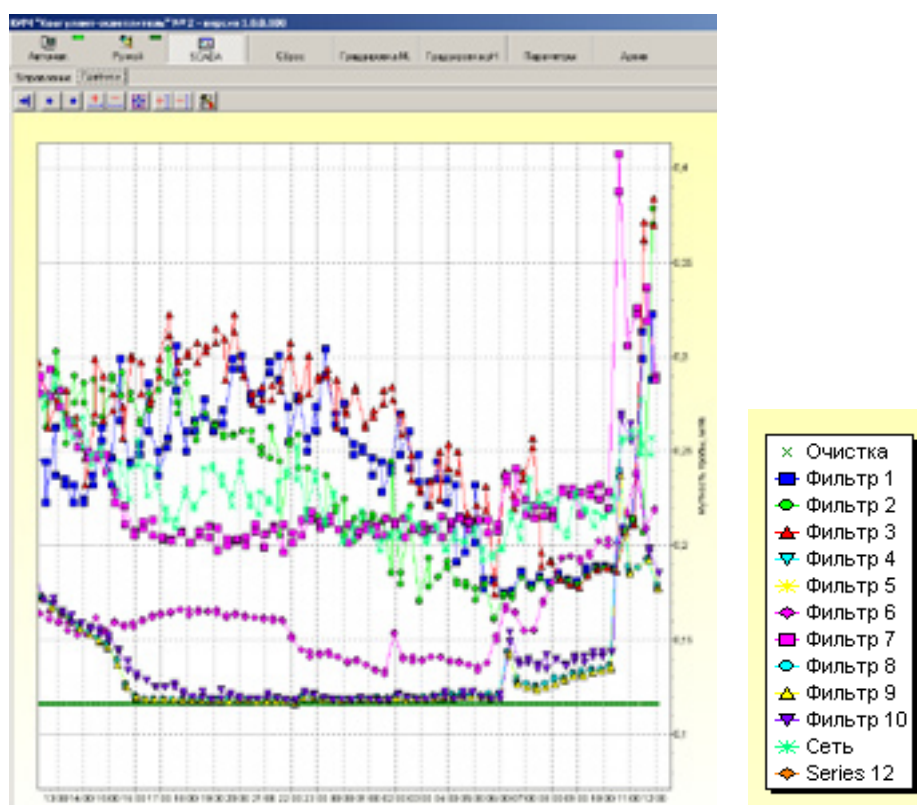


Рис. 6. Временные зависимости мутностей фильтров № 1–10 и сетевой воды на НФС-1 г. Новосибирска.

Изменяющиеся во времени мутности проб фильтрованной воды отражают оптимальность применяемых доз реагентов, гидродинамический режим сооружений и

особенность фильтрующей способности загрузок фильтров по мере их приближения к окончанию фильтроцикла.

Наличие общей картины технологического процесса, отображенной в графическом виде, позволяет оперативно выполнить его анализ. Для примера (рис.7), рассмотрим архивные данные КИМ «Коагулянт–Осветлитель» НФС г. Березовского Кемеровской области за период с 11.12.2008 г по 14.12. 2008 г.

К панели потоков модуля подведены пробы воды исходной, отобранные после смесителей №1 и №2, КХО № 4 , отстойников №№ 4 и 5 и фильтров № 3–7.

Мутность речной воды ~ 2 мг/л. Мутности проб воды, отобранных после смесителей № 1 и 2, больше мутности пробы исходной воды и практически одинаковые. Т.е. хлопья гидроокиси алюминия образуются и создаваемые в смесителях дозы коагулянта близки.

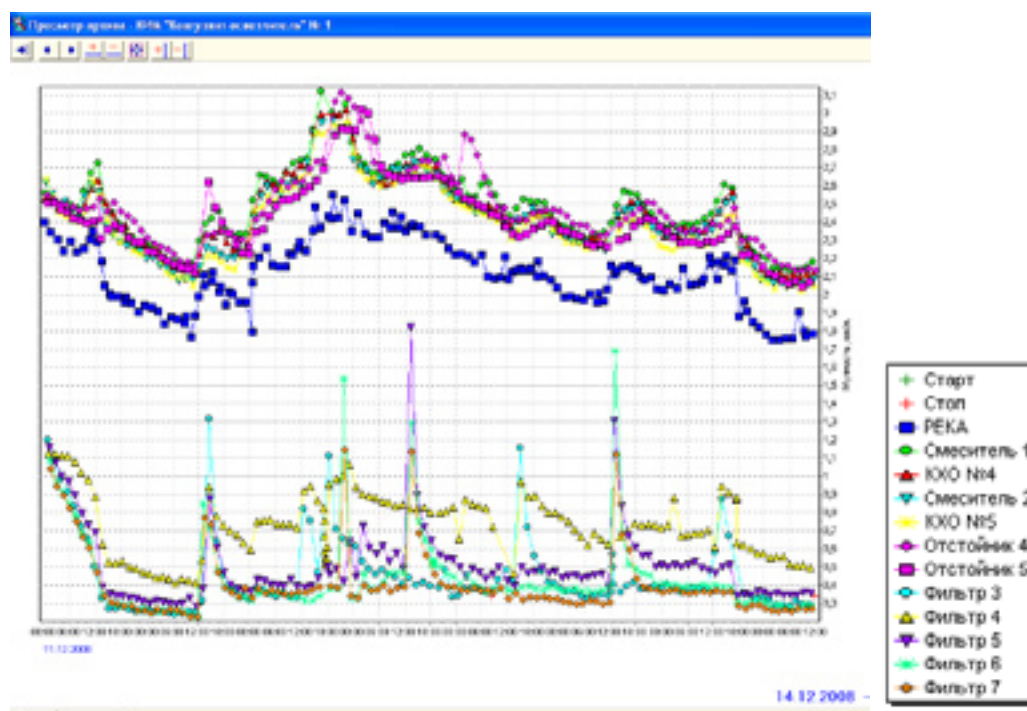


Рис.7. Классический способ применения КИМ «Коагулянт-Осветлитель»: осуществлен охват контролем значений мутности проб со всех участков технологического процесса.

Значения мутности проб воды из КХО и с выхода отстойников практически совпадают со значениями мутности проб воды, отобранных после смесителей. Это означает, что осветление коагулированной взвеси в отстойниках станции практически не происходит и вся нагрузка по очистке воды падает на 2-ю ступень – фильтры.

Из пяти фильтров станции фильтр №4 характеризуется наибольшей мутностью фильтрата ~ 0,8 мг/л, что, при идентичности фильтрующей загрузки, может являться следствием его большей загруженности по расходу воды. Наблюдаемые пики – результат промывки фильтров. Средняя мутность фильтрата ~ 0,4 мг/л.

Опыт применения КИМ «Коагулянт–Осветлитель» показывает следующую его технологическую эффективность:

1. Возможность оперативного перераспределения нагрузки между отдельными фильтрами, форсирование режимов некоторых из них.
2. Оперативный контроль всей технологической цепочки при оптимизации рабочих доз применяемых реагентов, экономия расхода воды на промывки фильтров, осветлителей и отстойников.
3. Устойчивое снижение количества взвесей на выходе отстойников и фильтрующего оборудования, тем самым, содержания остаточного алюминия, железа, хлорорганических и иных примесей.
4. Оперативный контроль мутностей проб воды на выходе отстойников для своевременного проведения регламентных работ по сбросу осадка из них.
5. Автоматическое накопление АРХИВА данных о работе каждой смены повышение технологической дисциплины и культуры производства.

Контрольно-измерительный и управляющих модуль автоматического дозирования коагулянта и флокулянта КИМ АДКФ

Если КИМ «Коагулянт–Осветлитель» можно назвать глазами технологического процесса, то КИМ АДКФ – его руки. Достаточно задать требуемые технологическим процессом дозы коагулянта и флокулянта и они будут выдержаны с точностью до 5–7%.

При наличии анализаторов коагулянта и флокулянта в очищаемой воде задача автоматического управления дозированием их рабочих растворов не представляет сложностей.

В настоящее время нам не известны такие анализаторы, кроме кондуктометрической системы КИМ АДК разработки ООО «НВЦ УНИТОК», являющейся последователем дозатора коагулянта системы В.Л. Чейшвили и В.Л. Крымского[6].

Практически все АСУ ТП дозирования коагулянта (кроме, как нам известно, КИМ АДК) используют в своей работе расчетное значение дозы коагулянта по формуле (1):

$$Дк = 10 \cdot p \cdot c \cdot q / Q_{\text{воды}} \quad (1),$$

где $p, \text{г/см}^3$, $c, \text{\%вес}$, $q, \text{л/час}$ – соответственно плотность, концентрация и расход рабочего раствора коагулянта на расход сырой воды, равный $Q \text{ м}^3/\text{час}$.

Как следует из формулы (1), погрешность определения дозы коагулянта зависит от достоверности результатов измерения плотности и концентрации рабочего раствора коагулянт, т. е. от человеческого фактора и достоверности определения значений 2 расходов имеющимися на станции расходомерами.

В своей практике мы неоднократно сталкивались с ошибками в дозировании рабочих растворов коагулянта, доза которых в очищаемой воде рассчитывалась по формуле (1).

По этой причине, в 2000 г., по заказу МУП города Хабаровска «Водоканал», нами была выполнена разработка контрольно-измерительного модуля автоматического дозирования коагулянта КИМ АДК.

Доза коагулянта в КИМ АДК рассчитывается по формуле

$$Дк = \text{const} \cdot (L_{\text{см}} - L_{\text{исх}}) \quad (2)$$

после измерения $L_{\text{см}}$ – удельной электропроводности пробы воды с коагулянт, отобранной после смесителя и $L_{\text{исх}}$ – удельной электропроводности пробы воды исходной, отбираемой из водовода до подачи реагентов в смеситель.

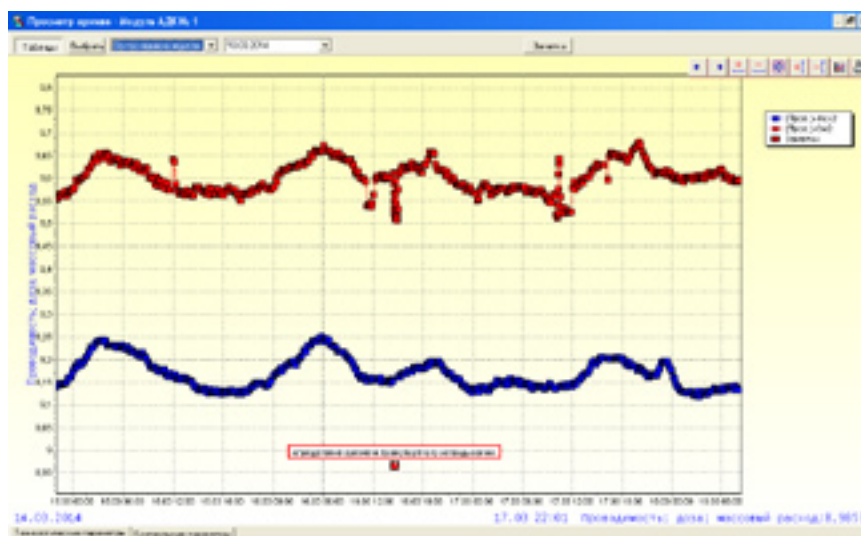
Значение параметра const определяется в ходе градуировки кондуктометрического датчика, с использованием аттестованной ООО «НВЦ УНИТОК» методики (для алюминиевого коагулянта – СВИДЕТЕЛЬСТВО РФ №222.01.02.284/2004) определения концентрации коагулянта в пробе, отобранной после смесителя.

Как видно из формулы (2), при определении дозы коагулянта «по изменению электропроводности» не требуется знания величин расходов сырой воды и рабочего раствора коагулянта (т. е. наличия соответствующих расходомеров), а также его плотности и концентрации. Исключено влияние человеческого фактора и, при неисправности расходомеров, недостоверности значений расходов. Но в этой методике имеется недостаток: первичное хлорирование, которое также изменяет электропроводность очищаемой воды и может вносить погрешность в определение дозы коагулянта до 20 %. Сразу скажем, что есть и выход: вводить хлор «задолго» до

смесителя, при этом в формуле (2) вместо $L_{исх}$ будет стоять $L_{хлор}$ – удельная электропроводность пробы воды с первичным хлором перед вводом в очищаемую воду раствора коагулянта, или вводить хлор после смесителя, после отбора пробы воды с коагулянтом, тогда в формуле (2) ничего не изменяется.



а



б

Рис. 8. Временные зависимости электропроводностей пробы воды без коагулянта (нижний график) и пробы воды с коагулянтом (верхний график) на ВОС ККС г. Кирова (а) и ОАО «Синарский трубный завод» г. Каменск-Уральского (б). Стабильность во времени разности удельных электропроводностей пробы воды с коагулянтом и пробы воды без коагулянта определяет стабильность во времени создаваемой его дозы.

Измерение удельной электропроводности 2-х проб воды с минимально возможной в сложившейся ситуации погрешностью измерений выполнено в КИМ АДК

(и далее в модулях КИМ АДКФ) в соответствии с принятой в ООО «НВЦ УНИТОК» концепцией: 1 датчик – много проб. При этом учтено, что погрешность определения разности удельных электропроводностей 2-х проб в формуле (2) минимальна тогда, когда они измеряются одним и тем же датчиком.

Для измерения удельной электропроводности водных растворов в КИМ АДК применена классическая четырехэлектродная схема измерения с измерительным сигналом частотой 400 Гц и амплитудой 400 мВ. С заданной периодичностью реализованы автоматическая очистка электродов и сброс осадка из кондуктометрической ячейки. При осуществлении модулем действий по управлению дозирующими устройствами, программное обеспечение «УНИТОК-ДИСПЕТЧЕР» контролирует исправность всех его электромеханических узлов и эффективность предпринимаемых системой управляющих действий и анализирует допустимые значения технологических параметров, используемых программой в работе (например, $Q_{\text{воды}}$, $F_{\text{чрп}}$, $Q_{\text{реагента}}$ и т.д.). Используемый закон управления – адаптивный пропорциональный.

По прошествии времени актуальным стало автоматическое управление дозированием рабочего раствора флокулянта с использованием формулы (1), где D_k заменяется на дозу флокулянта D_f с соответствующими изменениями смысла параметров p , c и q . Не составляет трудностей, при наличии всех параметров в формуле (1), рассчитывать и дозу коагулянта 2-м способом, «по расходам». При этом наличие значения дозы коагулянта «по электропроводности» позволяет контролировать достоверность показаний расходомеров сырой воды и рабочего раствора коагулянта, а также значений его плотности и концентрации.

На рис. 9а представлен КИМ АДКФ ГОСВ г.Уссурийска, а на рис.9Б – его кондуктометрический датчик с блоком автоматической очистки электродов и сбросом осадка. Пробы воды подаются в датчик поочередно блоком приёма и распределения потоков, на панель которого, в модификациях оборудования КИМ АДК и КИМ АДКФ, заведены 2 пробы: проба воды исходной без коагулянта (возможно с хлором) и проба воды с коагулянтом, отобранная после смесителя.



а



б

Рис. 9. ГОСВ г. Уссурийска, а – КИМ АДКФ. Место расположения у стены смесителя станции; б – кондуктометрическая ячейка для поочередного измерения $L_{см}$ и $L_{сх}$ с блоками очистки электродов и сброса осадка.

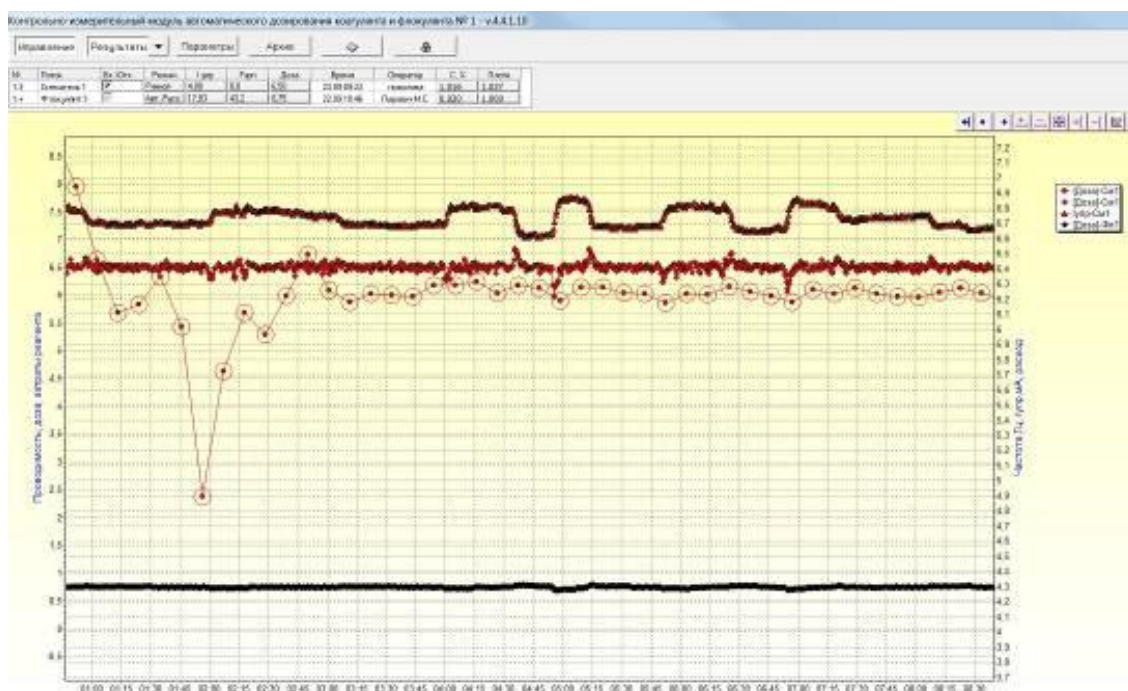


Рис. 10. ФОС-1 г. Новодвинска. Основное окно программного обеспечения КИМ АДКФ. Режим управления дозированием рабочих растворов коагулянта и флокулянта «по расходам».

На рис. 10 приведено основное окно программного обеспечения КИМ АДКФ водоочистой станции ФОС-1 ОАО «Архангельский ЦБК» г. Новодвинска. На поле графиков сверху вниз выведены 4 временные зависимости следующих параметров: расхода рабочего раствора коагулянта; дозы коагулянта, определенной «по расходам»; дозы коагулянта, определенной «по проводимости» (точки графика в кружках); дозы флокулянта, определённой «по расходам». Среднее расхождение значений D_k , определенных двумя независимыми способами, не превышает 0,3 мг/л по Al_2O_3 при дозе коагулянта $\sim 6,5$ мг/л. Резкие колебания дозы коагулянта по проводимости в начальной части графика обусловлены заменой расходного бака коагулянта (переходом с бака на бак), сопровождающейся колебаниями концентрации рабочего раствора коагулянта, которые сказываются на электропроводности воды с коагулянтом, а значит и на дозе «по проводимости», но, как кратковременные, не учитываются при расчете дозы «по расходам».

