

# ВСТ

ISSN 0321-4044

**2**  
2022



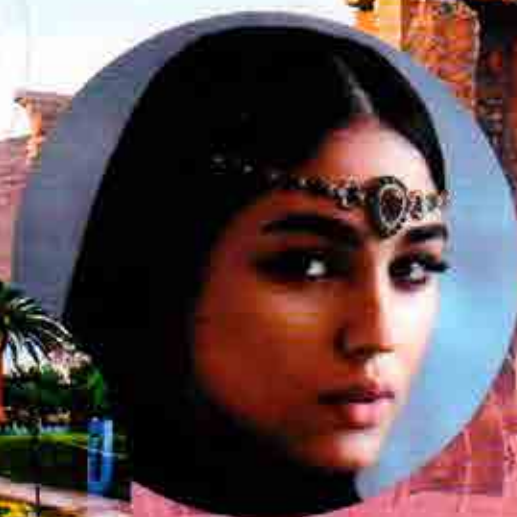
ВОДОСНАБЖЕНИЕ  
И САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА



## УРАЛЬСКИЙ СТАНДАРТ 20 лет



Трубы  
ВЧШГ



Республика Иран



## Применение реагента-регулятора на очистных сооружениях МУП «Водоканал» г. Подольска

М. М. Семин<sup>1</sup>, Н. Р. Токарев<sup>2</sup>, М. В. Явтушенко<sup>3</sup>, Ф. И. Лобанов<sup>4</sup>, Т. Е. Чукалина<sup>5</sup>, А. В. Плеханов<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Семин Михаил Михайлович, директор МУП «Водоканал» г. Подольска

142105, Россия, Московская область, г. Подольск, ул. Пионерская, 1-Б, тел.: +7 (4967) 57-89-95,  
e-mail: semin@vodokanalpodolsk.ru

<sup>2</sup> Токарев Николай Русланович, начальник очистных сооружений, МУП «Водоканал» г. Подольска

142116, Россия, Московская область, г. Подольск, Домодедовское шоссе, 25-Б, тел.: +7 (4967) 63-22-42,  
e-mail: oc.vodokanal@yandex.ru

<sup>3</sup> Явтушенко Марина Викторовна, главный технолог очистных сооружений, МУП «Водоканал» г. Подольска

142116, Россия, Московская область, г. Подольск, Домодедовское шоссе, 25-Б, тел.: +7 (4967) 63-42-41,  
e-mail: rodnik2505@yandex.ru

<sup>4</sup> Лобанов Федор Иванович, доктор химических наук, профессор, президент ООО «КНТП»

117403, Россия, Москва, Востряковский проезд, 10Б, стр. 2, тел.: +7 (499) 372-14-12, e-mail: f.lobanov@kntp-project.ru

<sup>5</sup> Чукалина Татьяна Евгеньевна, генеральный директор ООО «КНТП»

117403, Россия, Москва, Востряковский проезд, 10Б, стр. 2, тел.: +7 (499) 372-14-12, e-mail: t.chukalina@kntp-project.ru

<sup>6</sup> Плеханов Александр Валентинович, директор по проектам, ООО «КНТП»

117403, Россия, Москва, Востряковский проезд, 10Б, стр. 2, тел.: +7 (499) 372-14-12, e-mail: a.plekhanov@kntp-project.ru

Рассмотрена возможность использования природных минералов на основе карбоната кальция (монокальцита) для регулирования pH (карбонат-бикарбонатное равновесие), повышения очищающего действия бактерий активного ила в аэротенке и улучшения седиментационных свойств активного ила во вторичном отстойнике. Коррекция седиментационных свойств активного ила происходит за счет взаимодействия между функциональными кислородсодержащими группами флокулообразующих бактерий активного ила и ионами каль-

ция. В результате образуются прочные, быстро оседающие хлопья и, как следствие, снижается значение илового индекса по сравнению с технологической линией очистки и отстаивания, работающей в обычном режиме. Рекомендовано применение реагента-регулятора для нормализации работы аэротенка в зимний (возможная биофлотация), весенний и осенний периоды при высоких гидравлических нагрузках.

