

стью образования гидроксокомплексов с ураном. Эффективность сульфата железа (II) обусловлена восстановлением урана с образованием малорастворимых соединений.

Установлено, что при совместном использовании кислых и основных коагулянтов можно достичь высокой эффективности очистки воды от урана при определенных соотношениях и дозах.

При использовании катионных, анионных флокулянтов, кислых и основных коагулянтов лучшие результаты по очистке воды от урана получены при обработке воды анионными флокулянтами при  $\text{pH} \geq 8$  с последующей обработкой коагулянтом на основе гидроксохлорида алюминия.

Определены условия реагентной очистки воды от сульфатов с одновременным выделением урана из воды.

### Список литературы

1. Коваленко Г.Д., Волошин В.С. Основы радиационной экологии. — Мариуполь : Рената, 2009. — 297 с.
2. Добыча и переработка урановых руд в Украине : Монография / Под ред. А.П.Чернова. — Киев : АДЕФ-Украина, 2001. — 338 с.
3. Матлак Е.С., Малеев В.Б. Снижение загрязнения шахтных вод в подземных условиях. — Киев : Техника, 1991. — 134 с.
4. Монгайт И.Л. Очистка шахтных вод. — М. : Недра, 1978. — 455 с.
5. Псарева Т.С., Закутецкий О.И., Стрелко В.В. Сорбция урана фосфатами и фосфоросиликатами титана // Доп. НАН України. — 2003. — № 12. — С. 130–135.
6. Amamanenko Y.D., Kryvoruchko A.P., Yurlova L.Y., Kornilovich B.Y. Ultrafiltration removal of U (VI) from contaminated water // Desalination. — 2003. — Vol. 158. — P. 151–156.

Поступила в редакцию 20.06.11

## Mine Waters Purification from Uranium by Coagulation Method

*Omelchuk Yu.A.<sup>1</sup>, Rudkovskaya E.V.<sup>1</sup>, Gomelya N.D.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Sevastopol National University of Nuclear Energy and Industry

<sup>2</sup> National Technical University of Ukraine «KPI», Kiev

The results of mine waters from uranium purification by coagulation method are reduced. The processes of uranium-containing mine waters purification depending on coagulant type and dose, flocculants type and dose, medium pH are investigated. The optimal conditions of water full purification from uranium impurities. It is established that coagulants significantly increase water purification efficiency from uranium flocculants. The conditions of water reagent purification from sulphates with uranium simultaneous extraction from water are determined.

**Key words:** coagulation, flocculants, uranium containing mine water.

Received June 20, 2011

УДК 62-531.3

## Пропорциональное дозирование реагентов-антинакипинов в котельных и системах водоснабжения

*Мицкевич А.А.*

*Вятский государственный университет, Киров, РФ*

Предложен реагентный способ предотвращения образования новых и постепенного устранения старых солевых отложений (накипи) на внутренних стенках труб и внутренних поверхностях теплообменников горячего водоснабжения тепловых пунктов. Высокий уровень отложений солей возникает при их работе без периодических промывок. Разработано устройство для дозирования реагента и постоянного контроля давления в рабочем трубопроводе. Это устройство предусматривает ограничение максимального времени между вводом очередных доз реагента.

**Ключевые слова:** отложение солей, реагенты-антинакипины, дозирование реагента.

Запропоновано реагентний спосіб запобігання утворенню нових та поступового усунування старих солевих відкладень (накипу) на внутрішніх стінках труб та внутрішніх поверхнях теплообмінників гарячого водопостачання теплових пунктів. Високий рівень відкладень солей виникає при їх роботі без періодичних промивок. Розроблено пристрій для дозування реагента та постійного контролю тиску у робочому трубопроводі. Цей пристрій передбачає обмеження максимального часу між вводом чергових доз реагента.

**Ключові слова:** відкладення солей, реагенти-антинакипіни, дозування реагента.

Большинство муниципальных котельных (около 80 %) используют для питания котлов сырую воду без какой-либо предварительной водоподготовки [1]. По этой причине на внутренних стенках труб котлов с течением времени образуется слой отложения солей, что приводит к снижению технико-экономических показателей работы котлов, их выходу из строя. При толщине слоя накипи 1 мм потери тепловой энергии составляют 10–12 %, при слое 10 мм – до 50 %.