Рис. 11 отражает автоматическое дозирование коагулянта в 2 смесителя 4-го блока ВОС г. Кирова.

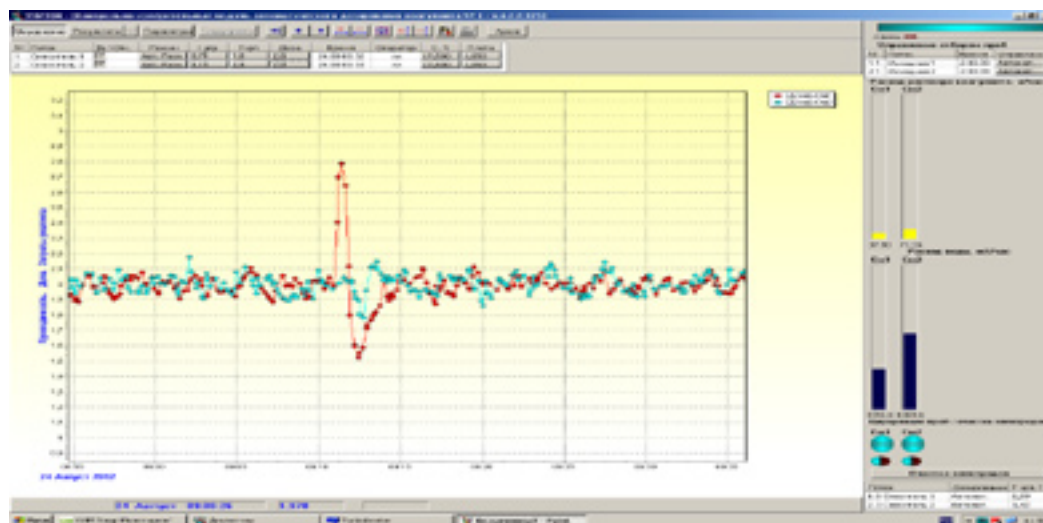


Рис. 11. Временные зависимости доз коагулянта, создаваемых в смесителях № 1 и 2 ВОС ККС г. Кирова. Режим управления – автоматический «по расходам». Колебание дозы коагулянта в смесителе 1 в течение 5 мин обусловлено изменением расхода сырой воды. $D_k \sim 2 \pm 0,1$ мг/л.

В октябре 2014 года МУП «ИжВодоканал» г. Ижевска была поставлена ООО «НВЦ УНИТОК» задача автоматического дозирования по 2 различным вида коагулянта и 1 типа флокулянта в 2 смесителя станции (всего шесть рабочих растворов) при

условиях отсутствия расходомеров сырой воды, поступающей на левый и правый смесители станции, но при знании суммарного расхода воды через них.

Поставленную задачу нам удалось решить благодаря наличию у КИМ АДКФ двух независимых способов определения дозы коагулянта одного типа.

Нами введено понятие коэффициента деления потоков Кдел, который, в оговоренных условиях, определяется автоматически, обеспечивая знание расходов сырой воды через каждый смеситель станции и определение рабочих доз реагентов по формуле (1). Кроме сказанного, разработанное программное обеспечение КИМ АДКФ-И автоматически адаптируется к техническим возможностям станции после задания ее технических характеристик (наличие ЧРП, насосов подачи реагентов, расходомеров сырой воды и рабочих растворов реагентов), определяя возможный функционал измерительной и управляющей частей модуля, а также обеспечивает автоматический контроль достоверности показаний применяемых расходомеров.

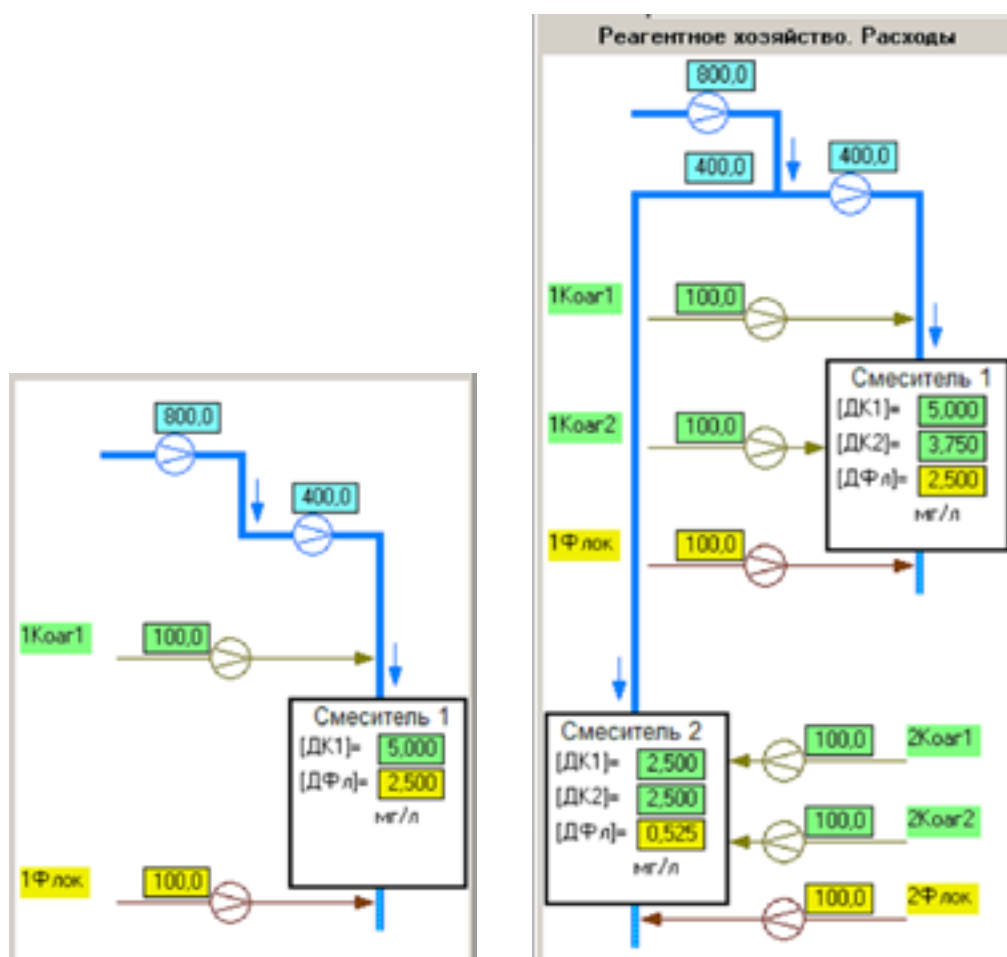


Рис. 12. Мнемосхемы реагентного хозяйства ВОС в программном обеспечении АДКФ-И.

На рис. 12 приведены две мнемосхемы программного обеспечения КИМ АДКФ-И, отражающие возможности рассматриваемого модуля: от автоматического определения дозы 1 типа коагулянта и 1 типа флокулянта в 1-м смесителе и автоматического управления двумя насосами-дозаторами до автоматического определения 6-ти доз реагентов, вводимых в 2 смесителя станции, и управления 6-тью насосами.

Решаемые КИМ АДКФ задачи по стабилизации доз коагулянта и флокулянта в технологическом процессе реагентной очистки воды способствуют стабилизации работы всех технологических аппаратов станции, экономии применяемых реагентов и повышению качества очищаемой воды.

Контрольно-измерительный и управляющий модуль «Хлор–Мониторинг»

В связи с массовостью анализа концентрации активного хлора в пробах воды на фильтровальных станциях и имеющимися у разработчиков ООО «НВЦ УНИТОК» сведениям о стоимости и надежности, присутствующих на рынке России анализаторов активного хлора в воде, в 2007 году нами была начата разработка КИМ «Хлор–Мониторинг», автоматической измерительной системы с функцией автоматического управления дозированием содержащего активный хлор реагента.

Назначение: автоматический контроль 12-ти проб очищаемой воды. Измеряемые параметры: концентрация свободного или суммарного активного хлора в воде $S_{\text{хл}}$, мг/л. Методика измерения – объемное титрование с фотоколориметрическим определением точки эквивалентности.

КИМ «Хлор–Мониторинг» выполняет автоматически те же операции по определению активного хлора в воде, которые осуществляют лаборанты ВОС согласно ГОСТу, причем используются те же реагенты. Имеется отличие в их концентрациях, что обусловлено конструктивными особенностями измерительной системы.

Время, затрачиваемое на 1 измерение, составляет 3–5 минут.

Составными частями КИМ «Хлор-Мониторинг» являются блок приема и распределения потоков, блок измерения и управления, блок автоматического дозатора с оптической ячейкой, блок реагентов (рис.13).



а



б

Рис. 13. КИМ «Хлор-Мониторинг»: а – реагентное хозяйство ФОС-1 ОАО «Архангельский ЦБК», сентябрь 2013 г.; б – насосная 2-го подъема ЗФС МУП «Водоканал» г. Екатеринбурга, январь 2015 г.

Блок измерения и управления (БИУ) с сенсорным дисплеем, рис.14 а, включает в себя 12 плат европейского стандарта (европак), каждая из которых решает индивидуальные задачи и управляется собственным AVR-контроллером. БИУ осуществляет управление блоком распределения потоков, что обеспечивает возможность контроля до 12-ти проб воды, отобранных с разных участков технологического процесса, блоком дозатора с тремя автоматическими дозирующими устройствами, из которых 2- капельные, фотоколориметрическим блоком индикации и внешними исполнительными механизмами в количестве 4 для ввода в очищаемую воду реагентов, содержащих активный хлор.



Рис. 14. КИМ «Хлор–Мониторинг»: а – блок измерения и управления;
б – блок автоматических дозаторов с фотометрическим блоком индикации.

Методика определения концентрации активного хлора предполагает дозирование в фотометрическую ячейку заданного объема анализируемой пробы и титрование раствором метилоранжа или тиосульфата натрия, с предварительным дозированием раствора соляной кислоты при определении свободного остаточного активного хлора, или растворов, содержащих буферный раствор с $pH=4,5$, йодистый калий и крахмал.

При подготовке фотометрической ячейки к измерениям плата системного контроллера обеспечивает контроль выполнения ряда условий, без чего невозможно измерение, а значит и управление. После соответствующей подготовки пробы она титруется. При этом контролируется ее коэффициент светопропускания $K_{сп}$ в зеленой (при титровании МО) или в желтой (при титровании тиосульфатом натрия) частях спектра.

Программное обеспечение КИМ «Хлор–Мониторинг» записывает графики титрования (зависимость $K_{сп}(t)$), окончание которых, с подсчетом капель израсходованного титранта, происходит при достижении раствором в фотометрической ячейке определенных значений $K_{сп}$ (рис.15).

Данная статья не ставит перед собой цель подробного освещения технических деталей рассматриваемых измерений, поэтому остановимся далее на технологическом

содержании модуля. На рис.16 приведены временные зависимости концентрации свободного остаточного активного хлора в пробах воды после первичного и вторичного хлорирования на НФС-1 г. Новосибирска.

На рис. 17 представлено основное окно программы КИМ «Хлор–Мониторинг» ФОС-1 ОАО «Архангельский ЦБК», г. Новодвинск.

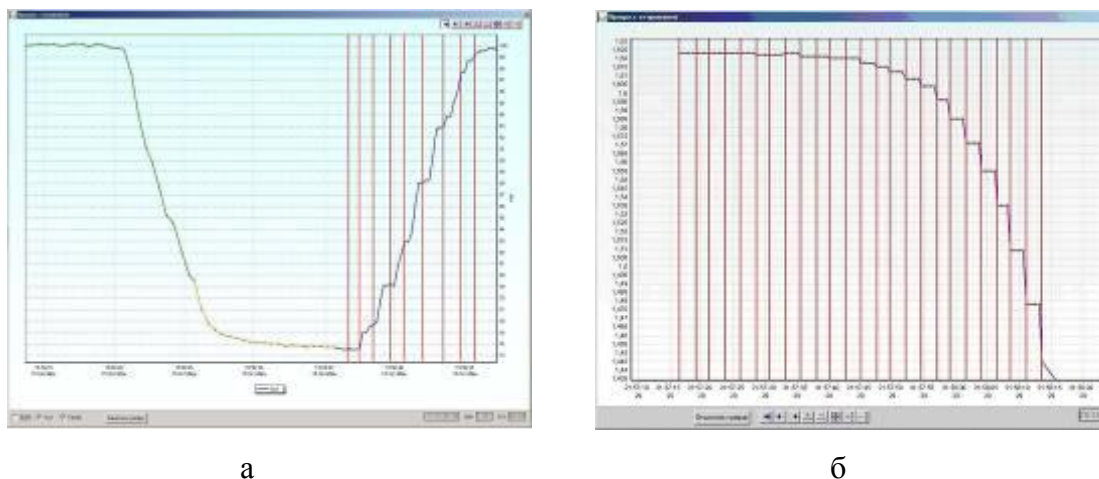


Рис. 15. Кривые титрования проб воды с активным хлором. Красные линии индицируют поступление очередной капли в фотометрическую ячейку: а – титрование раствором тиосульфата натрия синего (от комплексов крахмала с йодом) раствора и его осветление до первоначального значения Ксп; б – титрование раствором МО до появления устойчивой розовой окраски, различимой человеческим глазом.

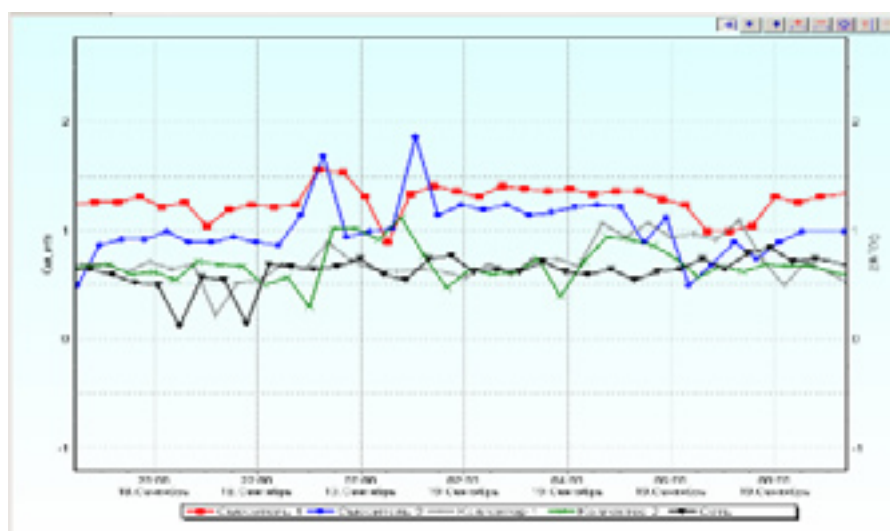


Рис. 16. Временные зависимости концентрации свободного остаточного активного хлора в пробах воды, отобранных после смесителей 1 и 2 (первичное хлорирование), коллекторов 1 и 2 и сетевой воды, 18-19 сентября 2012 г. Величина концентрации хлора, создаваемая в смесителях 1 и 2 ~ 1,2 мг/л.

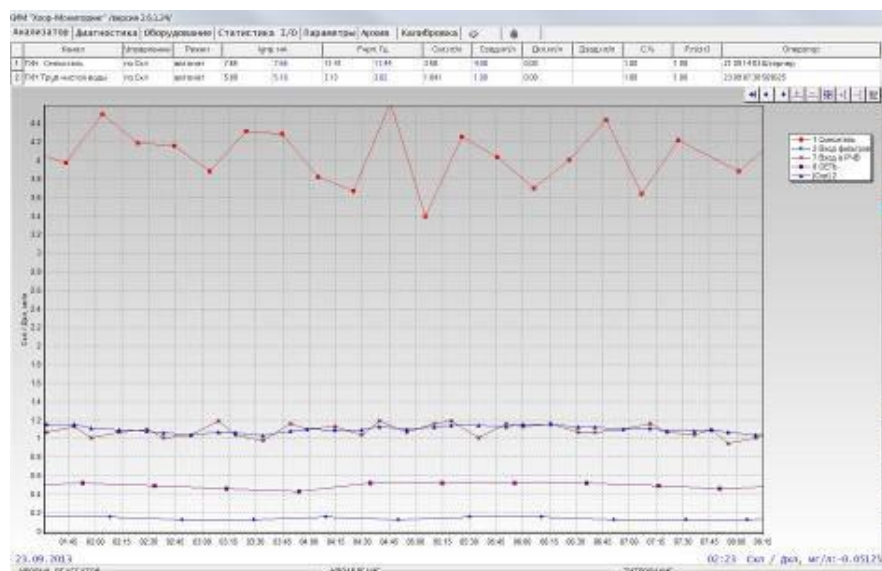


Рис. 17. ФОС-1 ОАО «Архангельский ЦБК», г. Новодвинск. Автоматический контроль 5 проб очищаемой воды и автоматическое управление подачей ГХН на вход смесителя и на вход РЧВ. Средняя концентрация свободного активного хлора на выходе смесителя ~ 4 мг/л при наблюдаемых скачках концентрации (0,3–0,8) мг/л.

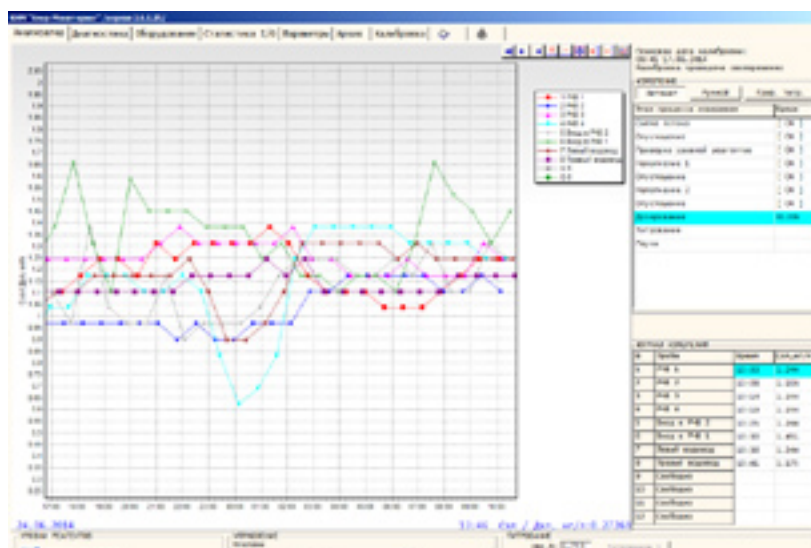


Рис. 18. ЗФС г. Екатеринбурга. Режим работы КИМ «Хлор-Мониторинг» – контроль концентрации активного хлора в 8 пробах очищаемой воды.