**Ключевые слова:** карбонат кальция, аэротенк, вторичный отстойник, активный ил, иловый индекс, биофлотация.

## Use of a chemical regulator at the wastewater treatment facilities operated by MUE Vodokanal of Podolsk

M. M. Semin<sup>1</sup>, N. R. Tokarev<sup>2</sup>, M. V. Iavtushenko<sup>3</sup>, F. I. Lobanov<sup>4</sup>, T. E. Chukalina<sup>5</sup>, A. V. Plekhanov<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Semin Mikhail, Director of MUE Vodokanal of Podolsk

1-B Pionerskaya St., Podolsk, Moscow Region, 142105, Russian Federation, tel.: +7 (4967) 57-89-95,  
e-mail: semin@vodokanalpodolsk.ru

<sup>2</sup> Tokarev Nikolai, Chief of the Wastewater Treatment Facilities of MUE Vodokanal of Podolsk

25-B Domodevskoe Hwy., Podolsk, Moscow Region, 142116, Russian Federation, tel.: +7 (4967) 63-22-42, e-mail: oc.vodokanal@yandex.ru

<sup>3</sup> Iavtushenko Marina, Chief Process Engineer of the Wastewater Treatment Facilities of MUE Vodokanal of Podolsk

25-B Domodevskoe Hwy., Podolsk, Moscow Region, 142116, Russian Federation, tel.: +7 (4967) 63-42-41, e-mail: rodnik2505@yandex.ru

<sup>4</sup> Lobanov Fedor, Doctor of Chemical Sciences, Professor, President of KNTP LLC

10B Vostriakovski Pass., Moscow, 117403, Russian Federation, tel.: +7 (499) 372-14-12, e-mail: f.lobanov@kntp-project.ru

<sup>5</sup> Chukalina Tat'iana, General Director of KNTP LLC

10B Vostriakovski Pass., Moscow, 117403, Russian Federation, tel.: +7 (499) 372-14-12, e-mail: t.chukalina@kntp-project.ru

<sup>6</sup> Plekhanov Aleksandr, Project Director of KNTP LLC

10B Vostriakovski Pass., Moscow, 117403, Russian Federation, tel.: +7 (499) 372-14-12, e-mail: a.plekhanov@kntp-project.ru

Possible use of natural minerals based on calcium carbonate (monocalcite) to correct pH (carbonate-bicarbonate equilibrium) in order to improve the treatment effect of activated sludge bacteria in the aeration tank and the sedimentation properties of activated sludge in the secondary settling tank is considered. The sedimentation properties of activated sludge are corrected because of the interaction between functional oxygen-bearing substrata of activated sludge flocculation bacteria and calcium ions. As a result, firm, rapidly settling flocs are formed and, consequently, the value of the sludge index decreases compared to the technological line and settling line operating in the regular mode. It is recommended to use a chemical regulator to normalize the operation of the aeration tank in winter (possible biofotation), spring and autumn periods at high hydraulic loads.

**Key words:** calcium carbonate, aeration tank, secondary settling tank, activated sludge, sludge index, biofotation.



Применение реагента-регулятора в технологическом цикле направлено на повышение эффективности очистки муниципальных сточных вод от загрязнений и улучшения качества осадка, образующегося в процессе водоочистки, для его последующей обработки, утилизации и возможного дальнейшего применения в различных областях народного хозяйства. Итоговой целью являлось изучение возможности улучшения экологического состояния окружающей среды, в частности водных объектов и почвенных ресурсов.

Для проведения исследований МУП «Водоканал» г. Подольска предоставил одну технологическую линию очистных сооружений (линия 3), состоящую из аэротенков и вторичных отстойников. Природный минерал на основе карбоната кальция (монокальцита) применялся в качестве реагента-регулятора на этой линии в течение четырех недель путем внесения в трубопровод, ведущий от первичных отстойников в выделенный аэротенк биологической очистки. Три другие линии очистки и отстаивания (1, 2 и 4) функционировали в обычном режиме.

Характеристика реагента-регулятора: содержание карбоната кальция не менее 95%; размер частиц от 3 до 70 мкм; рН 8,5–9,5.

Исходя из производительности линии водоочистки около 26 тыс. м<sup>3</sup>/сут и рекомендуемой дозы реагента 50 г/м<sup>3</sup> всего было внесено 37 тонн реагента по 2 тонны в каждый рабочий день. Выгрузка реагента производилась непосредственно из упаковки массой 500 кг в открытое отверстие трубопровода со скоростью подачи примерно 1 тонна за 30 минут.