Высокий уровень отложения солей возникает и на внутренних поверхностях теплообменников горячего водоснабжения (ГВС) центральных (ЦТП) и крупных индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) при их многолетней работе на подготовленной водопроводной воде без периодических промывок. Применяемые на крупных котельных водоподготовительные установки (ВПУ) с традиционными технологиями требуют постоянного расхода реагентов на регенерацию фильтров, затрат воды на собственные нужды, что приводит к загрязнению водоемов сточными водами.

В последние годы широкое применение в котельных, системах теплоснабжения, горячего водоснабжения получили системы дозирования реагентов (комплексон), позволяющие резко снизить затраты на водоподготовку, уменьшить скорость коррозии трубопроводов, удалить существующие солевые отложения с внутренних поверхностей трубопроводов и теплообменных аппаратов. Первоначальной областью применения таких систем дозирования были котельные, затем сфера их применения расширилась до систем тепло- и водоснабжения предприятий, ЦТП и ИТП. Большое распространение в теплоэнергетике получили антинакипины и ингибиторы коррозии ОЭДФ, НТФ, ИОМС и другие реагенты отечественного и зарубежного производства. Ориентировочные расчеты показывают, что использование антинакипинов в водоподготовке позволяет снизить затраты на нее по сравнению с Na-катионированием до 10 раз [2].

Системы дозирования реагентов, используемые в энергетике и коммунальном хозяйстве, делятся на две группы: 1) эжекционные, ра-

ботающие от энергии потока жидкости в трубопроводе, в который дозируется реагент. Принцип их действия основан на том, что при движении воды через секционированное сужающее устройство возникает перепад давления воды в трубопроводе на этом устройстве [3]. Под действием перепада давления реагент истекает из резервуара через калиброванный жиклер и поступает в поток воды. Недостатком таких систем является необходимость регулировки устройства в процессе эксплуатации по показаниям водосчетчика подпитки; 2) инжекционные, работающие от внешнего источника энергии. Принцип действия таких систем основан на подаче дозирующим насосом дозы реагента в трубопровод после прохождения заданного объема воды через расходомер-счетчик, установленный на трубопроводе [4].

При кажущейся простоте инжекционные системы дозирования реагента (СДР) имеют ряд существенных недостатков. СДР предлагаются как системы непрерывного пропорционального дозирования. Однако при ближайшем рассмотрении выясняется, что они не обеспечивают ни непрерывного, ни пропорционального

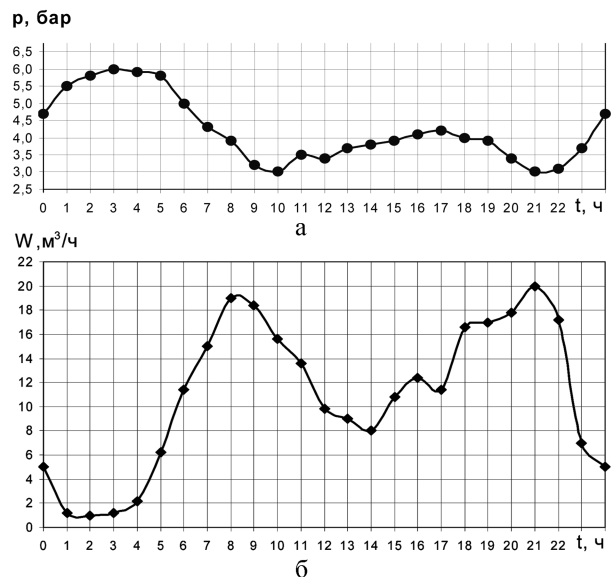


Рис.1. Суточные графики в ЦТП жилого микрорайона по давлению (а) и расходу воды (б) в трубопроводе.