Контролю подлежат пробы воды, отобранные после смесителя (первичное хлорирование, со входа фильтров, со входа в РЧВ (вторичное хлорирование), сетевая вода. Наблюдаемые скачки концентрации активного хлора на выходе смесителя вызваны, возможно, условиями перемешивания и взаимодействия активного хлора и воды в смесителе.

Кроме автоматического контроля концентрации свободного активного хлора КИМ «Хлор-Мониторинг» осуществляет автоматическое управление дозированием ГХН по 2-м независимым каналам: на вход смесителя и на вход РЧВ.

На рис. 18 приведено основное окно программы модуля «Хлор-Мониторинг», обеспечивающего контроль суммарного активного хлора на выходе 4-х РЧВ, входе 2-х РЧВ и левом и правом водоводах ЗФС г. Екатеринбурга. Максимальные скачки $S_{\text{хл}}$ наблюдаются на входе РЧВ-1 (вторичное хлорирование).

Выводы

КИМ «Коагулянт-Осветлитель» в режиме оперативного контроля значений мутности, величины рН и скорости осветления коагулированной взвеси проб воды с различных участков технологического процесса ее реагентной очистки предоставляет диспетчеру информацию об его оптимальности. Оперативность принятия при этом решений способствует экономии расходов реагентов и воды на собственные, а также получению стабильного качества очищаемой воды по остаточному алюминию, железу, хлорорганическим и иным примесям, особенно в периоды дождей и паводков.

Автоматизация процесса дозирования коагулянта КИМ АДК позволяет постоянно поддерживать его оптимальную дозу. При этом осуществляется контроль дозирующего оборудования. Отклонение от оптимальных доз реагентов составляет не более 5–7 %, что способствует стабилизации работы отстойников и фильтров.

Оперативная информация о динамике работы отстойников и фильтров позволяет диспетчеру или технологу своевременно реагировать на изменяющиеся условия технологического процесса.

Архивные данные модулей «Коагулянт – Осветлитель» и КИМ АДК предоставляют возможность технологу станции установить причинно-следственную связь между событиями «дозы коагулянта и флокулянта → мутность отстойников → качество фильтрата», тем самым осуществлять контроль работы диспетчера, а диспетчеру прогнозировать технологические режимы и контролировать эксплуатационный персонал, участвующий в технологическом процессе.

Оперативная информация о концентрации активного хлора в воде при первичном и вторичном хлорировании, предоставляемая КИМ «Хлор- Мониторинг», способствует стабилизации процесса хлорирования, экономии хлора, снижению

количества его передозировок и количества хлорорганических примесей в очищаемой воде, а также повышению надежности ее защиты от бактериальных загрязнений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Штернер С.Р.* Автоматический корректор технологии водоподготовки – контрольно-измерительный модуль «Коагулянт–Осветлитель» // Водоснабжение и санитарная техника. 1997. № 7. С. 21–23.
2. *Штернер С.Р.* Методы оптимизации действующих технологий реагентной очистки воды средствами АСУ ТП // Мат-лы науч.-практ. семинара «Современные технологии обеспечения надежности систем водоснабжения и водоотведения». 2005. Новосибирск.
3. *Домнин К.В., Архипова Е.Е., Штернер С.Р., Лузгин С.Л.* Оптимизация технологического процесса очистки воды на сооружениях водопровода г. Хабаровска // Водоснабжение и санитарная техника. 2007. № 6. С. 24–27.
4. *Валуйских И.В., Показаньев Д.С., Болдырев В.В., Палецкий А.В., Штернер С.Р., Фризен С.Э.* Управление процессом подготовки питьевой воды средствами локальной автоматизации // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. № 3. С. 54–57.
5. *Штернер С.Р., Лузгин С.Л., Нестеров Ю.В. и др.* Автоматизация контроля мутности промывных вод скорых фильтров // Мат-лы VIII междунар. науч.-производств. конф. «Решение проблем экологической безопасности в водохозяйственной отрасли». Новосибирск. 2012. С. 62–65.
6. Устройство для автоматического дозирования реагентов. Патент 95156, авторы Крымский, Чейшвили, опубл. 01.01.1953.

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
РЕАГЕНТНОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ НА ВОДООЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
СРЕДСТВАМИ ЛОКАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ**

Штернер С.Р., Нестеров Ю.В.

ООО «Научно-внедренческий центр «УНИТОК»», г. Екатеринбург, Россия

info@unitok.ru

Ключевые слова: оптимизация, водоподготовка, доза, коагулянт, фильтр.

Рассмотрено применение автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами реагентной очистки воды на промышленных предприятиях. Автоматическое проведение пробных коагуляций представляет возможность оперативного корректирования рабочих доз реагентов. Автоматическое определение дозы коагулянта «по проводимости» обеспечивает автоматическое управление дозированием его рабочего раствора без использования расходомеров. Применение двух автономных ячеек для измерения величины pH повышает надежность дозирования щелочного реагента, а автоматическое измерение концентрации активного хлора создает условия для автоматического дозирования содержащего хлор реагента при первичном и вторичном хлорировании.

**OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF AGENT WATER
TREATMENT AT INDUSTRIAL WATER TREATMENT FACILITIES WITH LOCAL
AUTOMATION**

Shterner S.R., Nesterov Y.V.

«UNITOK scientific center», Ekaterinburg, Russia

info@unitok.ru

Key words: optimization, water treatment, coagulant, filter.

«JSC "UNITOK» experience in development and production of industrial agent water treatment control systems has been considered. Automatic coagulation provides an opportunity for an operational correcting of agents working doses. Automatic detection of a

coagulant dose «by conductivity» provides automatic control of dispensing solution without use of flowmeters. Application of two autonomous cells for pH measurement increases reliability of alkaline agent dispensing. Automatic measurement of active chlorine concentration creates conditions for automatic chlorine agent dispensing at primary and secondary chlorination.

В настоящее время на значительном количестве водоочистных станций России отсутствует непрерывный автоматический контроль процесса водоподготовки, а управление этим процессом основывается на результатах лабораторных химических анализов, периодичность которых не всегда достаточна для его оптимальной реализации и получения очищенной воды требуемого качества.

Изменяющиеся условия проведения технологического процесса реагентной очистки воды – биологические и физико-химические показатели исходной воды, типы и марки используемых реагентов, концентрации их рабочих растворов, состояние дозирующих устройств и технологических аппаратов (смесителей, отстойников, контактных осветлителей, фильтров) – требуют непрерывного автоматического контроля основных его параметров и оперативного реагирования диспетчерской службы и системы автоматического управления.

Специализацией ООО «Научно-внедренческий центр УНИТОК» (г. Екатеринбург) является разработка и создание контрольно-измерительных и управляющих компьютеризированных модулей, обеспечивающих контроль основных параметров технологического процесса, их анализ по разработанному алгоритму и последующее управление исполнительными механизмами, дозирующими используемые реагенты.

Для оптимизации технологических процессов реагентной очистки воды, реализуемых с использованием коагулянтов, флокулянтов, щелочных реагентов и хлора, разработаны контрольно-измерительные и управляющие модули (КИМ) «Коагулянт–Осветлитель», «Хлор–Мониторинг», автоматического дозирования коагулянта и флокулянта КИМ АДКФ, автоматического дозирования щелочного реагента КИМ АДЩР, а также промывки фильтров и контактных осветлителей КИМ ПФ [1–6]. Каждый из перечисленных выше модулей является самостоятельным измерительно-вычислительным и управляющим комплексом, который легко интегрируется в любую САУ и легко устанавливается на любой станции водоподготовки независимо от ее производительности и технического состояния. К

настоящему времени автоматизированные системы контроля и управления на базе модулей ООО «НВЦ УНИТОК» внедрены на 42 водоочистных станциях России и Казахстана.

Контрольно-измерительные и управляющие модули «Коагулянт-Осветлитель», АДКФ и «Хлор-Мониторинг» в совокупности образуют контрольно-аналитический комплекс «УНИТОК-1» (СВИДЕТЕЛЬСТВО об утверждении типа средств измерений RU.C.31.005.A, № 19924).

Контрольно-измерительный модуль «Коагулянт-Осветлитель» предназначен для непрерывного автоматического контроля основных параметров технологического процесса очистки воды (мутности, величины pH, температуры, скорости осветления коагулированной взвеси и цветности (при укомплектованности анализатором цветности «Сергий–Цвет–1»).



Рис. 1. Контрольно-измерительный модуль «Коагулянт–Осветлитель», цех водоподготовки ОАО «Архангельский ЦБК», сентябрь 2013 г. Контролируемые пробы подведены к панели потоков (левая стойка) с разных участков технологического процесса. Рабочая емкость с датчиками мутности, величины pH, температуры и анализатор «Сергий–Цвет–1» расположены на правой стойке.



Рис. 2. Подведение проб воды к панели потоков КИМ «Коагулянт–Осветлитель».



а



в

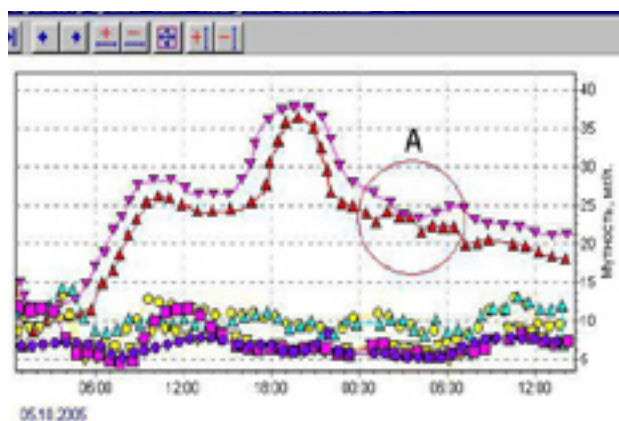
Рис. 3. *а* – автоматический отбор пробы воды под управлением промышленного компьютера для передачи в рабочую емкость с датчиками; *в* – рабочая емкость модуля «Коагулянт–Осветлитель» с датчиками мутности, величины рН, температуры.

КИМ «Коагулянт–Осветлитель» позволяет поочередно контролировать до 12 проб воды, поступающих с различных этапов технологического процесса ее очистки: пробы исходной воды, отобранных после смесителей, осветлителей, отстойников, фильтров. Измеряемые параметры: мутность, цветность, величина рН, температура, скорость осветления коагулированной взвеси $V_{осв}$, мг/л/мин.

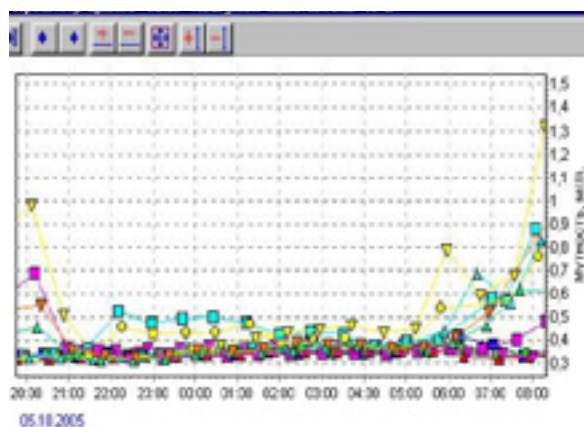
Результаты измерений названных параметров (до 10 000 значений в сутки) отображаются на мониторе компьютера в виде графиков и таблиц и записываются в архив данных. Наглядность и своевременность результатов измерений позволяет

оптимизировать работу диспетчерской службы и оперативно корректировать технологический процесс.

На рис. 4 представлена оперативная информация о динамике работы отстойников и фильтров головных очистных сооружений водопровода (ГОСВ) г. Хабаровска. Эта информация позволяет сменному мастеру планировать промывку фильтров и регламентный сброс воды из отстойников, что способствует увеличению фильтроцикла фильтрующего оборудования, экономии расхода промывной воды и повышению производительности очистных сооружений, при соблюдении необходимого качества очищаемой воды.



а



в

Рис. 4. Архивные данные программы «УНИТОК-ДИСПЕТЧЕР» КИМ «Коагулянт–Осветлитель», ГОСВ г. Хабаровска, 5–6 октября 2005 г.: *а* – временные зависимости мутностей проб воды исходной, отобранных после отстойников №1–4, объединенной пробы отстойников №5–9 в течение полутора суток (около 06:00 до 12:00 05.10.2005); *в* – временные зависимости мутностей проб воды 12-ти фильтров станции, время фильтроцикла ~ 12 часов.

Для оценки влияния различных факторов (концентраций рабочих растворов коагулянта и флокулянта, их доз, точек ввода реагентов в очищаемую воду, параметров исходной речной воды) на эффективность хлопьеобразования и прогнозирования результатов коагулирования на водоочистных сооружениях, в модуле «Коагулянт–Осветлитель» предусмотрен режим «пробной коагуляции». Данный режим позволяет автоматически определить скорость осветления коагулированной воды, проба которой отобрана после смесителя или из камеры хлопьеобразования и поступила в рабочую ёмкость модуля, оценить оптимальность значений доз реагентов, подобранных химической лабораторией в процессе лабораторных исследований, оперативно скорректировать их в технологическом процессе для получения заданных параметров очищенной воды.

На рис. 5 приведены временные зависимости мутности коагулированной воды, полученные на ГОСВ г. Хабаровска в 2005 г. при разных дозах коагулянта (ОХА) в режиме автоматического проведения пробных коагуляций.

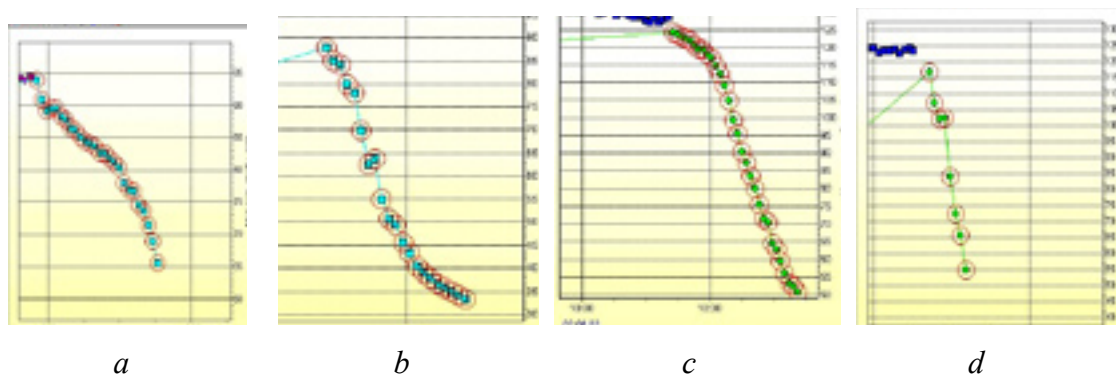


Рис. 5. Изменение мутности коагулированной воды при автоматическом проведении пробных коагуляций в рабочей емкости КИМ «Коагулянт–Осветлитель» при разных дозах коагулянта (ОХА): *a* – 4,5 мг/л, *b* – 5,2 мг/л, *c* – 6 мг/л, *d* – 8,5 мг/л. Доза флокулянта (ПАА) во всех опытах ~ 0,2 мг/л. Параметры исходной воды: $M=85$ мг/л, $\zeta=70^0$ ХКШ, $pH=7,1$. Продолжительность наблюдения пробной коагуляции в каждом опыте 10–20 мин.

Контрольно-измерительный и управляющий модуль автоматического дозирования коагулянта и флокулянта КИМ АДКФ предназначен для непрерывного автоматического контроля доз коагулянта и флокулянта в очищаемой воде и автоматического управления работой устройств, подающих рабочие растворы этих реагентов.

КИМ АДКФ автоматически определяет дозу коагулянта в очищаемой воде, причём доза коагулянта определяется двумя способами: «объёмным», расчетным методом, используя значения расходов исходной воды и рабочего раствора коагулянта (показания расходомеров), его плотность и концентрацию, формула (1) и кондуктометрическим методом – по изменению электропроводности очищаемой воды, обусловленному введением в нее коагулянта, формула (2).

$$D_{\text{реагента}} = 10 \cdot C \cdot \rho \cdot q / Q_{\text{воды}} \quad (1)$$

где C – весовая концентрация; ρ – плотность, г/см³; q – расход рабочего раствора реагента, л/час; $Q_{\text{воды}}$ – расход сырой воды, м³/час.

Кондуктометрический метод позволяет определять дозу коагулянта в очищаемой воде при отсутствии расходомеров сырой воды и рабочего раствора коагулянта по формуле (2). Знание концентрации и плотности рабочего раствора при этом не требуется:

$$D_{\text{коаг}} = A \cdot (\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1) \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_1$ и $\mathcal{E}_2$ – значения электропроводности пробы воды исходной и пробы воды с коагулянтном; A – постоянная, определяемая в процессе калибровки КИМ АДКФ.

Доза флокулянта определяется только расчетным методом по формуле (1).



a



б

Рис. 6. Пуско-наладочные работы КИМ АДКФ на НФС-1 г. Новосибирска, ноябрь 2006 г. – *a*; *б* – к панели потоков КИМ АДКФ подведены две пробы воды: исходной и с коагулянтном, июль 2009 г., ВОС г. Уссурийска.