Согласно установленному расписанию, персонал Водоканала проводил регулярный мониторинг и анализ состава воды и активного ила (включая отбор проб и проведение анализов) в выделенной линии водоочистки и параллельно в линиях, не используемых в испытаниях.

В результате исследований были получены следующие данные. Значения рН в сточных водах во время проведения испытаний были нейтральные – около 7–7,5, что исключало наличие буферного эффекта. Соответственно, наблюдалась стабильно высокая щелочность вод на всех линиях водоочистки (рис. 1). Таким образом, степень растворения реагента ожидаемо оказалась довольно низкой – около 10%. Это подтверждается данными результатов анализов на растворенный кальций (использовался пламенный фотометр JENWAY), которые свидетельствуют о том, что концентрация Са в сточных водах из отстойников увеличилась на 5–10 мг/л по сравне-

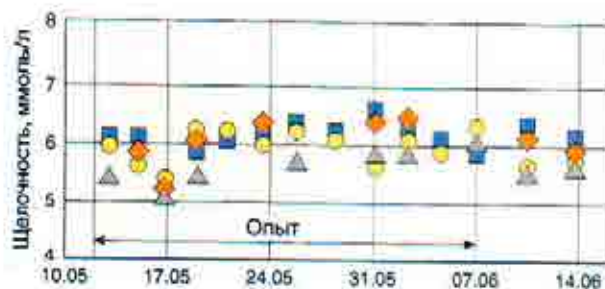


Рис. 1. Значения щелочности в аэротенках в период исследований

▲ линия 1; ◆ линия 2; ■ линия 3 (испытание); ● линия 4

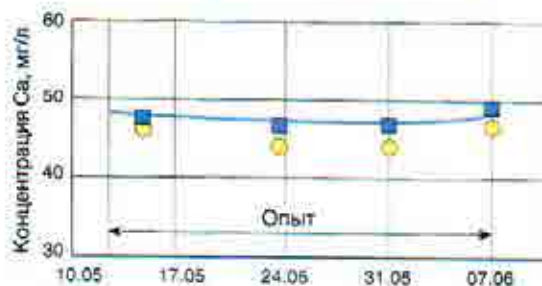


Рис. 2. Динамика изменения концентрации кальция в воде отстойников в период исследований

■ линия 3 (испытание); ● линия 4

нию с концентрацией в воде на входе в очистные сооружения.

Следует отметить, что незначительное снижение концентрации кальция в воде из отстойников 3-й и 4-й линий в течение периода испытаний (рис. 2) может быть связано с повышением температуры воды с 18 до 21 °С, приводящим к снижению растворимости карбоната кальция.

Немаловажно также, что водоснабжение г. Подольска осуществляется из известнякового водоносного горизонта, поэтому, вероятно, сточные воды также близки к насыщению по отношению к карбонату кальция.

Наиболее существенные улучшения были отмечены в физических свойствах очищаемой воды и активного ила.

Так, содержание взвешенных веществ в отстойниках линии 3 значительно снизилось с 18 до 6 мг/л уже после первой недели исследований, и далее поддерживалось ниже предельно допустимых норм (12 мг/л), в отличие от линий, в которых не использовался реагент (рис. 3).

Иловый индекс в аэротенке экспериментальной линии 3 значительно снизился при применении реагента-регулятора с обычных значений 200–250 мл/г до 119 мл/г. Также уменьшился иловый индекс и других, не обработанных реагентом, линий, поскольку в итоге продукт поступил с водой, возвращенной из процесса обезвоживания осадка. Таким образом, иловый индекс в линии 3 был, по меньшей мере, на 26% ниже,



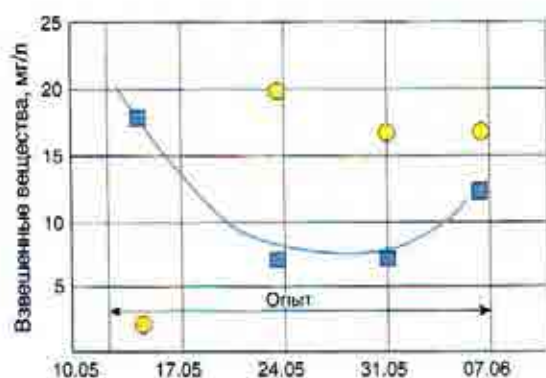


Рис. 3. Динамика изменения концентрации взвешенных веществ на выходе из вторичных отстойников в период исследований