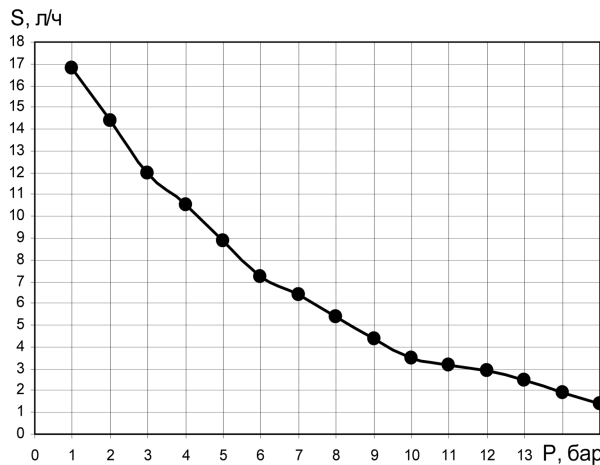


Рис. 2. Характеристика производительности дозирующего насоса.

дозирования. Это менее заметно при использовании СДР в котельных, где графики расхода воды и давления в сети достаточно стабильны во времени, однако при их использовании в распределительных сетях и у потребителей влияние нестабильности расхода и давления оказывается существенным и может привести к негативным последствиям.

Главным недостатком существующих инжекционных устройств является отсутствие контроля за давлением в трубопроводе, в который производится дозирование. Подбор таких устройств для конкретных объектов (котельных, ЦТП) проводится, как правило, по максимальной величине водоразбора и по максимальному давлению в трубопроводе в предположении, что давление в системе неизменно в течение суток (недели, года).

В точках разбора воды систем водоснабжения, откуда производится подача воды в теплообменники ГВС, давление в трубопроводе в течение суток может изменяться в достаточно широких пределах и определяется не только режи-

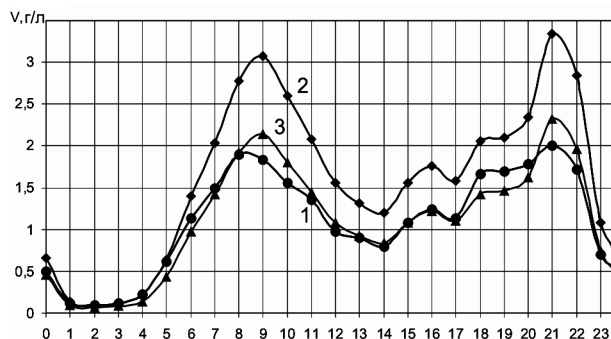


Рис. 3. Суточный график дозирования реагента (ЦТП жилого микрорайона): 1 — с корректировкой по давлению; 2 — без корректировки по давлению; 3 — после подстройки СДР.

мом потребления воды конкретным потребителем, но и режимами работы всей системы водоснабжения и водопотребления в целом. На практике суточный график давления в трубопроводе имеет переменный характер с максимумом в ночное время (минимум водоразбора) и минимумами в утренние и вечерние часы (максимумы водоразбора) (рис.1).

Производительность мембранного дозирующего насоса в значительной мере зависит от давления в трубопроводе, в который производится дозирование (рис.2).

Проведенный совместный анализ характерного суточного графика ГВС квартального ЦТП, суточного графика давления в водопроводе, из которого производится забор воды для ГВС, характеристики типового дозирующего насоса показал, что недоучет переменного характера давления в сети в течение суток может привести к избыточному дозированию реагента за 1 сутки на 30–50 % сверх расчетной величины (рис.3). При этом при максимальном водоразборе и минимальном давлении в сети текущая величина передозировки может достигать 60–70 %.

Следствием такого избыточного дозирования является перерасход реагентов; возможно также превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) реагентов в питьевой воде. Поэтому использование инжекционных устройств дозирования реагентов без контроля давления в сети представляется нежелательным.

С целью уменьшения передозировки и снижения перерасхода реагента разработчики СДР используют способ подстройки устройства под реальные условия на объекте эксплуатации. При этом способе рекомендуется через 1–2 сут после запуска системы в эксплуатацию провести корректировку коэффициента дозирования, определив по водосчетчику объем поступившей на объект воды и объем реально израсходованного реагента за то же время по снижению уровня реагента в емкости. После такой подстройки суммарный суточный объем дозирования может совпадать с расчетной величиной, однако в разное время суток возникают режимы избыточного и недостаточного дозирования (см. рис.3).