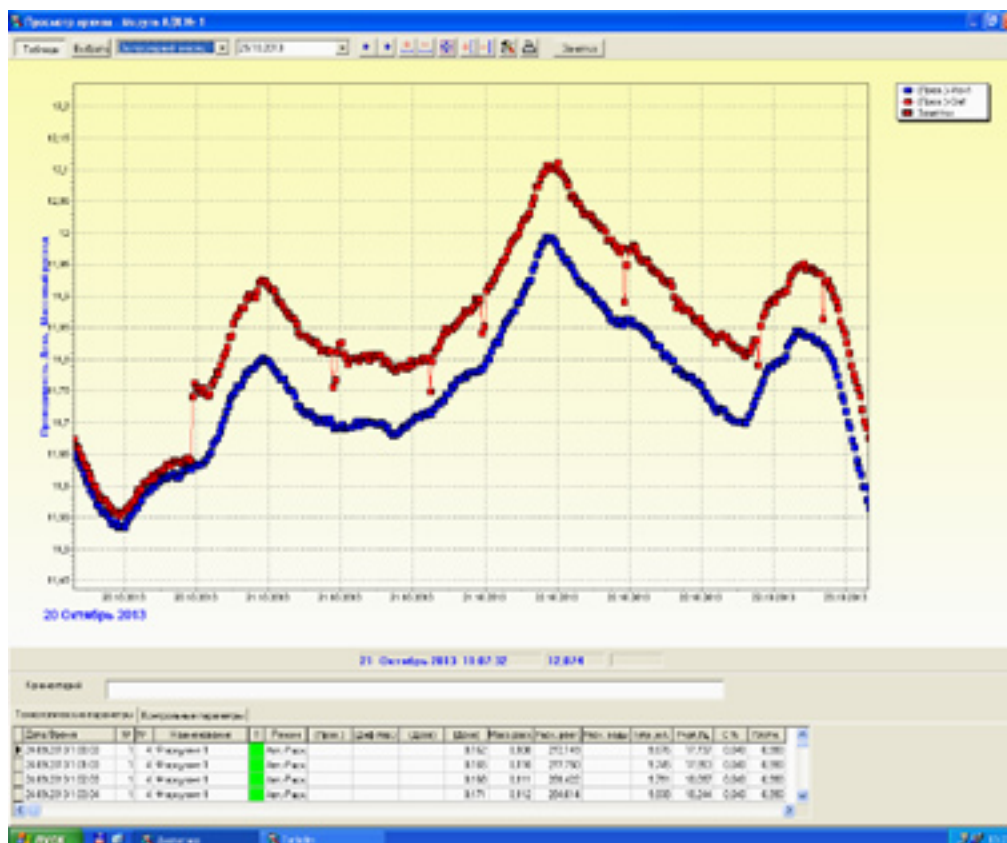


Рис. 7. Временные зависимости электропроводности исходной воды и пробы воды с коагулянт, отобранной после смесителя НФС ООО «Березовские коммунальные системы», г. Берёзовский, Кемеровской обл. Совпадение графиков электропроводности происходит при отсутствии коагулянта в очищаемой воде.

В автоматическом режиме работы модуль АДКФ поддерживает заданные оператором дозы коагулянта и флокулянта. Время переходного процесса при изменении расхода исходной воды или концентрации рабочего раствора коагулянта на 15–20 % не более 10–15 мин (рис. 8). В ручном режиме работы модуль АДКФ контролирует временные зависимости доз коагулянта и флокулянта без их автоматического корректирования. При этом оператор имеет возможность дистанционного (из диспетчерской) изменения производительности исполнительных механизмов, подающих реагенты.

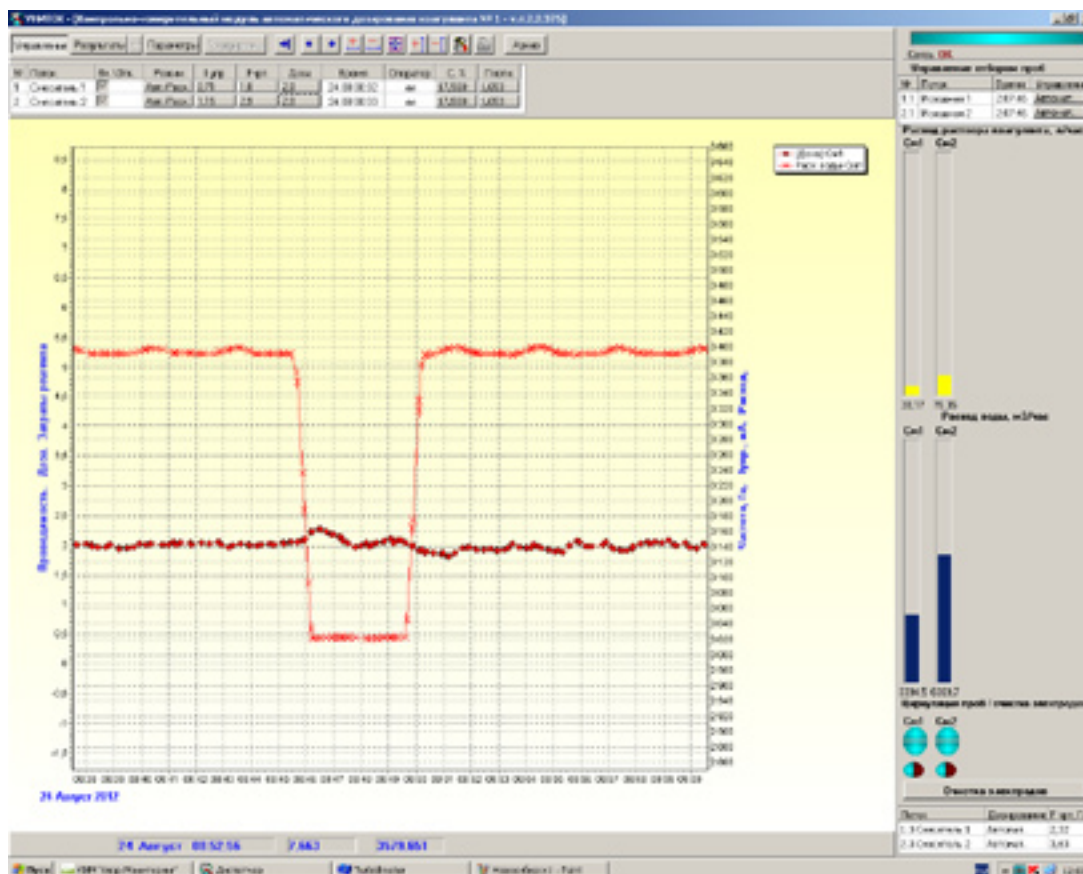


Рис. 8. Временные зависимости дозы коагулянта и расхода сырой воды СОСВ ОАО «Синарский трубный завод», г. Каменск-Уральский. Столбчатые диаграммы отображают расходы рабочих растворов коагулянта и сырой воды, январь 2007 г.

Контрольно-измерительный и управляющий модуль «Хлор-Мониторинг» предназначен для автоматического измерения концентрации общего (суммарного) или свободного активного остаточного хлора 12-ти проб воды при первичном и вторичном хлорировании и управления исполнительными механизмами, дозирующими хлорсодержащий реагент, по четырем независимым каналам.

В основе определения концентрации активного хлора КИМ «Хлор-Мониторинг» лежит метод фотоколориметрического титрования. При реализации этого метода оптическим датчиком фиксируется момент изменения окраски анализируемой пробы (момент окончания титрования). Определяемое количество израсходованного раствора титранта определяет концентрацию активного хлора.



Рис. 9. КИМ «Хлор–Мониторинг» на Западной фильтровальной станции г. Екатеринбурга, февраль 2015 г.

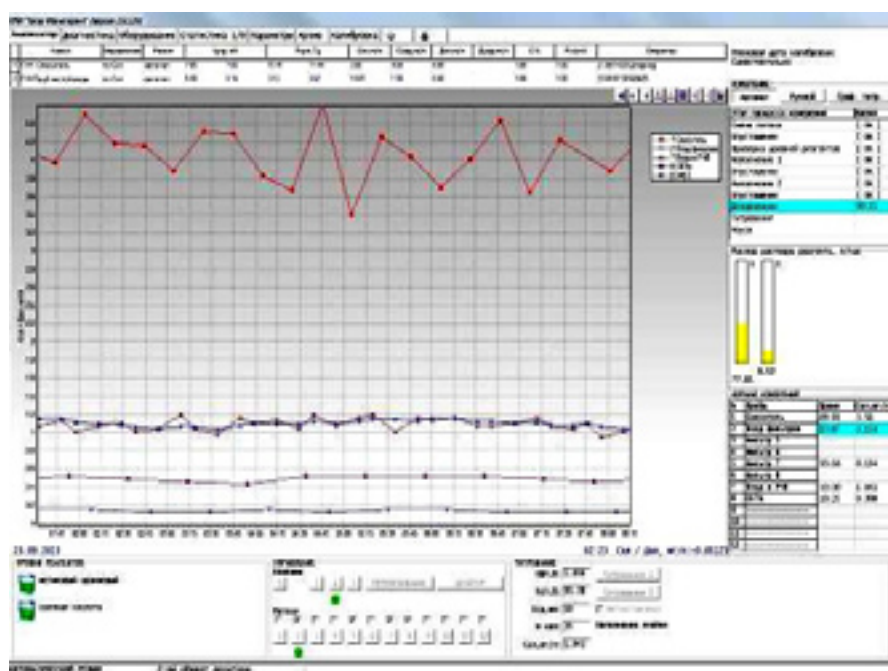


Рис.10. Основное окно программы КИМ «Хлор–Мониторинг». ФОС-1 ОАО «Архангельский ЦБК». Контролируемые пробы отобраны после смесителя (первичное хлорирование), отстойника, фильтров и перед РЧВ (вторичное хлорирование).
Реализовано автоматическое дозирование ГХН по двум каналам.

Контрольно-измерительный и управляющий модуль автоматического дозирования щелочного реагента – КИМ АДЩР предназначен для непрерывного автоматического контроля и поддержания заданной величины рН очищаемой воды при

автоматическом управлении исполнительными механизмами, дозирующими щелочной реагент.

Проба воды, отбираемая после ввода щелочного реагента, одновременно контролируется в двух электрохимических ячейка КИМ АДЩР. Определённые при этом величины рН используются для управления исполнительным механизмом, дозирующим щелочной реагент. При наличии сигналов с расходомеров сырой воды и рабочего раствора щелочного реагента возможно управление его дозированием с поддержанием заданной его дозы, рассчитываемой по формуле (1).

На рис. 12 приведено основное окно программного обеспечения «УНИТОК-ДИСПЕТЧЕР» с информацией модулей АДКФ, АДЩР и анализатора цветности «Сергий–Цвет–1».



Рис. 11. КИМ АДЩР. ФОС-1 ОАО «Архангельский ЦБК», сентябрь 2013 г.

Каждый из вышеперечисленных контрольно-измерительных модулей представляет не просто средство измерения ряда физико-химических величин, а измерительно-вычислительный комплекс, сочетающий средства самодиагностики, автоматической очистки первичных преобразователей и контроля состояния исполнительных механизмов, включенных с ним в систему АСУ ТП.

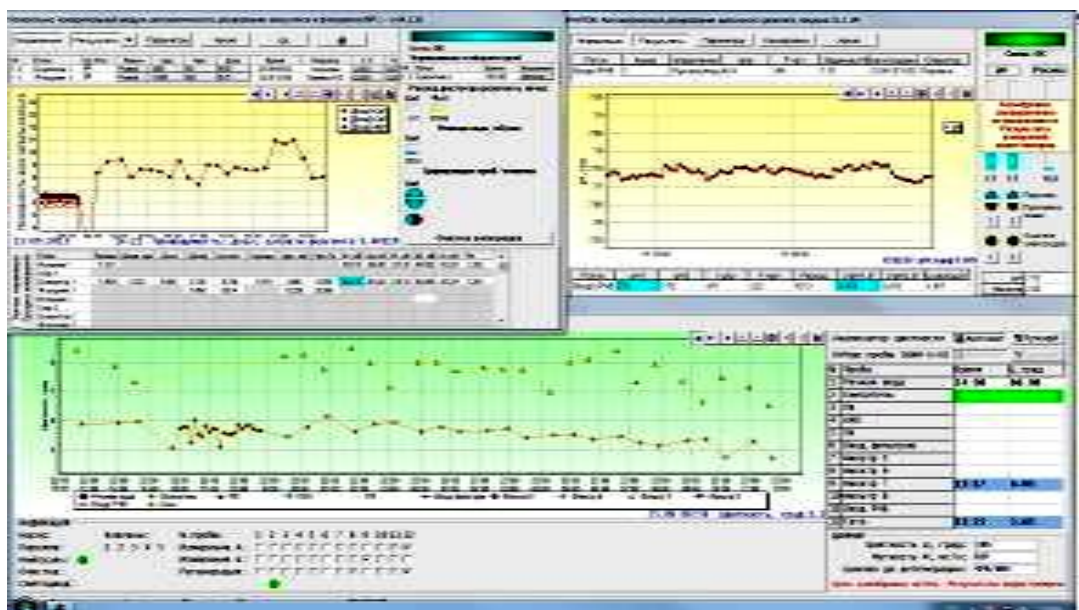


Рис. 12. Основное окно программного обеспечения «УНИТОК-ДИСПЕТЧЕР». Вверху направо – временные зависимости дозы коагулянта (КИМ АДКФ), величины pH (КИМ АДЦР) и цветности (анализатор «Сергий-Цвет-1»). ФОС–1 ОАО «Архангельский ЦБК», сентябрь 2013 г.

Развитые системы самодиагностики модулей и так называемые «алгоритмы безопасности технологического процесса» предупреждают ложные управляющие действия САУ. Так, например, программным обеспечением КИМ АДКФ и КИМ АДЦР запрещается режим автоматического управления дозированием реагентов при несвоевременной калибровке модулей обслуживающим персоналом, выходе ряда значений электрических параметров оборудования за пределы интервалов их допустимых значений, неисправности отдельных электронных и механических узлов, а также неэффективности применяемого закона управления.

Контрольно-измерительный и управляющий модуль промывки фильтров и контактных осветлителей – КИМ ПФ предназначен для автоматического контроля мутности отработанной промывной воды, расчета количества взвешенных веществ, удаляемых ею из фильтрующей загрузки и своевременного прекращения промывки путём подачи информационных и управляющих сигналов.

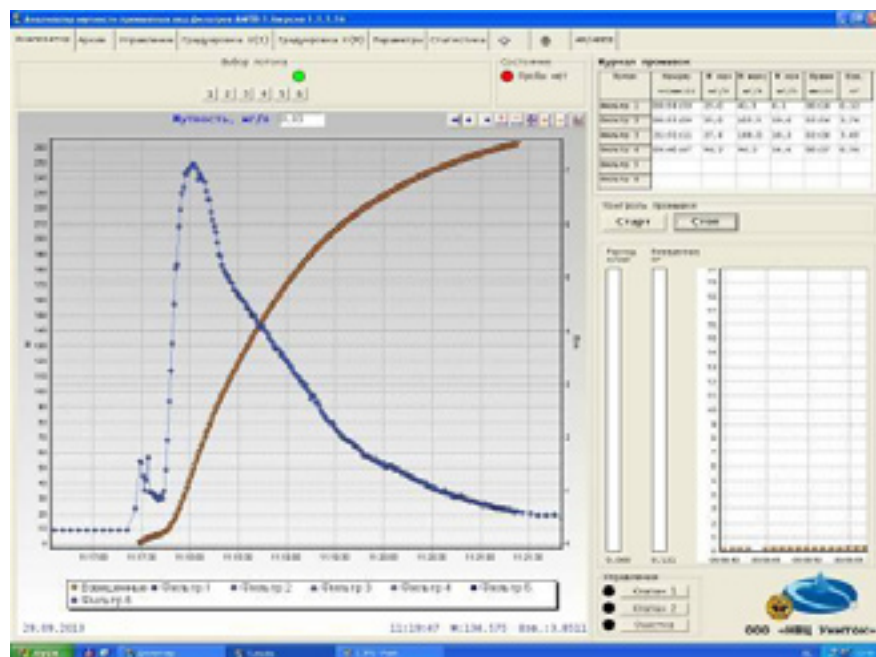


Рис. 13. Основное окно КИМ ПФ. Справа журнал промывок, столбчатые диаграммы расхода промывной воды и количества взвешенных веществ, удаляемых ею из фильтра, а также графики временных зависимостей количества взвешенных, удаляемых из фильтра во время промывки и мутности отработанной промывной воды.

Проведенные испытания КИМ ПФ на станции очистки свежей воды ОАО «Синарский трубный завод», Чусовских очистных сооружениях ООО «Новогор-Прикамье» и головных водоочистных сооружениях ОАО «Архангельский ЦБК» показали, что автоматический контроль мутности отработанной промывной воды предоставляет возможность окончания промывки фильтрующего оборудования при конкретных ее значениях, что способствует заметной экономии расхода воды на собственные нужды без ухудшения качества фильтрованной воды и снижения времени фильтроцикла. Например: средняя экономия расхода воды на промывку фильтров станции очистки свежей воды ОАО «Синарский трубный завод» за период июль–октябрь 2013 г. составила ~ 30 %.

С сентября 2013 г. по настоящее время на ГОСВ ОАО «Архангельский ЦБК» применяется КИМ ПФ для реализации экономичных промывок контактных осветлителей. Средняя экономия расхода воды также составляет около 30 %.

Автоматизация и компьютеризация контроля и управления технологическим процессом реагентной очистки воды является в настоящее время необходимым условием его дальнейшей оптимизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Штернер С.Р.* Автоматический корректор технологии водоподготовки – контрольно-измерительный модуль «Коагулянт–Осветлитель» // Водоснабжение и санитарная техника. 1997. № 7. С. 21–23.
2. *Штернер С.Р.* Методы оптимизации действующих технологий реагентной очистки воды средствами АСУ ТП // Мат-лы науч.-практ. семинара «Современные технологии обеспечения надежности систем водоснабжения и водоотведения». 2005. Новосибирск.
3. *Штернер С.Р., Лузгин С.Л.* Оптимизация технологии реагентной очистки воды средствами АСУ ТП // Мат-лы II междунар. науч.-практ. конф. «Решение водохозяйственных проблем в Сибирском регионе». 2005. Новосибирск.
4. Целевой проект по решению проблем повышения качества питьевой воды на очистных сооружениях предприятий «Водоканал», а также воды для технологических целей, очищаемой в водоподготовительных цехах промышленных предприятий. Концепция программы «Вода питьевая – чистая вода» // Водные ресурсы и водопользование. 2005. № 8. С. 27–30.
5. *Домнин К.В., Архипова Е.Е., Штернер С.Р., Лузгин С.Л.* Оптимизация технологического процесса очистки воды на сооружениях водопровода г. Хабаровска // Водоснабжение и санитарная техника. 2007. № 6. С. 24–27.
6. *Штернер С.Р., Лузгин С.Л., Нестеров Ю.В. и др.* Автоматизация контроля мутности промывных вод скорых фильтров // VIII междунар. науч.-производств. конф. «Решение проблем экологической безопасности в водохозяйственной отрасли», Новосибирск, 2012.

КОНКУРС НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТОВ МОЛОДЫХ
УЧЕНЫХ И СТУДЕНТОВ

CONTEST OF RESEARCH PROJECTS OF YOUNGER RESEARCHERS AND
STUDENTS

**УТИЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОКОВ
СТАНЦИИ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

Ахметова Ю.Н., Крупнова Т.Г.