■ линия 3 (испытание); ● линия 4

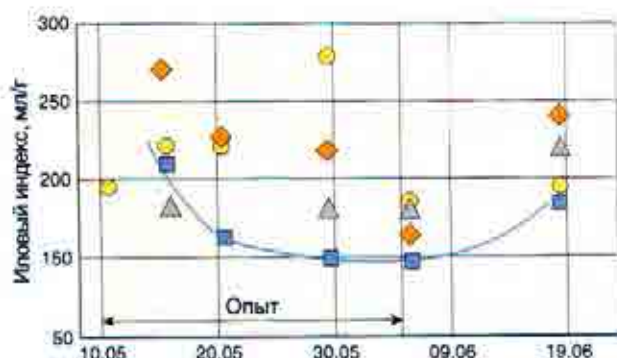


Рис. 4. Динамика изменения илового индекса по всем линиям в течение эксперимента

▲ линия 1; ◆ линия 2; ■ линия 3 (испытание); ● линия 4

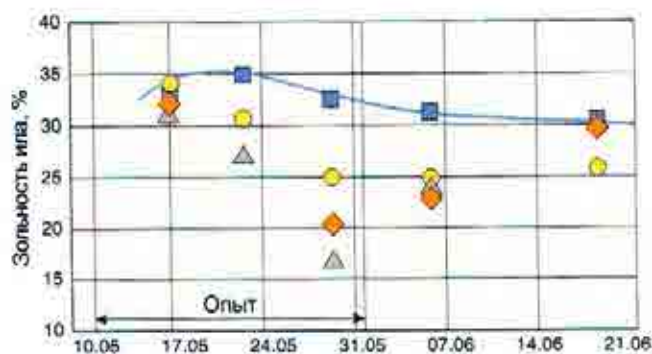


Рис. 5. Изменение зольности ила в аэротенках по всем линиям в течение эксперимента

▲ линия 1; ◆ линия 2; ■ линия 3 (испытание); ● линия 4

чем в необработанных линиях, как и предусматривалось целью эксперимента (рис. 4).

Зольность ила в аэротенке линии 3 заметно выросла по сравнению с другими линиями в течение периода исследований (рис. 5). Этот эффект был вполне ожидаемым, хотя при столь незначительном количестве растворенного карбоната кальция (около 10%) могли предполагаться более высокие значения.

Дополнительно можно отметить, что добавление реагента-регулятора позволило остановить биофлотацию – образование шубки плот-

ной пены на поверхности аноксидной зоны аэротенка, связанное с прикреплением легких взвесей ила к всплывающим пузырькам газа. Так, в линии 3, обработанной реагентом, наблюдался только незначительный слой пены, в отличие от соседних аэротенков, покрытых слоем пены биофлотации, сопутствующей процессу денитрификации. По этому визуальному эффекту можно судить о заметном улучшении и нормализации процессов биологической очистки в аэротенке с опытным реагентом.

Исследования по использованию реагента-регулятора в очистке коммунальных сточных вод прошли стабильно, без побочных и нежелательных эффектов\*.

Невысокое содержание аммонийного азота в сточных водах, высокая щелочность и почти нейтральные значения pH воды обусловили малое растворение продукта. Тем не менее выявлено, что применение реагента-регулятора способствовало улучшению процесса биологической очистки в аэротенке за счет подавления биофлотации ила. Продукт может способствовать нормализации работы аэротенка особенно в зимний период, когда процесс нитрификации менее эффективен, а также весной и осенью при высоких гидравлических нагрузках и риске перелива слоя плотной пены. Основным эффектом наблюдался в процессе осаждения хлопьев ила во вторичных отстойниках.

Снижение илового индекса в аэротенке способствовало уменьшению выноса взвешенных веществ на выходе из вторичных отстойников в часы максимального притока. Утяжеление ила во вторичном отстойнике приводит к снижению мутности и количества взвесей, ускоренному осаждению, более эффективному удалению и, в результате, удержанию необходимой дозы активного ила в аэротенках, что в свою очередь приводит к повышению надежности работы биологического блока в стрессовые периоды высокой гидравлической нагрузки. Это также приводит к снижению БПК за счет дозы активного ила и, следовательно, снижению платы за негативное воздействие недоочищенных стоков.