Такой подход не обеспечивает точного дозирования из-за существенных изменений графиков давления в течение суток, недели, сезона, а также из-за невозможности учесть все влияющие факторы (аварии в сети, неплановые водоразборы и пр.). В рассмотренном выше случае избыточное дозирование достигает в утренние и вечерние часы суток 16 %, а в ночное время суток оно недостаточное (40 %).

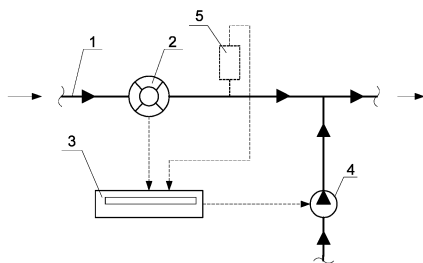


Рис.4. Схема инжекционного устройства дозирования с корректировкой по давлению: 1 – трубопровод; 2 – расходомер-счетчик воды; 3 – контроллер; 4 – дозирующий насос; 5 – датчик давления.

Существующие СДР не являются системами непрерывного действия. Ввод дозы реагента в трубопровод производится дискретно после прохождения через водосчетчик объема, заданного при наладке системы. В часы максимального водоразбора дозирование происходит достаточно часто. При минимальных величинах водоразбора заданный объем накапливается в течение достаточного длительного времени, затем происходит дозирование расчетного объема реагента в трубопровод, текущий расход воды в котором в момент дозирования невелик. Поэтому концентрация реагента в воде в моменты дозирования в несколько раз превышает расчетную величину, что может привести к превышению ПДК. Такая ситуация крайне нежелательна в системах водоснабжения, особенно в тупиковых, не имеющих циркуляции, где не происходит смешивания реагента со всем объемом воды в циркуляционной системе ГВС.

Для устранения указанных недостатков инжекционных систем дозирования реагента разработаны способ и устройство дозирования реагента, предусматривающие постоянный контроль за давлением в трубопроводе, в который производится дозирование, а также ограничение максимального времени между вводом очередных доз реагента (рис.4) [5–7]. Впрыск реагента при этом производится пропорционально объему воды, прошедшему через трубопровод за заданное время, с учетом производительности дозирующего насоса при давлении в трубопроводе в момент этого впрыска. При пуско-наладочных работах на объекте (котельная, ЦТП) после монтажа производится ввод в контроллер устройства следующих констант: коэффициент дозирования (отношение расчетного объема дозирования реагента к объему воды, прошедшему по трубопроводу); интервал дозирования (время между вводом очередных доз реагента); максимальный расход водосчетчика; передаточ-

ный коэффициент водосчетчика (имп./л); максимальное давление датчика давления.

Универсальность предлагаемой разработки заключается в возможности применения различных типов и типоразмеров расходомеров-счетчиков воды и дозирующих насосов. Это позволяет применять указанное устройство на объектах с любой производительностью по обрабатываемой воде, а также использовать устройство как перемещаемое с объекта на объект для организации промывки котлов и теплообменников без вывода их в ремонт. При этом в отличие от других технических решений это не требует регулировки и подстройки устройства дозирования в процессе эксплуатации. Выбор точки ввода реагента в трубопровод (до или после насоса подпитки, в ином месте) может быть произведен непосредственно при монтаже. Это не оказывает влияния на объем дозирования, так как датчик давления устанавливается рядом с точкой ввода и устройством автоматически корректирует объем дозирования по давлению именно в этой точке. Возможный вариант применения разработки – модернизация ранее установленных систем пропорционального дозирования, не имеющих корректировки по давлению.