Южно-Уральский государственный университет
(Национальный исследовательский университет), г. Челябинск, Россия

krupnovatg@mail.ru

Ключевые слова: питьевая вода, обезжелезивание, подземные воды, железо, марганец, осадок водоподготовки, промывные воды.

Проанализирована обезжелезивание подземных вод города Учалы. Предложен вариант обработки и утилизации промывных вод и осадков, образующихся в процессе подготовки питьевой воды.

**DISPOSAL OF PRODUCTION EFFLUENTS OF
GROUNDWATER DEIRONING FACILITIES**

Akhmetova Y.N., Krupnova T.G.

South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia

krupnovatg@mail.ru

Key words: drinking water, iron removal, groundwater, iron, manganese, water treatment sludge, washing waters.

Operation of groundwater deironing facilities of the city of Uchaly is analyzed. Version of processing and re-use of washing waters and drinking water treatment sludges ha been proposed.

В настоящее время в г. Учалы действует централизованная система водоснабжения из подземных источников. Источником хозяйственно-питьевого водоснабжения служат подземные воды водозаборов Кургашского и «Бирсы».

Среднесуточная фактическая подача воды в город составляет 8 870 м³/сут по данным за 2014 год.

Кургашский водозабор состоит из 11 эксплуатационных скважин (7 рабочих, 4 резервных), которые оборудованы погружными насосами. Над скважинами установлены надземные павильоны. Отбираемая вода по физико-химическим показателям качества соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01. Перед подачей потребителю воду обеззараживают хлором.

В связи с недостатком воды питьевого качества в 2001 г. была введена в эксплуатацию станция обезжелезивания подземных вод с водозабора «Бирся». Обезжелезивание производится методом упрощенной аэрации. Одновременно с обезжелезиванием происходит деманганация подземных вод. Сточные воды водоподготовки, собираются, отстаиваются, осадки собираются в специальный резервуар. Осадок вывозится по мере необходимости на полигон ТБО, или на иловые площадки очистных сооружений канализации. В 2014 г. было вывезено 22,733 т осадка на иловые площадки.

Нами произведен термогравиметрический анализ воздушно-сухих осадков. Произведены расчеты и подобрано оборудование для цеха обезвоживания осадка. Выработаны предложения по возможности использования осадков на очистных сооружениях городских сточных вод для глубокого удаления из последних фосфатов и сульфидов, устранения запаха.

**РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
ЛЯ СИСТЕМ ЛОКАЛЬНОЙ ДООЧИСТКИ ПИТЬЕВЫХ ВОД
В ЦЕЛЯХ ПРОФИЛАКТИКИ ОБЩЕСТВЕННО ЗНАЧИМЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

Божко Я.Г.

ГБОУ ВПО «Уральский государственный медицинский университет»,

г. Екатеринбург, Россия

89221503087@mail.ru

**DEVELOPMENT OF NOVEL SORPTION MATERIALS FOR DRINKING WATER
LOCAL SECONDARY TREATMENT SYSTEMS IN ORDER TO PREVENT
SOCIALLY SIGNIFICANT DISEASES**

Bozhko Y.G.

Urals State Medical University, Ekaterinburg, Russia

89221503087@mail.ru

Одной из глобальных проблем в оценке свойств питьевых вод является определение состава и свойств содержащихся в них органических примесей. Органические примеси в питьевых водах имеют нерегулярное строение и характеризуются высокой полифункциональностью, поэтому могут оказывать на организм человека как позитивные, так и негативные эффекты. За счет особенностей строения органические соединения проявляют антиоксидантную активность, за счет комплексообразования – способствуют проникновению необходимых микроэлементов (кальций, магний, медь, железо, цинк). Однако высокая комплексообразующая способность органических примесей питьевых вод может способствовать развитию железо-и йододефицитных состояний, стабилизации степени окисления металлов – микроэлементов (железо, медь) с последующим затруднением их вовлечения в каскады биохимических реакций. Органика приобретает канцерогенную активность и способствует развитию онкологических заболеваний при традиционных методах обработки воды (хлорирование, озонирование, УФ-облучение), что было доказано ещё в конце 1990-х годов.

Для улучшения качества воды широкую популярность приобрели локальные системы её доочистки. Современные сорбционные материалы, используемые в

локальных системах доочистки питьевых вод, удаляют взвешенные примеси и улучшают органолептические показатели, но существенно снижают содержание важнейших для организма человека ионов (кальций, магний). В то время как по результатам исследований, проведенных во многих странах, дефицит этих ионов является одним из факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний.

Цель проекта – разработать инновационные сорбционные материалы для систем локальной доочистки питьевых вод, позволяющие избирательно сорбировать активные в комплексообразующем отношении органические соединения при сохранении полноценности ионного состава питьевых вод в целях профилактики общественно значимых заболеваний.

В основу создания инновационных сорбционных материалов положена принципиально новая для Российской Федерации авторская концепция, учитывающая характер и свойства органических соединений, содержащихся в питьевых водах. Понимание значения свойств органических соединений, возможность правильной оценки комплексообразующей активности органических примесей по отношению к ионам металлов микроэлементов – важный ключ к решению проблемы «интеллектуальной» сорбции органики и созданию индивидуальных для каждого типа вод сорбентов на основе предложенной авторами инновационной шпинельной структуры. Одновременно такой сорбент способен решать и важную с позиций профилактической медицины задачу – сохранение полноценности ионного состава питьевых вод для предотвращения общественно-значимых заболеваний (сердечно-сосудистая патология, железодефицитные состояния, йододефициты и пр.).

В ходе экспериментального исследования разработчиками реализованы задачи поискового синтеза шпинельной структуры сорбентов на основе солей алюминия, меди, магния, железа, разработки методологии контроля качества синтезированных структур, поиска наличия или отсутствия у них свойств: малая растворимость, высокая поверхностная активность и избирательная сорбция активных органических соединений, зависящая от состава сорбента.

На основании дериватографического анализа предструктур были обоснованно выбраны температуры прокаливания – 620 и 700 °С. Соответствие прокаленных структур сорбционных материалов шпинельным подтверждено рентгенограммой. Малая растворимость синтезированных шпинельных структур проверена и подтверждена кондуктометрическим и спектрофотометрическими методами анализа. Сохранение после сорбции полноценности ионного состава питьевых вод по

кальциево-магниевого компоненту подтверждено трилонометрическим методом определением общей жесткости.

Для контроля удаления активной азотсодержащей органики на шпинельных структурах был обоснован и разработан метод оценки комплексообразующих свойств органических соединений по отношению к меди (II). Обнаружено, что сорбент, синтезированный при 700°C, не обладает повышенной растворимостью и снижает после сорбции коэффициент активности органических соединений на единицу ООУ в водопроводной воде на 5 %.

Выяснено, что определенная по методу БЭТ поверхность структур составляет от 80 до 100 м²/г. Доказано, что на поверхности шпинельной структуры адсорбируется 72,9 % нитрат-иона из растворов с концентрацией 2 мг/л и 45,8 % из растворов с концентрацией 3 мг/л.

На следующих этапах запланированы разработка методики экспресс-контроля свойств сорбентов для обеспечения стабильности их качества; изучение кинетики сорбционных процессов с построением изотерм адсорбции; выбор оптимальных по составу структур для разных типов питьевых вод; получение технологических характеристик сорбционных материалов: фильтроцикл, условия регенерации, эффективность удаления активных органических соединений; поиск эффективной комбинации инновационных сорбентов с другими фильтрующими материалами.

Проект предполагает динамичное развитие, поддержан Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

**ПРИМЕНЕНИЕ ГЛАУКОНИТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА
ОТ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ ЗАО «КАРАБАШМЕДЬ»**

Гоманюк А.С., Кричмаржевская М.П.

ГБОУ СПО (ССУЗ) «Южно-Уральский государственный технический колледж»,

г. Челябинск, Россия

juliadz28@mail.ru

**GLAUCONITE APPLICATION FOR SURFACE RUNOFF TREATMENT IN ORDER
TO DISPOSE «KARABASHMED» COPPER-CONTAINING PRODUCTS**

Gomanyuk A.S., Krichmarzhevskaya M.P.

South Ural State Technical College,

Chelyabinsk, Russia

juliadz28@mail.ru

Развитие медной промышленности в настоящее время непосредственно зависит от постоянно растущих требований защиты окружающей среды, загрязнение которой связано с выбросами в атмосферу серосодержащих газов и пыли от медеплавильных предприятий.

Наиболее приемлемым путем сокращения выбросов диоксида серы является реконструкция производства с применением экологически безопасных технологий и оборудования, что позволяет даже при увеличении выпуска меди уменьшать количество выбросов.

Целью работы является внедрение фильтров с глауконитовой загрузкой на водосборной территории ручья Рыжий для снижения поступающих поллютанов со стоком от ЗАО «Карабашмедь» и улучшение экологической обстановки на территории г. Карабаша.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- Проанализированы современные тенденции развития медеплавильного производства.
- Рассмотрено экологическое состояние почв и водных объектов г. Карабаша.

- Проведена оценка влияния применения глауконита в составе сорбционных фильтров на экологические показатели почвы и водоисточников в г. Карабаш.

Практическая значимость и реализация результатов:

- разработаны рекомендации и технология по использованию сорбционных фильтров с применением глауконита;
- получены рекомендации к внедрению в промышленных условиях сорбционных фильтров с глауконитовой загрузкой.

В основе предлагаемой биоинженерной технологии рекомендуется использовать фильтры с сорбционной загрузкой глауконита с закладкой их на глубину до 1,5 м на водосборной территории.

Все стоки, попадающие на водосборную территории и проходящие через фильтр, будут задерживаться в структурных ячейках глауконита, таким образом, будет снижаться поступление тяжелых металлов и продуктов медьсодержащего производства на исследуемый водоисточник.

Предложенный биоинженерный способ сорбционной очистки загрязненных стоков характеризуется достаточно низкими эксплуатационными расходами, поскольку в очистке используются в качестве природных фильтров сорбент, добываемый на территории Челябинской области.

Проведены лабораторные испытания по применению различных доз глауконита для очистки загрязненного снега с водосборных территорий г. Карабаша. Анализ полученных результатов показал, что природный глауконит чувствителен по отношению к катионам меди и обладает сорбционной способностью. Наибольшую эффективность показала доза глауконита 1 мг/100 мл.

УДК 377.1:628.1

**Тьюторское сопровождение индивидуализации образования
в СПО на примере специальности 270813
«ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ»**

Дженис Ю.А.

ГБОУ СПО (ССУЗ) Южно-Уральский государственный технический колледж,
г. Челябинск, Россия
Juliadz28@mail.ru

**TUTORIAL SUPPORT IN INDIVIDUALIZED EDUCATION: SPECIALITY
«WATER SUPPLY AND WATER DISPOSAL» 270813 AS A STUDY CASE**

Dzhenis Y.A.

South Ural State Technical College,
Chelyabinsk, Russia
Juliadz28@mail.ru

Исходным пунктом развития каждого студента является факт индивидуализации, приводящий к более активному становлению личности. Индивидуализация самостоятельной работы студентов включает: увеличение интенсивной работы с более подготовленными студентами; деление занятия на обязательную и творческую часть; регулярность консультаций со студентами; своевременное информирование о тематическом содержании самостоятельной работы, сроках выполнения, потребности во вспомогательных средствах, способах контроля и оценке итоговых результатов.

Реально осуществить все эти условия в колледже можно посредством тьюторства.

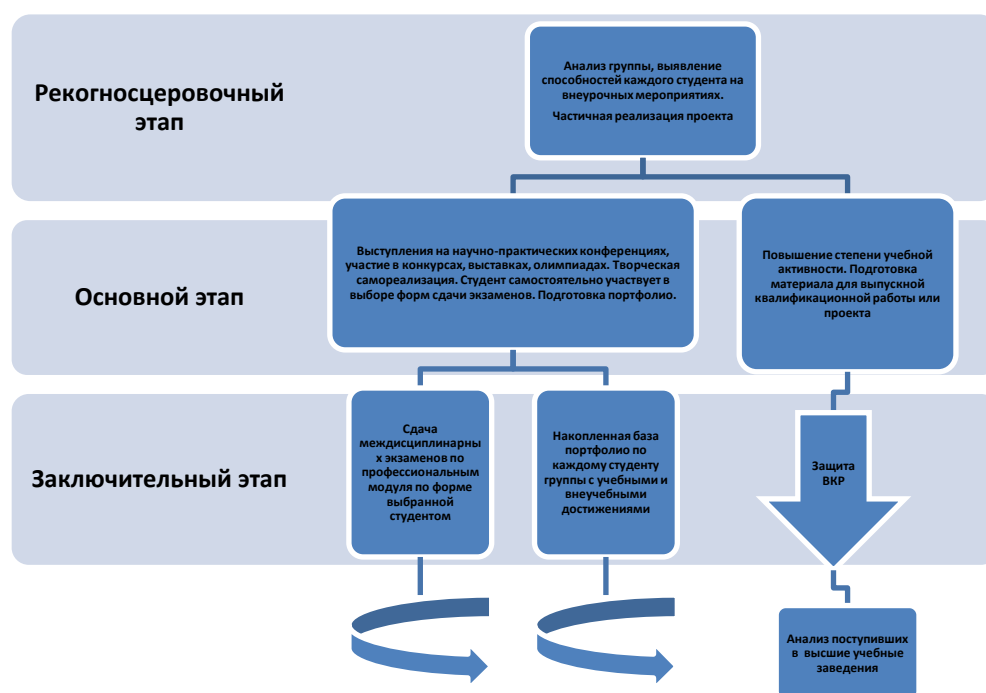
При реализации проекта необходимо учесть, что чаще всего не получается достигать этапы одновременно для всех студентов, поэтому необходимо вместе с каждым студентом проектировать его самостоятельную деятельность, одним из элементов этого является портфолио достижений студентов.

Организация должна иметь как персональные тьюторские планы в рамках указанных пространств, так и общий план организации сквозных открытых программ

дополнительного образования, которые представляют собой инструмент деятельности для каждого тьютора.

При этом тьюторы должны быть активно включены в существующие учебно-образовательные режимы:

При внедрении данного проекта в образовательной программе должны быть реализованы и уже частично реализованы определённые условия и этапы:



Реализовано:

1. Встроены в образовательный процесс студентов специальности «Водоснабжение и водоотведение» учебно-исследовательская и проектная деятельность как лично значимая для студентов, и реализуемая через содержание учебных дисциплин и передовых технологий, а также через организацию внеурочной деятельности.

2. Создана специально организованная образовательная среда, включающая научно-исследовательский кружок «Экология», кружок научно-технического творчества, на этапе создания предметно-исследовательский клуб; предметная мастерская и лаборатория; увеличение объема исследовательских уроков и усиление позиции педагога как организатора, координатора, участника.

3. Обеспечена открытость образовательной среды: организована страничка в социальной сети «В контакте» по научно-исследовательской работе студентов специальности «Водоснабжение и водоотведение».

4. Организовано выполнение и проводится защита выпускных квалификационных научных, проектных и исследовательских работ студентов.

Формой накопления как учебных, так и внеучебных результатов и достижений студентов является портфолио. Портфолио позволяет информационно обеспечить достижения индивидуального прогресса студента в широком образовательном контексте, документально демонстрировать спектр его способностей, культурных практик, интересов, склонностей.

Таким образом, итоговые результаты обучения, по обще профессиональным дисциплинам и дисциплинам естественнонаучного цикла, основным профессиональным образовательным модулям складываются из формы выбора студентом дисциплин и модульных экзаменов и внеучебных достижений студента, которые отражают его самостоятельную работу.

Год/показатель	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014
Количество студентов выступавших на научно-практических конференциях экологической направленности	15	10	20	15	17
Количество студентов участвующих в конкурсах	30	30	10	10	16
Количество студентов участвующих в выставках технического творчества	5	6	6	5	6
Количество студентов посещающих научный кружок «Экология»	10	15	20	20	25
Количество студентов посещающих кружок научно-технического творчества	10	15	20	20	25

**ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ СОРБЦИИ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ФОРМ ЦЕЗИЯ
ФЕРРОЦИНОМ В НОВОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ВАРИАНТЕ**

Иошин А.А.

ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования
и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург, Россия
mr.kj@uralweb.ru

**INVESTIGATION OF WATER-SOLUBLE CESIUM FORMS WITH FERROCENE
IN A NEW TECHNOLOGICAL VERSION**

Ioshin A.A.

RosNIIVKH, Ekaterinburg, Russia
mr.kj@uralweb.ru

Научно-техническая революция и связанный с нею резкий подъем промышленного производства приводит к загрязнению окружающей среды. Особую роль в современном мире играет атомная энергия и опасности связанные с ее использованием. Ядерные испытания и радиационные аварии, а также нормализованные выбросы атомной и ядерной энергетики являются источником поступления антропогенных радионуклидов в природные и аграрные экосистемы. Радионуклиды включаются в биогеохимические процессы миграции и, накапливаясь в сельскохозяйственной продукции, попадают далее в рацион человека, определяя дозы внутреннего облучения. Очистка от радионуклидов являются одним из приоритетных направлений в науке с целью обезопасить объекты сельскохозяйственного, бытового, промышленного назначения от радиационного загрязнения.

Почва, вода, воздух (пыль), строительные и промышленные объекты, одежда, пища и многое другое может быть объектом радиоактивного загрязнения. Одна из главных задач современной науки это найти оптимальный способ дезактивации радиоактивных загрязнений. Данная работа посвящена изучению дезактивации радионуклидов в почве. Почвы обладают высокой емкостью поглощения, что приводит к формированию в окружающей среде длительно действующего источника радионуклидов. Закрепление радионуклидов почвами является сложным процессом,

происходящим во времени. Скорость сорбции и фиксации радионуклидов в почвах зависит как от их физико-химических характеристик, так и от свойств почв.

Среди техногенных радионуклидов наиболее экологически значимыми при рассмотрении долговременных последствий радиоактивного загрязнения является радионуклид цезия. Биологическая опасность ^{137}Cs определяется несколькими факторами: высоким выходом при делении, длительным периодом полураспада (около 30 лет), высокой подвижностью в природных средах.

Более удобной в технологическом отношении является процедура дезактивации, при которой материал с сорбированным микрокомпонентом приводят в контакт с суспензией сорбента в растворе. Сорбент за счет высокой разницы химических потенциалов концентрирует поглощенный материалом микрокомпонент, после чего сорбент отделяют от материала любым удобным методом разделения фаз.

Объектом исследования стала модель сорбции водорастворимых форм цезия ферроцином в новом технологическом варианте с разделением сорбента и сорбируемого вещества пористой мембраной для реализации более удобного сбора и удаления отработанного сорбента.