Экономия возможна за счет использования флокулянта, что обусловлено заметным снижением влажности забираемого осадка вторичных отстойников на стадии обезвоживания при илоуплотнении. Качество перемешивания и осаж-

\* Пат. RU 2748331 C1, РФ, МПК C02F3/00, C02F1/28. Способ обработки сточных вод / Лобанов Ф. И., Плеханов А. В., Чукалина Т. Е., Семин М. М., Явтушенко М. В., Токарев Н. Р. // Изобретения. Полезные модели. 2021. № 15.



дения смеси ила с осадком также улучшается, так как предотвращается образование водяных линз в илоуплотнителях. Влажность осадка снизилась до 96–97%, что привело к минимизации количества взвешенных веществ в возвращаемой воде. Дополнительно, при более плотном осадке, повышается эффективность его удаления скребками из отстойников.

### Выводы

В результате проведенных исследований по использованию в процессе очистки сточных вод природных минералов на основе карбоната

кальция (монокальцита) в качестве реагента-регулятора pH значительно снижен иловый индекс, улучшено образование хлопьев с превосходной седиментацией в отстойнике, исключена биофлотация, снижен риск выноса активного ила при высоких гидравлических нагрузках из отстойников.

В качестве рекомендации предлагается применение реагента-регулятора на очистных сооружениях в зимний и весенний периоды, а также создание достаточного запаса продукта для предотвращения внезапных эксплуатационных проблем.

## ПАМЯТИ ЕВГЕНИЯ ИВАНОВИЧА ПУПЫРЕВА

24 января 2022 г. на 78-м году жизни скончался **ЕВГЕНИЙ ИВАНОВИЧ ПУПЫРЕВ** – доктор технических наук, профессор, президент Ассоциации проектировщиков инженерной инфраструктуры «ИНФРАДИЗАЙН», председатель Экспертно-технологического совета Российской ассоциации водоснабжения и водоотведения, член редколлегии журнала «Водоснабжение и санитарная техника».

В 1967 г. Е. И. Пупырев окончил Куйбышевский политехнический институт имени В. В. Куйбышева. В 1970 г. защитил кандидатскую диссертацию и по 1989 г. активно занимался научными исследованиями в Институте проблем управления АН СССР. В 1989 г. защитил докторскую диссертацию.

Евгений Иванович Пупырев внес неоценимый вклад в разработку методов проектирования сложных информационно-управляющих систем по охране окружающей среды и информационных комплексов для инструментального контроля качества атмосферного воздуха, анализа и вычисления интегральных оценок качества городской среды. Также он занимался исследованиями процессов управления инженерной инфраструктурой городов, разработкой программ и технологий рационального водопользования и утилизации отходов, комплексного благоустройства территорий. Принял участие в разработке целого ряда профессиональных стандартов для проектировщиков, выступил автором множества инициатив, которые и сегодня лежат в основе проектно-изыскательской деятельности в условиях саморегулирования.

Сложно переоценить личный вклад Евгения Ивановича в развитие водопроводно-канализационной отрасли России. Подтверждением его многолетнего добросовестного труда являются многочисленные государственные награды и звания, в том числе медаль ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, медаль «За доблестный труд», звания «Почетный строитель России» и «Заслуженный работник жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации». Е. И. Пупырев – лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, а также в области образования.

Е. И. Пупырев опубликовал более 300 научных работ, в том числе 9 монографий.

Евгений Иванович на протяжении многих лет принимал активное участие в работе редколлегии журнала «Водоснабжение и санитарная техника», являлся автором и рецензентом статей, всегда оказывал неоценимую поддержку редакции.

Коллектив Новосибирского водоканала и Евгения Ивановича Пупырева связывали многолетнее плодотворное сотрудничество и добрые человеческие отношения. Евгений Иванович щедро делился своей мудростью, знаниями и опытом с несколькими поколениями коллег, специалистов, исследователей.

Уход Евгения Ивановича Пупырева – невосполнимая утрата для науки и всего профессионального сообщества. Он был настоящим профессионалом своего дела, талантливым ученым, блестящим организатором и наставником для молодежи. В памяти людей он навсегда останется честным, принципиальным, увлеченным, безгранично любящим жизнь человеком, отдавшим много сил и энергии работе на благо России.

*Коллеги, друзья, ученики, редколлегия и редакция журнала «Водоснабжение и санитарная техника» выражают искренние соболезнования родным и близким Евгения Ивановича Пупырева. Память о нем навсегда останется в наших сердцах.*