### Список литературы

1. Герцев Р., Дербышев А. Как победить коррозию... // Жилищно-коммунальный комплекс Урала. – 2006. – № 4. – С. 5–8.
2. Балабан-Ирменин Ю.В., Рубашов А.М., Тарасов С.Г. Некоторые проблемы внедрения фосфонатов-антинакипинов // Водоочистка. – 2008. – № 12. – С. 10–13.
3. Чаусов Ф., Плетнев М., Казанцева И. «ИЖИК» – компактные энергонезависимые дозирующие устройства для водоподготовки // Там же. – № 9. – С. 11–15.
4. Хайхян Р.А. Использование антинакипинов для обработки воды в котельных МУП «Мостеплоэнерго» // Новости теплоснабжения. – 2001. – № 11. – С. 18–23.
5. Пат. 89661 РФ, МКИ<sup>8</sup> F 17 D 3/12. Устройство дозирования реагента / В.П.Каргапольцев, А.А.Мицкевич. – Оpubл. 2009, Бюл. № 34.
6. Пат. 93495 РФ, МКИ<sup>8</sup> F 17 D 3/12. Автоматическое устройство дозирования реагентов / А.А.Мицкевич, В.П.Каргапольцев. – Оpubл. 2010, Бюл. № 12.
7. Пат. 2413126 РФ, МКИ<sup>9</sup> F 17 D 3/12. Способ дозирования реагента / В.П.Каргапольцев, А.А.Мицкевич. – Оpubл. 2011, Бюл. № 6.

Поступила в редакцию 09.09.11

## Reagents Proportional Dosing in Boiler-Houses and Water Supply Systems

*Mitskevich A.A.*

*Vyatka State University, Kirov, the Russian Federation*

The reagent method for new salt deposits (scale) formation prevention and step-by-step elimination of the old deposits on the internal pipes walls and heat exchangers surfaces of hot water supply systems heating units is proposed. The increased salt deposits degree occurs by they operation without periodic flushing process. The device for reagent dispensing and stable pipeline pressure monitoring is developed. This device provides limitation of maximal time period between regular reagent doses injection.

**Key words:** salts deposition, counter scale reagents, reagent dosing.

Received September 9, 2011

УДК 543.422;543.38

## Определение следов нефти в природной воде и прибрежном песке

*Кричмар С.И., Безпальченко В.М., Семенченко О.А.*

*Херсонский национальный технический университет*

Предложен метод определения малых концентраций нефти в природной воде и прибрежном песке. Для этого проводят экстракцию нефти бензолом и фотометрирование экстракта при длине волны 315 нм. Аналитический предел определения для воды 0,002–0,003 мг/л, а для песка 0,003–0,005 мг/кг.

**Ключевые слова:** экстракция нефти, фотометрический анализ, примеси нефти.

Запропоновано метод визначення низьких концентрацій нафти у природній воді та у береговому піску. Для цього проводять екстракцію нафти бензолом та фотометрування екстракту при довжині хвилі 315 нм. Аналітична межа визначення для води — 0,002–0,003 мг/л, а для піску — 0,003–0,005 мг/кг.

**Ключові слова:** екстракція нафти, фотометричний аналіз, домішки нафти.

В последнее время в связи со значительным увеличением использования нефти в промышленности и на транспорте увеличилось загрязнение нефтью природных водоемов и прибрежной зоны, что наносит вред экологии водных бассейнов.

В работе [1] описаны прибор и методика осуществления анализа нефти в загрязненных водах. По этой методике экстракцию нефти проводят четыреххлористым углеродом из порции воды. Анализ проводят методом инфракрасной спектрофотометрии на концентратометре КН-2. Предел определения нефти — 0,05 мг/л воды.

В работе [2] описана методика определения нефти, основанная на экстракции нефти из воды хлороформом. Благодаря тому, что интен-

сивность окрашивания раствора нефти в хлороформе пропорциональна ее концентрации, раствор фотометрируют в видимой области спектра. Предел определения нефти — 25 мг/л воды.

Цель настоящей работы — создать доступный для традиционных лабораторий метод определения малых концентраций нефти в загрязненных природных объектах.

Растворы нефти в некоторых растворителях значительно лучше поглощают электромагнитные колебания в коротковолновой области (315 нм), доступной для современных фотоколориметров, например, для колориметра фотоэлектрического концентрационного КФК-2МП.

На рис.1 приведены спектральные характеристики нефти средней плотности (0,844 г/мл)