В ходе научно-исследовательской работы была создана лабораторная установка, моделирующая новый технологический прием дезактивации почвы. Определены коэффициенты скорости процессов диффузии и сорбции в лабораторной установке. Полученные данные станут основой для создания нового технологического приема для дезактивации почвы.

**ЭЛЕМЕНТ ЭФФЕКТИВНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА
РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

Касимова Е.М.

ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования
и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург, Россия
katri-@inbox.ru

**AN ELEMENT OF THE WATER USE REGULATION
EFFECTIVE ECONOMIC MECHANISM**

Kasimova Y.M.

RosNIIVKh, Russia
katri-@inbox.ru

Развитие рыночных отношений в России привело к изменению условий и режима использования водных ресурсов в процессе хозяйственной деятельности. Современная система водопользования страны оценивается как неэффективная. Одной из главных причин малоэффективного экономического механизма природопользования является формирование планов природоохранных мероприятий на основе расчётно-модельной системы обеспечения нормативного качества воды в контрольном створе приёмника сточных вод. Выявлено отсутствие эффективности экономического механизма стимулирования рационального водопользования.

Существующий экономический механизм имеет ряд изъянов:

- отсутствие стимулирующей роли платежей, они скорее обладают фискальной ролью;
- непрозрачность системы нормирования;
- отсутствие льгот у рациональных водопользователей (отсутствие стимулирования водопользователей снижать уровень потребления воды ниже плановых показателей);
- утеряна связь платежей с издержками на предотвращение загрязнения и с ущербом;
- ставки платежей очень малы, предприятиям выгоднее загрязнять водный объект и вносить за него плату, чем осуществлять природоохранные мероприятия;

- платежи не формируют целевого и гарантированного финансирования водоохранных мероприятий, собираемые средства поступают в бюджеты различных уровней и могут расходоваться на различные цели.

При решении водохозяйственных задач по общепринятым методикам основным экономическим показателем используются приведенные затраты (руб/м³ в год). Система расчётов (в руб/м³) имеет интегральный характер, охватывая все ингредиенты, содержащиеся в сточных водах, но не может быть корректно перенесена на анализ рециклических систем, когда наблюдается значительное уменьшение количества сточных вод. Кроме того, расчёты (в руб/м³) не позволяют увязать денежные затраты с качеством очистки (хотя бы по лимитирующему ингредиенту), которое обеспечивается конкретным методом.

Недостатки существующего на сегодняшний день экономического механизма должны ликвидироваться при совершенствовании механизма на основе внедрения принципа наилучших доступных технологий (НДТ).

В основу разработки элемента эффективного экономического механизма легла методология укрупненной оценки эколого-экономической эффективности и целесообразности внедрения наилучших доступных технологий с использованием показателя – приведенных экологических затрат. Разработанная методика открывает перспективы редактирования используемых на данный момент некорректных положений классического экономического механизма.

Расчет приведенных экологических затрат (ПЭЗ_i, руб/усл. тыс. м³ в год (или ЕВ) производится по формуле:

$$ПЭЗ_i = \frac{П_i}{\Delta ПАН \text{ (или } \Delta ПВ)},$$

где: $П_i$, – приведенные затраты, руб/тыс. м³ в год; $\Delta ПАН$ ($\Delta ПВ$) – уменьшение показателя антропогенной нагрузки (или изменение потенциала сточных вод технологии, ЕВ/тыс. м³), усл. тыс. м³/тыс. м³.

В системе расчетов оценки использованы комплексные критерии:
– показатель антропогенной нагрузки (ПАН, усл. тыс. м³/тыс. м³). Отношение концентрации аналита, отражающей определенный вид воздействия хозяйствующего субъекта, измеренной в сточной воде, к величине соответствующего целевого

показателя. Представляет собой не что иное, как требуемую кратность разбавления до безвредного содержания;

– потенциал воздействия (ПВ, ЕВ/тыс. м³). Количество единиц негативного воздействия (ЕВ) аналита, отражающего определенный вид воздействия хозяйствующего субъекта.

В дополнение к общепринятой практике технико-экономических расчетов, имеет смысл производить оценку эффективности системы очистки сточных вод с использованием себестоимости снятия одной единицы негативного воздействия. Системы с использованием эколого-экономических параметров является более наглядной. Чем более эффективна водоохранная технология – чем больше снимается единиц негативного воздействия загрязняющих ингредиентов, тем меньше обязательные платежи за сбросы, тем выше прибыль и тем меньше наносится ущерб сточными водами на водный объект.

В таблице представлены результаты сравнения размера вреда по Методике 2009 и Нормативам платы за сброс загрязняющих веществ.

Перечень ингредиентов	Такса Методики 2009, руб/кг	Плата за 1 ЕВ по таксам Методики 2009, руб.	Нормативы платы за сброс, руб/кг		Плата за 1 ЕВ по нормативам платы, руб.	
			в пределах установленных лимитов сбросов	в пределах установленных допустимых нормативов сбросов	в пределах установленных лимитов сбросов	в пределах установленных допустимых нормативов сбросов
Р общ.	510	1530	13,775	2,755	41,325	8,265
N (NO ₃)	2,3	39,1	0,0345	0,0069	0,0345	0,0069
N (NO ₂)	155	155	17,22	3,444	292,74	58,548
N (NH ₄)	218	1155,4	27,5	5,51	145,75	29,203
Нефтепродукты	670	1675	27,55	5,51	68,875	13,775
Взвешенные вещества	30	600	1,83	0,366	36,6	7,32
Средняя плата за 1 ЕВ, руб.		859			98	20

Средние значения платы за 1 единицу негативного воздействия по Методике 2009 разнятся с платой за 1 ЕВ по нормативам платы примерно в 9 раз в пределах установленных лимитов сброса и в 44 раза в пределах установленных

допустимых нормативов сброса. Что говорит о некорректности механизма как расчета по Методике 2009 (некорректны Таксы), так и нормативов платы за сброс (слишком малы платежи).

Введение в систему технико-экономических расчетов на основе приведенных экологических затрат создает надежный инструментальный эффективного экономического механизма, обладающего свойствами простоты и прозрачности. С помощью расчетов, удалось выяснить на каком минимальном уровне должны находиться платежи за одну единицу негативного воздействия на водный объект. Они должны быть на уровне 490 рублей, когда в Германии они составляют 35,79 евро (что существенно больше).

Таким образом, предложенный подход совершенствования экономического механизма регулирования водопользования эффективен не только в области технического регулирования водопользования для обоснования НДТ, но и в сферах производственного и государственного контроля, оценки экологических платежей и ущерба за счет использования единых подходов и объективных рычагов оценки и регулирования негативного воздействия хозяйственной деятельности.

**РЕКОНСТРУКЦИЯ СТАНЦИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД
ГОРОДА ТРОИЦКА (ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Крючкова Н.А., Крупнова Т.Г.

Южно-Уральский государственный университет
(Национальный исследовательский университет), г. Челябинск, Россия
natalin_1993@mail.ru

Ключевые слова: очистка сточных вод, городские сточные воды, осадок сточных вод, анаэробное сбраживание.

Проанализирована работа станции очистки городских сточных вод города Троицка. Даны рекомендации по возможным путям реконструкции очистных сооружений.

**RECONSTRUCTION OF WASTEWATER TREATMENT PLANT OF THE
TROITSK CITY (CHELYABINSK OBLAST)**

Kryuchkova N.A., Krupnova T.G.

South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia
natalin_1993@mail.ru

Keywords: wastewater treatment, urban wastewater, sewage sludge, anaerobic digestion.

The work of municipal wastewater treatment plant of the Troitsk city is analyzed. Recommendations on possible ways of reconstruction of treatment facilities are given.

В Российской Федерации многие очистные сооружения городских сточных вод устарели как морально, так и физически, а используемое оборудование имеет критическую степень износа и требует замены в кратчайшие сроки. Отметим, что в технологии очистки сточных вод наиболее сложной и окончательно не решенной во всем мире проблемой является обработка и утилизация осадков [1]. Рассмотрим возможные пути реконструкции станции очистки сточных вод на примере города Троицка.

Очистные сооружения канализации города Троицка введены в эксплуатацию в 1990 г., проектная мощность – 50 000 м³/сут. Городские сточные воды из приемной камеры поступают на две вертикальные механизированные решетки с прозорами 16 мм. Из здания решеток сточная вода поступает на песколовки с круговым движением воды. Первичное отстаивание производится в четырех отстойниках радиального типа. Осажденный сырой осадок собирается в приемках отстойников и выгружается в илоперегниватели. Далее подача осветленной сточной воды производится в четыре двухкоридорных аэротенка на биологическую очистку, а затем в четыре вторичных радиальных отстойника, где происходит разделение биологически активного ила от очищенной сточной воды. Биологически активный ил возвращается из приемков в аэротенки или поступает в минерализаторы. Для обезвоживания осадков предусмотрены 16 иловых площадок. Очищенная сточная вода по сборному лотку отводится в контактные резервуары, откуда происходит ее сброс в Троицкое водохранилище. Показатели качества сточных вод до и после очистки представлены в табл.

Таблица. Эффективность работы очистных сооружений (2012–2014 гг.)

Показатели качества	Концентрация до очистки, мг/л			Концентрация после очистки, мг/л			С _{ндс} , мг/л
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	
Взвешенные вещества	214,0	367,49	165,32	11,87	21,11	8,34	8,05
БПК _{полн}	199,8	341,8	161,5	4,6	9,4	8,1	3
Азот аммонийный	27,6	57,0	27,8	0,3	1,3	0,4	0,4
Азот нитритный	–	–	–	0,02	0,13	0,02	0,02
Азот нитратный	–	–	–	11,2	13,8	15,9	9,1
Фосфор фосфатов	2,1	4,0	2,3	1,7	3,0	1,9	0,2

Качество очищенных сточных вод не соответствует требованиям (см. табл.), предлагается проект реконструкции очистных сооружений. В составе сооружений будут предусмотрены следующие сооружения: приемная камера; ступенчатые решетки тонкой очистки с прозорами 6 мм, аэрируемые песколовки; первичные радиальные отстойники (предлагаем оставить существующие); аэротенки с глубоким удалением

азота и фосфора (необходима реконструкция существующих сооружений); вторичные радиальные отстойники (предлагаем оставить существующие); УФ-установки обеззараживания. Смесь первичных осадков (после гравитационного уплотнения) и избыточного активного ила (после сгущения) предлагается анаэробно стабилизировать в метантенке, работающем в термофильном режиме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Крупнова Т.Г., Кострюкова А.М., Машкова И.В.* Обзор современных технологий обработки осадков городских сточных вод // Сельское, лесное и водное хозяйство. 2014. № 7 (34). С. 3–12.

**ПОСТАНОВКА МУСОРΟΣЖИГАТЕЛЬНОГО ЗАВОДА
С ОБОРОТНОЙ СИСТЕМОЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ
НА ТЕРРИТОРИИ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Лисоченко С.А., Шумакова К.А.

ГБОУ СПО (ССУЗ) «Южно-Уральский государственный технический колледж»,
г. Челябинск, Россия
lisochenko95@mail.ru

**ESTABLISHMENT OF AN INCINERATOR PLANT WITH THE CLOSED WATER
SUPPLY SYSTEM ON THE CHEL YABINSK OBLAST TERRITORY**

Lisochenko S.A., Shumakova K.A.

South Ural State Technical College,
Chelyabinsk, Russia
lisochenko95@mail.ru

В России ежегодно образуется около 130 млн м³ твердых бытовых отходов (ТБО). Из 27 млн т ТБО промышленной переработке подвергается порядка 3 %, остальное вывозится на свалки и полигоны-захоронения с отчуждением земель в пригородной зоне. Значительное количество ТБО попадает на несанкционированные свалки, количество которых постоянно растет. Поэтому ТБО представляют собой источник загрязнения окружающей среды, способствуя распространению опасных веществ. Вместе с тем они содержат в своем составе ценные компоненты, которые могут быть использованы в качестве вторичных ресурсов. Основная масса ТБО и промышленных отходов образуется в городах и поселках городского типа.

Целью нашего проекта является внедрение энергосберегающей технологии утилизации ТБО на территории Челябинской области.

В задачи исследования входило:

1. Анализ существующих методов и способов по утилизации ТБО.
2. Мониторинг несанкционированных свалок на территории Челябинской области,
3. Представление энергосберегающей технологии и место постановки завода по утилизации ТБО с расчетом бизнес-плана реализации проекта.

Объектом и предметом исследования служат мусоросжигательный завод и внедренная технология по утилизации ТБО. В ходе работы использованы проектный и мониторинговый методы исследования.

Суть проекта заключается в создании завода по утилизации и переработке бытовых отходов. Применяя такую технологию, можно получать электроэнергию, теплоэнергию и удобрения, которые будут использоваться в производстве. Используя эту технологию, наш завод будет работать на принципе самокупаемости. Также полученную электроэнергию, теплоэнергию и удобрения планируется поставлять населению, организациям и предприятиям сельскохозяйственного сектора.

Утилизация и переработка бытовых отходов на примере завода с применением технологии сжигания ТБО с преобразованием в электроэнергию, теплоэнергию и удобрения, может оказывать экологический эффект.

Строительство завода по переработке ТБО и внедрение энергосберегающей технологии – это важное и современное решение, которое может быть принято на государственном уровне. Строительство принципиально нового завода по переработке первичных отходов может стать отличной альтернативной такому варианту утилизации мусора как сжигание.

В случае удачного размещения завода на территории пос. Долгодеревенское и решения инфраструктурных вопросов в части логистики по доставке твердых бытовых отходов, подключения к электрическим и тепловым сетям и для приобретения удобрения, возможно привлечение инвестора для реализации проекта.

Мы предлагаем внедрение энергосберегающей технологии по утилизации твердых бытовых отходов на территории г. Челябинска. Постановка данного завода будет способствовать снижению темпов накопления мусора на территории города, т. к. значительная его часть будет перерабатываться в газ и электроэнергию. На заводе мы проектируем обратную систему водоснабжения для снижения антропогенной нагрузки на прилегающий водоисточник.

**ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ
ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА РЕКИ ТЕЧА ОТ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ**

Нигаматулина Т.В.

ГБОУ СПО (ССУЗ) «Южно-Уральский государственный технический колледж»,

г. Челябинск, Россия

n-nig4@mail.ru

**NOVEL TECHNIQUES FOR THE TECHA RIVER SURFACE RUNOFF
PURIFICATION FROM RADIOACTIVE ISOTOPES**

Nigamatulina T.V.

South Ural State Technical College, Chelyabinsk, Russia

n-nig4@mail.ru

Самой опасной на данный момент является проблема загрязнения радионуклидами речных, озерных, морских вод и источников водоснабжения питьевой воды, эта проблема настолько критична, что требует особого внимания. Ее игнорирование может привести к большим и необратимым последствиям для жизни человека.

Радиация не видна человеческому глазу и не ощутима, но она поражает организм любого живого существа, попав в него радиация начинает разрушать все клетки организма. Самое опасное, когда радиация и ее радионуклиды попадают в воду – источник жизни. Попав в воду, она накапливается не только в воде, донном иле, но и в обитателях водного объекта, изменяя и убивая их клетки.

Загрязнение водных экосистем представляет огромную опасность для всех живых организмов. Для здоровья человека неблагоприятные последствия при использовании загрязненной воды, а также при контакте с ней (купание, стирка, рыбная ловля и др.) проявляются либо непосредственно при питье, либо в результате биологического накопления. При непосредственном контакте человека с радиоактивно загрязненной водой, а также при проживании или нахождении близ водоема.

Радиоактивное загрязнение биосферы это превышение естественного уровня содержания в окружающей среде радиоактивных веществ. Оно может быть вызвано

ядерными взрывами и утечкой радиоактивных компонентов в результате аварий на АЭС или других предприятиях, при разработке радиоактивных руд и т.п. При авариях на АЭС особенно резко увеличивается загрязнение среды радионуклидами (стронций-90, цезий-137, церий-141, йод-131, рутений-106 и др.).

Цель работы – применение новых технологий очистки поверхностного стока р. Теча от радиоактивных изотопов.

Задачи проекта:

1. Рассмотреть способы очистки воды от радиоактивных элементов.
2. Провести сравнительный анализ данных по загрязнению р. Теча за 60 лет.
3. Предложить технологию очистки реки Теча от радиоактивных изотопов.
4. Рассчитать эколого-экономическую эффективность реабилитации р. Теча.

Загрязнение рек, озер и других водоемов происходит в результате оседания радионуклидов на их поверхности из атмосферы, а также путем смыва их дождевыми водами с загрязненных участков почвенно-растительного покрова. Будучи хорошо растворимыми в воде, некоторые радиоактивные вещества (стронций-90, цезий-137 и др.) могут накапливаться в водоемах. При поступлении радиоактивных веществ в воду открытых водоемов, в первую очередь, отмечается их разбавление, поглощение дном и тканями гидробионтов. Эффективность процесса разбавления в реках и закрытых водоемах неодинаковая (в реках большая).

Накопление радионуклидов гидробионтами происходит в результате адсорбции и диффузии; поступления радионуклидов через органы дыхания и пищеварения. Среди обитателей водоемов существуют организмы-концентраторы, которые активно поглощают радионуклиды. Некоторые гидробионты концентрируют их в десятки тысяч раз больше в сравнении с содержанием радионуклидов в воде. Это водоросли, планктон, моллюски, ракообразные и другие донные организмы. Время, необходимое для максимального накопления радиоактивных веществ зоопланктоном, составляет несколько часов.

Радиометрические установки, используемые для радиационного контроля питьевой воды, должны быть внесены в государственный реестр утвержденных типов средств измерений и иметь действующее свидетельство о госповерке. Радиометрические установки для измерения суммарной альфа-и бета-активности проб воды должны отвечать следующим требованиям:

- минимальная измеряемая альфа-активность $A_{\text{мин}} (A_{\alpha})$ для установленных стандартов сравнения не более 0,01 Бк;

- минимальная измеряемая бета-активность $A_{\text{мин}} (A_{\beta})$ для установленных стандартов сравнения не более 0,2 Бк.

Производственный радиационный контроль питьевой воды обеспечивается организацией, осуществляющей водоснабжение населения по программе, согласованной с территориальным органом, осуществляющим Госсанэпиднадзор.

Перечень контролируемых показателей, количество и периодичность отбора проб питьевой воды для постоянного производственного контроля определяется для каждой системы водоснабжения на основании результатов ежеквартального радиационного контроля воды в течение одного года.

Рассматривая эту проблему, мы хотели бы предложить свой способ очистки реки от загрязнения. Если бы вода р. Теча использовалась для хозяйственно- бытовых и питьевых нужд, то мы бы хотели предложить метод очистки, являющийся эффективным для малых рек. Целью этого метода является очистка русла реки от радионуклидов в донном иле.

УДК 628.3.

**АНАЛИЗ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД
ГОРОДА УЧАЛЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ**

Нургалин Р.М., Крупнова Т.Г.

Южно-Уральский государственный университет

(Национальный исследовательский университет), Челябинск, Россия

rail.nurgalin@mail.ru

Ключевые слова: очистка сточных вод, городские сточные воды, биологическая очистка.

*Проанализирована работа станции очистки городских сточных вод города Учалы.
Даны рекомендации по возможным путям реконструкции очистных сооружений.*

**ANALYSIS OF THE UCHALY WASTEWATER TREATMENT FACILITIES
OPERATION AND PROPOSALS FOR THEIR RECONSTRUCTION**

Nurgalin R.M., Krupnova T.G.

South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia

rail.nurgalin@mail.ru

Keywords: wastewater treatment, municipal wastewater, biological treatment.

*The work of municipal wastewater treatment plant of the Uchaly city is analyzed.
Recommendations on possible ways of reconstruction of treatment facilities are given.*

В настоящем проекте изучена работа очистных сооружений сточных вод города Учалы (Республика Башкортостан), даны рекомендации по улучшению их работы.

На момент обследования (июль 2014 г.) построены и введены в работу только сооружения полной биологической очистки на аэротенках-смесителях по проекту проектного института «Гипрокоммунводоканал», проектной производительностью 17,0 тыс. м³/сутки со всеми вспомогательными сооружениями без блока доочистки.

Очистные сооружения канализации г. Учалы на сегодняшний день сильно недогружены по количеству сточных вод. Фактическое поступление сточных вод за последние годы составляет от 7,0 до 8,5 тыс. м³/сут, что значительно меньше проектных значений. Имеется тенденция к ежегодному снижению поступления сточных вод. ОСК по объемам поступающих на них сточных вод работают не в соответствии с проектом, со всеми вытекающими отсюда последствиями и проблемами.

Очистные сооружения на данный момент работают не в оптимальном технологическом режиме. Хотя очистка по некоторым веществам имеет высокий процент эффективности, тем не менее, по всем ингредиентам она не достигает не только нормативных показателей, но своих возможностей (это касается БПК_{полн} и азота аммонийного).

На очистные сооружения поступают, как правило, сточные воды с низким содержанием органических веществ – БПК_{полн} загрязненных сточных вод составляет от 15 до 101,7 мг/л – так необходимых для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов при биологической очистке сточных вод. В поступающих сточных водах нарушено оптимальное соотношение органических веществ к биогенным веществам, так необходимых для процессов биологического окисления в аэротенках, которое составляет БПК_{полн} : N : P = 100 : 5 : 1, а фактическое среднее соотношение в поступающих на ОСК сточных водах составляет БПК_{полн} : N : P = 100 : 16 : 0,7. Это первоначальное соотношение после механической очистки меняется в худшую сторону за счет очень сильного удаления органики на указанном этапе очистки.

Неудовлетворительно работают блоки биологической очистки. Так, в аэротенках поддерживается концентрация растворенного кислорода на недопустимо низком уровне, либо имеет место его частое колебание. Не выдерживается нормальная (оптимальная) нагрузка на активный ил. Процесс нитрификации в аэротенках идет недостаточно полно. Глубокое удаление азота и фосфора из сточных вод не производится, это ведет к превышению нормативов по нитратам и фосфатам.

Таким образом, очистные сооружения сточных вод города Учалы работают неудовлетворительно, в проекте выработаны технологические решения по их реконструкции.

**БИОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ОЗЕР
ИЛЬМЕНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАПОВЕДНИКА
ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ РАЗВИТИЯ БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ**

Пашина Е.А., Мякишков К.А., Крупнова Т.Г., Машкова И.В.

Южно-Уральский государственный университет
(Национальный исследовательский университет), г. Челябинск, Россия
elenap333@mail.ru

Ключевые слова: биоиндикация; моллюски, физико-химические показатели качества воды, высота раковины, ординация, метод главных компонент.

Рассмотрено влияние физико-химических показателей качества воды озера Ильменское на развитие пресноводного брюхоногого моллюска Viviparus Viviparus в эталонных условиях Ильменского государственного заповедника. Проведены анализ и визуализация экспериментальных данных с помощью ординационного канонического анализа, используя метод главных компонент.

**BIOINDICATION OF THE LAKES CONDITION IN THE ILMEN STATE RESERVE
ACCORDING TO GASTROPODS DEVELOPMENT INDICATORS**

Pashina E.A., Myakishkov K.A., Krupnova T. G., Mashkova I. V.

South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia
elenap333@mail.ru

Keywords: bioindication; gastropods; water quality physical/chemical parameters; height shell; ordination; Principal Component Analysis.

The Ilmen Lake water quality physical/chemical parameters influence on development of freshwater gastropod Viviparus Viviparus in the reference conditions of Ilmen State Reserve has been considered. The analysis and visualization of experimental data is taken with the canonical correspondence analysis, using Principal Component Analysis.

Брюхоногие моллюски имеют важное значение для биомониторинга пресных поверхностных вод, они широко используются для биоиндикации водной среды, а также в классической экотоксикологии, в частности, для индикации загрязнений природных вод тяжелыми металлами. Лужанка обыкновенная (*Viviparus Viviparus*) – наиболее распространенный в пресных водоемах Южного Урала брюхоногий моллюск, который после проведения соответствующих исследований может быть с успехом использован в качестве индикаторного вида.

Предыдущие многолетние исследования физико-химических показателей качества воды и индексов биоразнообразия гидробионтов позволяют сделать вывод о возможности использования озер Ильменского государственного заповедника, в частности озера Ильменское [1, 2], в качестве эталонных для анализа состояния водоемов, испытывающих антропогенную нагрузку.

В результате произведенных замеров и расчетов обнаружено, что количественные морфологические признаки высоты раковины *Viviparus viviparus* характеризуются большой, часто непрерывной изменчивостью, на которую существенно влияют экологические факторы. Сравнивая коэффициент изменчивости признаков, отметили, что вариабельность высоты раковины составляет 27,7 %, тогда как вариабельность количества завитков – 12,8 %. Следовательно, исследование изменчивости признака высоты раковины позволит оценить роль генотипа и среды в формировании изменчивости особей в естественных популяциях, а также критерии классификации различных форм изменчивости. Поэтому, на наш взгляд, можно ориентироваться на степень равномерного распределения признака при оценке качества воды озер.

Высота раковины использовалась в качестве относительного показателя возраста моллюсков. В каждой точке было определено нормированное количество раковин каждого класса. Согласно выборке был рассчитан классовый интервал и произведена разбивка раковин на пять классов согласно размерам 1,5...1,9 см, 2,0...2,4 см, 2,5...2,9 см, 3,0...3,4 см, 3,5...3,9 см.

Методом граф были определены главные компоненты, которые оказывают определяющее влияние на размерно-возрастную структуру популяции. Так, наилучшая корреляция численности лужанок с высотой раковины 1,5...1,9 см выявлена от содержания кислорода (в мг/л и насыщенности в %), окисляемости, неорганического

растворенного азота и азота в аммонийной и нитратной формах. Перечисленные факторы, таким образом, оказывают наибольшее влияние на выживаемость эмбрионов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Крупнова Т.Г., Кострюкова А.М., Машикова И.В., Ракова О.В.* Экологические проблемы состояния водной экосистемы озера Ильменское // Вестник Тамбовского ун-та. 2013. Т. 18. № 3. С. 878 – 882.
2. *Кострюкова А.М., Крупнова Т.Г., Машикова И.В.* Биомониторинг озер Ильменского государственного заповедника // Молодой ученый. 2013. № 4. С. 156 – 158.

**ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ
ИЛЬМЕНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАПОВЕДНИКА
ПО БИОРАЗНООБРАЗИЮ МАКРОФИТОВ**

Проскурина А.И., Крупнова Т.Г., Машкова И.В.

Южно-Уральский государственный университет
(Национальный исследовательский университет), г. Челябинск, Россия
proskurina.95@list.ru

Ключевые слова: макрофиты, физико-химические показатели качества воды, ординация, метод главных компонент.

Настоящая работа посвящена изучению водных макрофитов и показателей качества воды озер Ильменское и Аргаяш, расположенных на территории Ильменского заповедника. Было обнаружено 22 вида макрофитов. Визуализация и анализ экспериментальных данных проводились методами канонического анализа соответствий.

**STUDY OF STATUS OF THE ILMEN STATE RESERVE WATER BODIES BY
MACROPHYTES BIODIVERSITY**

Proskurina A.I, Krupnova T.G., Mashkova I.V.

South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia
proskurina.95@list.ru

Key words: macrophytes, physical/chemical parameters of water quality, ordination, Principal Component Analysis.

The present work deals with aquatic macrophytes and water quality parameters of Ilmen Lake and Arhayash Lake which are located at the Ilmen Reserve. Twenty two species of macrophytes have been found. The analysis and visualization of experimental data is conducted with the canonical correspondence analysis.

Интенсивная антропогенная нагрузка на водоемы Южного Урала вызывает потребность в проведении разностороннего экологического мониторинга водных экосистем региона. Особый интерес представляет изучение озер Ильменского

заповедника, обладающих эталонными свойствами по отношению к другим водоемам Челябинской области [1].

В настоящее время большое внимание уделяется изучению различных групп гидробионтов, населяющих пресные водоемы. Важный компонент пресноводных биогеоценозов – макрофиты, к которым относят высшие растения, приспособленные к жизни в водной среде, а также крупные водоросли. Целью данной работы является анализ структуры сообществ макрофитов относительно ненарушенных озер Ильменского заповедника.

Исследования проводили в июне–июле 2014 г. на территории научной базы Ильменского государственного заповедника УрО РАН. Для проведения исследований были выбраны семь станций в прибрежной зоне озера Ильменское и две станции в прибрежной зоне озера Аргаяш.

Обнаружено 22 вида макрофитов: *Phragmites australis* (Sav.) Trin. ex. Stewd, *Carex leporina*, *C. riparia*, *C. acuta*, *Alisma plantago-aquatica* L., *Potamogeton pusillus*, *P. luteus* L., *Lusimachia vilgaris* L., *Typha latifolia* L. *Luthrum salicaria* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Muriophyllum spicatum* L., *Stratiotes aloides* L., *Nuphar lutea* (L.) Sw, *Scirpus lacustris* L., *Lemna trisulca* L., *Hydrocharis morsus-renae* L., *Lemna minor* L., *Nymphaea candida* J. et Presl., *Elodea canadensis* Mics, *Nitella* sp., *Chara* sp.

Были найдены индикаторные виды путем нахождения для каждого вида макрофитов корреляционных зависимостей от факторов среды. Методом графов были определены главные компоненты, которые оказывают определяющее влияние на видовую структуру популяции, для видов обнаруженных более чем в одной. Для трех видов: *Phragmites australis* (Sav.) Trin. ex. Stewd, *Carex riparia*, *Carex acuta* на графе были выделены наиболее значимые физико-химические показатели. Из 26 физико-химических показателей наиболее значимыми оказались 8, которые были включены в корреляционную матрицу переменных, участвующих в дальнейшем анализе.

Озера Ильменское и Аргаяш имеют мезотрофный и эвтрофный статус соответственно, что подтверждается видовым биоразнообразием макрофитных сообществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кострюкова А.М., Машкова И.В., Крупнова Т.Г. Биоразнообразие гидробионтов в оценке экологического состояния озер южного лесничества Ильменского заповедника // Исследования в области естественных наук. 2013. № 12 (24). С. 2.

**ПРАВОВАЯ ОХРАНА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ
ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ**

Сабурова А.В., Соляной Р.В.

Уральский государственный юридический университет, г. Екатеринбург, Россия

Nastay_Saburova@el.ru

WATER BODIES LEGAL PROTECTION AGAINST INDUSTRIAL POLLUTION

Saburova A.V., Solyanoy R.V.

Urals State University of Law, Ekaterinburg, Russia

Nastay_Saburova@el.ru

Среди экологических проблем наиболее острой является загрязнение водных объектов, особенно используемых для питьевых и иных нужд населения, поскольку качество вод во многих водных объектах не удовлетворяет санитарным нормам. Проблемы, связанные с охраной водных объектов от загрязнения, остаются одними из самых острых во всех странах мирового сообщества, поскольку водные объекты загрязняются в большинстве случаев от деятельности промышленных предприятий. Загрязнение водных объектов осуществляется как непосредственно сбросом сточных вод предприятиями, так и опосредовано в результате увеличения загрязнения земель и количества отходов, в том числе токсичных, атмосферного воздуха вредными выбросами предприятий, химическая активность газов придает атмосферным осадкам агрессивность и приводит к значительному загрязнению водных объектов на обширных территориях. При этом на состояние водных объектов в промышленных регионах страны влияет также усиливающаяся в рыночных условиях эксплуатация предприятиями земельных, лесных, минеральных и других природных ресурсов.

Ведется регулярная работа по отмене устаревших норм и внесению изменений в водное законодательство. Однако темпы совершенствования федерального и регионального водного и иных, тесно связанных с ним отраслей законодательства, являются явно недостаточными. В настоящее время в целях решения существующих и перспективных водоохранных проблем необходимо выполнение ряда неотложных мер правового и организационного характера, имеющих принципиальное значение для

дальнейшего эколого-экономического развития общества и обеспечения благополучия населения. В современных условиях важно обеспечить надлежащее правовое регулирование и управленческую деятельность в области правовой охраны водных объектов от загрязнения промышленными предприятиями.

Первостепенной задачей для совершенствования водного законодательства является расширение и усиление эколого-правовых и водоохранных требований к деятельности промышленных предприятий, которые являются основными загрязнителями и водопользователями. Наряду с усилением и расширением водоохранных и эколого-правовых требований к деятельности промышленных предприятий необходимо создать условия для реализации указанных требований. Совместно с совершенствованием законодательства нуждается в совершенствовании государственное и муниципальное управление в области использования и охраны вод. Речь идет об усилении организационно-надзорных и иных мер управленческого характера, к которым относятся: организационные меры (государственный надзор, муниципальный контроль); экономические меры (платность, планирование, финансирование, налогообложение, экологическое страхование и экологический аудит); идеологические меры (подготовка кадров для предприятий, повышение их квалификации, повышение экологической культуры населения, пропаганда рационального использования природных ресурсов на отдельных предприятиях, выпуск наглядной агитации); меры юридической ответственности – административные и уголовные.

В рамках экономического механизма необходимо установление платы за загрязнение водных объектов с учетом затрат, связанных с осуществлением природоохранных мероприятий; замена практики взимания платы за сверхлимитное загрязнение на практику возмещения вреда; стимулирование предприятий, осуществляющих программы экологической модернизации производства и экологической реабилитации загрязненных территорий, а также ликвидации экологического ущерба, связанного с прошлой экономической и иной деятельностью.

На данный момент актуальной проблемой является взаимодействие надзорных органов в области использования и охраны вод с контрольными органами в этой сфере, а также с органами общественного и производственного контроля. В настоящее время государственный водный надзор осуществляется Федеральной службой по надзору в сфере природопользования, в связи с этим считать существующее положение оптимальным, на наш взгляд, нельзя, поскольку указанная Федеральная служба

находится в ведении Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

При этом сохраняется нежелательная ситуация, при которой одно и то же Министерство отвечает как за природопользование, так и за государственный надзор в данной сфере, что, вряд ли, можно признать обоснованным. Данная подведомственность позволяет в полной мере осуществлять контрольно-надзорную деятельность, т. к. могут сталкиваться интересы хозяйственной деятельности и экологии. Представляются вполне своевременными предложения, выдвигаемые рядом ученых – В.В. Кругловым, В.В. Вараксиным – об объединении всей надзорной деятельности в области использования и охраны вод в рамках единой государственной службы, на первом этапе находящейся в подчинении Правительства Российской Федерации. В дальнейшем, на втором этапе, по мере накопления опыта контрольной и надзорной деятельности, стабилизации структуры и работы Федеральной службы по надзору в сфере природопользования и охраны окружающей среды можно передать ее в подчинение Президента Российской Федерации. Такое объединение является своевременным и необходимым с точки зрения экологического развития страны. Это связано с тем, что Правительство Российской Федерации отвечает, прежде всего, за социально-экономическое развитие государства и в ряде случаев экономические интересы могут не совпадать с экологическими интересами в отдельных регионах страны, что может негативно повлиять, в частности, на деятельность государственных органов, органов местного самоуправления, юридических лиц и граждан по решению комплексных экологических проблем в сфере природопользования и охраны окружающей среды, и, в частности, проблемы охраны вод.

Подчинение же Федеральной службы по надзору в сфере природопользования и охраны окружающей среды Президенту Российской Федерации станет надежной гарантией реализации конституционного права граждан на благоприятную окружающую среду, других их экологических прав, а также обеспечения рационального использования, охраны и воспроизводства природных ресурсов и охраны окружающей среды. Таким образом, экологические интересы в Российской Федерации будут обеспечены надлежащей защитой.

Кроме того, весьма необходимо совершенствование всей системы государственного управления в сфере водопользования и охраны вод. К сожалению, в законодательстве не сформулированы основные цели и задачи, принципы и функции государственного и муниципального управления, а также отсутствует четкое

разграничение полномочий между государственными и муниципальными органами, осуществляющими управленческую деятельность в области использования и охраны вод. Вследствие чего не обеспечивается достаточный уровень и комплексность государственного управления в данной области.

Формирование эффективной системы управления в области охраны вод, предусматривающей взаимодействие и координацию деятельности органов государственной власти, а также: совершенствование системы государственного экологического мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также изменений климата; научное и информационно-аналитическое обеспечение охраны водной среды и экологической безопасности; обеспечение эффективного участия граждан, общественных объединений, некоммерческих организаций и бизнес-сообщества в решении вопросов, связанных с охраной вод.

В перспективе целесообразно создать специальное Министерство по охране водных ресурсов, которое должно осуществлять государственное управление всем водным фондом Российской Федерации, осуществлять государственный водный надзор, учет водных ресурсов и планирование, а также осуществлять государственную экспертизу в данной сфере. Тем более, что в настоящее время водные ресурсы становятся одним из наиболее ценных ресурсов и государство наряду с нефтью и газом могло бы их экспортировать в страны Персидского залива.

**ПРИМЕНИМОСТЬ КОМПЛЕКСНЫХ КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА
ВОД И ТЕХНОЛОГИЙ**

Сечкова Н.А.

ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования
и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург, Россия
nat-ushkova@yandex.ru

**APPLICABILITY OF COMPREHENSIVE QUALITY CRITERIA
FOR WATERS AND TECHNIQUES**

Sechkova N.A.

RosNIIVKH, Ekaterinburg, Russia
nat-ushkova@yandex.ru

Важнейшим показателем при определении нагрузок на окружающую среду является понятие качества среды. Критериями оценки качества вод может являться любая совокупность количественных показателей, характеризующих свойства изучаемых объектов и используемых для их классифицирования или ранжирования. Негативное воздействие – новый вид экологической информации, который обладает самостоятельным эмпирическим и научным характером, свойством первичности, поскольку отсутствуют расчетные манипуляции относительно $ПДК_{рх}$.

Негативное воздействие должно обеспечивать независимость экологического нормирования (исходя из принципа равномерного использования ассимилирующей способности приемника сточных вод) и равенство прав объектов негативного воздействия на полезные свойства источников и объектов водопользования. Для учета последствий негативного воздействия, для оценки динамики самоочищения водного объекта, для динамики ассимилирующей способности водного объекта и др. особо значимы комплексные критерии качества (ККК), используемые как при оценке вод (КККВ), так и технологий (КККТ).

Используя простые, прозрачные, достоверные КККВ и КККТ водопользователь, эксперты в области наилучших доступных технологий (НДТ), контролирующие органы смогут снизить риск принятия неправильного решения в области охраны и

рационального использования водных объектов. Использование ККК подтверждено при выявлении и обосновании российских отраслевых наилучших допустимых технологий (НДТ). Предполагается их незаменимая роль при обосновании условий водопользования при выдаче комплексных экологических разрешений и проверке деклараций о негативном воздействии на окружающую среду.

Анализ международных и отечественных процедур оценки рациональности водопользования позволяет выделить два основных уровня: внутренний и внешний.

Оценка внутреннего уровня – оценка технического совершенства непосредственно технологии производства конкретной товарной продукции, а также системы организации водопользования (прямоточная, повторно использующая, оборотная, комплексная). Классический показатель оценки внутреннего уровня – удельная норма водоотведения в расчете на единицу производимой продукции ($\text{м}^3/\text{т}$).

Оценка внешнего уровня – оценка эффективности очистных сооружений (%) или предельная достижимая конечная концентрация загрязняющего вещества ($\text{мг}/\text{дм}^3$).

В используемой в России методологии ограничения допустимых сбросов упор производился на второй уровень оценки.

Показано, что НДТ оптимально сочетают в себе совершенствование обоих уровней. Классическим показателем оценки уровня организации НДТ признается удельный технологический норматив не только сбросов загрязняющих веществ со сточными водами, но и выбросов в воздух, на почвы в расчете на единицу производимой продукции ($\text{мг}/\text{т}$).

Из этого следует, что разработка ККК для процедур выявления и внедрения НДТ – очень сложный и ответственный процесс.

Разработку ККК обеспечила комплексная единообразная оценка различных видов негативного воздействия по водному фактору.

Разработаны следующие КККВ, используемые и как КККТ:

- 1 – показатель антропогенной нагрузки (ПАН, усл. $\text{м}^3/\text{м}^3$);
- 2 – потенциал воздействия в единицах негативного воздействия (ПВ, $\text{ЕВ}/\text{м}^3$);
- 3 – соотношение ПАН/ПВ (усл. $\text{м}^3/\text{ЕВ}$); ПВ/ПАН ($\text{ЕВ}/\text{усл. м}^3$);
- 4 – индекс воздействия сбросов по ПАН (усл. $\text{м}^3/\text{год}$), по ПВ ($\text{ЕВ}/\text{год}$).

Кроме того, разработан КККВ, находящийся в коррелируемой связи с ПАН и ПВ качества водной среды:

- 5 – класс качества воды водного объекта с экологических позиций.

Для приведения к удобному виду для сравнения удельных показателей/нормативов различных НДТ предложен КККТ, производный от ПВ:

6 – удельный показатель/норматив негативного воздействия на единицу производимой продукции (ЕВ/т).

Комплексные критерии качества вод и технологий относительно просты в применении.

Предлагаемые комплексные критерии возможно использовать в следующих блоках при решении определенных задач.

1. Научно-аналитическое сопровождение условий водопользования при выдаче комплексных экологических разрешений и проверке деклараций о негативном воздействии:

- выявление НДТ;
- сравнение технологий и обоснование НДТ;
- ранжирование водопользователей по интенсивности негативного воздействия;
- оценке динамики ассимилирующей способности, обоснованию створов полного перемешивания сточных вод в реке и т.д;
- оценка соответствия водоохранной деятельности качеству НДТ.

2. Формирование российской системы учета последствий негативного воздействия:

- экологическая реабилитация водных объектов, обоснование экологически-уязвимых участков при экологической реабилитации;
- инвентаризация малых рек;
- оперативная оценка экологического состояния водного объекта;
- оценка текущей водоохранной деятельности хозяйствующих субъектов;
- оценка соответствия водоохранной деятельности качеству НДТ;
- выявление водопользователей, на которых необходимо обратить наибольшее внимание, в связи с их неэкологичностью;
- выявление недобросовестных водопользователей;
- решение балансовых задач при проверке достоверности отчетности водопользователей и выявлении несанкционированных сбросов;
- выявление экологически благополучных предприятий.

3. Разработка эколого-экономического механизма рационального водопользования в части:

- выявление норм общего действия по целесообразности внедрения НДТ;
- упрощение системы платежей и оценки ущерба при сокращении количества аналитов-маркеров;
- обоснования стоимости 1 единицы негативного воздействия;
- обоснования цены воды в зависимости от её качества.

4. Разработка единообразной системы регулирования водопользования для обоснования негативного воздействия объектов всех категорий:

- единообразное регулирование водопользования в отраслях промышленности и ЖКХ;
- обоснование нормативов общего действия в части установления:
 - антропогенной нагрузки, обеспечивающей экологическую безопасность водных объектов;
 - пороговой концентрации, достигаемой в обязательном порядке при очистке сточных вод в различных отраслях промышленности;
 - принципиальных блок-схем очистных сооружений уровня НДТ.
- предоставление инструментария для текущей оценки негативного воздействия водопользователей, водохозяйственного аудита, контроля и надзора.

Внедрение и использование предложенных комплексных критериев позволит решать различные задачи по установлению уровня загрязненности объектов негативного воздействия в пространственно-временном аспекте и принимать однозначные решения в различных водоохранных ситуациях.

**ПРОБЛЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БАЗЫ
ИЛЬМЕНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАПОВЕДНИКА
Скалёв Е.Д., Крупнова Т.Г., Машкова И.В., Кострюкова А.М.**

Южно-Уральский государственный университет
(Национальный исследовательский университет), г. Челябинск, Россия
Evgenies888@mail.ru

Ключевые слова: водоснабжение, подземные воды, питьевая вода, физико-химические показатели качества воды, очистка сточных вод.

Работа посвящена проблеме водоснабжения и водоотведения на территории научной базы южного лесничества Ильменского государственного заповедника. Проведен химический анализ воды из скважин. Выявлены причины несоответствия качества питьевой воды существующим нормативам. Даны рекомендации по улучшению существующего положения.

**PROBLEM OF WATER SUPPLY AND WASTEWATER TREATMENT OF
SCIENTIFIC AND PRODUCTION CENTER OF THE ILMEN STATE RESERVE**

Skalev E.D., Krupnova T.G., Mashkova I.V., Kostryukova A.M.

South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia
Evgenies888@mail.ru

Keywords: water supply, groundwater, drinking water, water quality physical/chemical parameters; wastewater treatment.

The present work deals with the problem of water supply and wastewater treatment of scientific center which is located at the south forestry Ilmen State Reserve. Chemical analyses of water from wells have been conducted. Causes of discrepancy between drinking water quality and the existing norms have been identified. Recommendations on the existing situation improvement have been given.

Ежегодно на территории научно-производственной базы Южного лесничества Ильменского государственного заповедника проходят полевую практику студенты

ведущих университетов Российской. В июле на базе одновременно может проживать до 300 человек, тогда как в остальное время 2–3 штатных сотрудника. В летний период остро встает проблема водоотведения и обеспечения научной базы водой питьевого качества.

Водоснабжение базы осуществляется из трех скважин. Скважина № 1 эксплуатируется более 30 лет. Ее глубина – 30 м. Воду из скважины используют для приготовления пищи. Из скважины № 2 вода используется для хозяйственно-бытовых нужд (мытья, стирки белья) и питьевых нужд работников базы, постоянно проживающих на ее территории. Скважина была пробурена в 2013 г. глубиной 40 м. Скважина № 3 имеет глубину 22 м, пробурена в 2014 г. рядом со старой скважиной, поскольку после многолетней эксплуатации произошло разрушение обвязки скважины (обсадной трубы) и насосное оборудование ушло под землю. Из этой скважины снабжаются душевые кабины и кухня-столовая.

Исследования, проведенные в июле 2014 г., показали, что вода на научно-производственной базе Ильменского государственного заповедника не соответствует нормативам по содержанию нитратов и перманганатной окисляемости. Из изученных образцов, вода скважины № 1 может рассматриваться для питьевого использования, т. к. она соответствует требованиям, предъявляемым к питьевой воде. Очень низкого качества вода в скважине № 3. На наш взгляд, это связано с незначительной глубиной (20 м). В геологических условиях научно-производственной базы Ильменского государственного заповедника артезианские воды находятся глубоко и скважина должна быть не менее 80 м.

В ходе проведенного исследования определено, что кипячение значительно улучшает качество воды. Воду из скважин № 1 и 2 на научно-производственной базе можно употреблять для питья после предварительной обработки. Воду из скважины № 3 нежелательно использовать для питьевых целей. Основной причиной непригодности воды для питья является несоответствующее требованиям обустройство туалетов, отсутствие систем очистки хозяйственно-бытовых стоков. В пользу этой гипотезы говорит высокое содержание ионов аммония в подземных водах (более 1,5 мг/л). Скорее всего, имеет место постоянное просачивание в подземные горизонты фекальных стоков.

Необходимо привести в соответствие с требуемыми нормами водоотведение на территории научной базы. Для этого предлагается вместо уличных туалетов установить современные септики, а сбор хозяйственной воды осуществлять в специальную емкость и очищать локально на установках биологической очистки.

УДК 628.16.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ СОСНОВСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Смолякова А.С., Крупнова Т.Г.

Южно-Уральский государственный университет

(Национальный исследовательский университет), г. Челябинск, Россия

nastjan2202@mail.ru

Ключевые слова: очистные сооружения водоснабжения, питьевая воды, отстаивание, горизонтальный отстойник, тонкослойные модули, хлорирование, ультрафиолетовое обеззараживание.

Проанализирована работа очистной станции водоподготовки г. Челябинска. Даны рекомендации по возможным путям реконструкции очистных сооружений.

PROPOSALS ON THE SOSNOWSKI WATER TREATMENT PLANT EQUIPMENT RECONSTRUCTION

Smolyakova A.S., Krupnova T.G.

South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia

nastjan2202@mail.ru

Keywords: water treatment plant; drinking water; sedimentation; horizontal settling tank; thin-layer modules, chlorination, ultraviolet disinfection.

Operation of the Chelyabinsk drinking water treatment plant is analyzed. Recommendations on possible ways of reconstruction of treatment facilities are given.

В настоящее время наблюдается общая тенденция к ухудшению качества воды водоисточников и возрастанию нагрузки на типовые сооружения водоподготовки. В связи с этим возникает необходимость поиска действенных технологических решений для модернизации существующих очистных сооружений водопровода.

Источником водоснабжения г. Челябинска является Шершневское водохранилище с забором воды у пос. Сосновка. Вода характеризуется средними значениями цветности (до 50°) и мутности (до 30 мг/л), значение перманганатной окисляемости в летний период достигает 7,4 мг/л. Сосновские очистные сооружения водоподготовки были введены в эксплуатацию в 1932 г., в настоящее время включают в себя пять блоков очистных сооружений.

Существующая очистка воды блока № 2 представлена двухступенчатой схемой: отстаивание и фильтрование. В состав блока входят 20 горизонтальных односекционных отстойников и 10 скорых фильтров. Одной из существующих проблем является неэффективность работы части отстойников. Это приводит к повышенной мутности воды на выходе с первой ступени осветления и обесцвечивания, а также к необходимости частой продувки и повышенному расходу воды на собственные нужды станции. Для сравнительного анализа эффективности работы отстойников и камер хлопьеобразования № 12 и № 14 второго блока, имеющих схожие технологические нагрузки, были построены эпюры накопления шлама.

В отстойнике № 12 наблюдалось четкое разделение на две зоны – зону осаждения, зону накопления и уплотнения осадка. Максимальная высота шламовых отложений составляла 1 м с постепенным снижением. В отстойнике № 14 шлам распределялся на протяжении 50 м от его начала, наибольшая высота достигла 2,8 м. – почти 60 %.

Интенсифицировать процессы хлопьеобразования в камере реакции и седиментации в горизонтальных отстойниках возможно на основе применения принципа тонкослойного осаждения. Рекомендуется выбор конструкции и материал тонкослойных модулей в виде сотоблоков, обеспечивающих устойчивый режим осаждения в слоях небольшой высоты [1].

Кроме того, предлагается модернизация существующей системы обеззараживания хлором на комбинированную схему «гипохлорит натрия – ультрафиолетовое обеззараживание». Предусматривается электролитическое получение гипохлорита натрия и размещение станции УФ-обеззараживания на напорных трубопроводах от насосных станций 2-го подъема. Внедрение данной технологии обеззараживания приведет к повышению эксплуатационных расходов [2], однако, позволит улучшить органолептические и санитарно-бактериологические показатели качества питьевой воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вольфтруб Л.И., Корабельников В.М., Гудошникова А.Е.* Опыт модернизации отстойников и осветлителей на станциях водоподготовки // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. № 5. С. 47–50.
2. *Крупнова Т.Г., Таллина О.Ю.* Сравнение методов обеззараживания воды, используемых в централизованных системах водоснабжения // Сельское, лесное и водное хозяйство. 2014. № 5 (32). С. 1.

ДЕТОКСИКАЦИЯ ТЕХНОЗЕМОВ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

ОСАДКАМИ СТОЧНЫХ ВОД

Спирина Е.Е., Сайгина Е.С.

ГБОУ СПО (ССУЗ) Южно-Уральский государственный технический колледж,

г. Челябинск, Россия

katrin95_1995@mail.ru

DETOXICATION OF THE CHELYABINSK OBLAST INDUSTRIALLY POLLUTED

LANDS WITH WASTE WATERS SLUDGE

Spirina Y.Y., Saigina Y.S.

South Ural State Technical College,

Chelyabinsk, Russia

katrin95_1995@mail.ru

Отходы городского коммунального хозяйства, в том числе и осадки сточных вод в крупных городах и населенных пунктах порождают массу проблем в связи с их утилизацией. Одним из путей решения данной проблемы является их утилизация в техноземы для активизации ее микробиологических процессов, сбалансирования физико-химических параметров и снижения токсического влияния тяжелых металлов.

Целью наших исследований является возможность применения осадков сточных вод на антропогенно загрязненных территориях.

В работе предусматривается решение следующих задач:

1. Изучение химического состава неорганической составляющей (содержание тяжелых металлов) и физических показателей осадка сточных вод города Челябинска за 2011–2013 гг.
2. Анализ данных об экологическом состоянии антропогенно загрязнённых территорий в Челябинской области
3. Анализ применения системы почвенно-растительной оперативной диагностики для расчета доз осадков сточных вод.
4. Расчет предварительного эколого-экономического ущерба.

В ходе работы применялись ионометрический, фтоколлометрический методы исследования, а также метод инверсионной вольтамперометрии.

Нами были поставлены следующие сроки реализации проекта:

1 этап. Изучение проблемы утилизации осадков сточных вод на территории Российской Федерации и в мировой практике 2013 г.

2 этап. Рассмотрение действия смесей осадков сточных вод с улучшающими компонентами при постановке модельных опытов 2013–2014 гг.

3 этап. Рекогносцировка загрязненных территорий г. Челябинска на перспективу реализации проекта в натуральных масштабах 2013–2014 гг.

4 этап. Изучение действия исследуемых смесей на реальных объектах 2014–2015 гг.

5 этап. Предложение выпуска смесей осадки-аммофос, осадки-торф, осадки-глауконит, осадки-древесные опилки предприятиям переработки вторичного сырья и составление методики расчета доз применяемых смесей 2015 г.

Челябинская область является одной из наиболее экологически неблагоприятных. В городах Челябинской области повышенные концентрации тяжелых металлов (медь, цинк, никель) превышают предельно допустимые концентрации (ПДК) для почв, что обычно наблюдается в районах, примыкающих к предприятиям-загрязнителям.

Проведены анализы определения химического состава осадков сточных вод с очистных сооружений канализации г. Челябинска за 2011–2013 год. Помимо химических показателей рассмотрены физические показатели осадков сточных вод. В 2013 г. влажность осадка изменялась от 40 до 80 %. На очистных сооружениях канализации города Челябинска отсутствует механическое обезвоживание осадка, то сушка осадка производится на иловых площадках, заполнение которых идет неравномерно.

В работе для установления доз осадков сточных вод использован комплексный метод почвенно-растительной оперативной диагностики предложенный Ю.И. Ермохиным. Сущность метода заключается в том, что данные химического анализа почвы (метод почвенной диагностики – ПД) используются для расчета доз осадков сточных вод и их внесение до получения зеленой биомассы на загрязненных территориях.

Для расчета доз применения осадков сточных вод (кг/га) мы предлагаем использовать формулу, разработанную Ю.И. Ермохиным и модифицированную нами для загрязненных территорий:

$$Д = K_d \cdot П \cdot Н / КИУ, \text{ кг/га}$$

Для более подробного изучения механизма действия осадков сточных вод в почвенном профиле загрязненной территории можно рассмотреть процессы синергизма и антагонизма ионов.

Большинство сточных вод промышленных и бытовых предприятий имеют сложный химический состав. Комбинированное действие компонентов сточных вод проявляется в виде синергизма, антагонизма или независимого совместного действия.

В рамках исследования была рассчитана эколого-экономическая эффективность ОСВ на рекультивационной территории.

В заключение мы получили следующее:

- проанализированы основные способы утилизации осадка сточных вод в России и мировой практике;
- рассмотрены основные методы проведения рекультивации техноземов в России и мировой практике;
- по результатам проведенных исследований отмечается 20 % снижение содержания тяжелых металлов на загрязненной водосборной территории и применение осадков сточных вод.
- рассчитана эколого-экономическая эффективность проведения рекультивации загрязненных территорий при применении осадка сточных вод, а также определена стоимость мероприятий на восстановленной территории.