УДК 628.32+628.33

© С. С. Савинов, канд. хим. наук, ст. преподаватель
(Санкт-Петербургский государственный
университет)

E-mail: s.s.savinov@spbu.ru

© С. Ф. Ерёмин, магистрант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

© А. Ю. Данилова, инженер-технолог
(ООО «РОСАО»)

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-5-103-110

© S. S. Savinov, PhD in Sci. Chem., senior teacher
(Saint Petersburg State University)

E-mail: s.s.savinov@spbu.ru

© S. F. Eremin, undergraduate
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)

© A. Yu. Danilova, industrial engineer
(«ROSAO», Ltd)

ВОЗМОЖНОСТИ ФЛОКУЛЯНТА VTA F 96 ДЛЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКА ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

POTENTIALITIES OF THE VTA F 96 FLOCCULANT IN DEHYDRATION OF HOUSEHOLD AND INDUSTRIAL SEWAGE WATER

Изучена эффективность обезвоживания осадка сточных вод при использовании флокулянта VTA F 96, определяемая путем визуальной оценки образующихся хлопьев, определения количества отдаваемой влаги и ее прозрачности в лабораторных условиях. Показано, что исследуемый реагент пригоден для обезвоживания как свежего осадка, формирующегося на городских коммунальных и промышленных очистных сооружениях, так и осадка, отобранного на полигоне для хранения. Достижимая эффективность обезвоживания до 4 раз выше по сравнению с естественной водоотдачей (соответствующей случаю размещения осадков без введения реагентов на иловых площадках). Проведено сравнение флокулянта VTA F 96 с аналогами, используемыми на очистных сооружениях, в частности «Сибфлок» и Flopam 4698 SH, в ходе которого показано, что исследуемый реагент не уступает им в эффективности. Рассмотрены способы дополнительного увеличения водоотдачи и достижения лучшего качества получаемого фильтрата за счет использования дополнительных реагентов.

Ключевые слова: флокулянт, обезвоживание, осадок сточных вод, VTA F 96.

The paper presents the results of the study of sewage water dehydration efficiency using the "VTA F 96" flocculant. It is shown, that this flocculant is suitable for treatment of both fresh sludge from urban and industrial wastewater treatment facilities and sludge collected at the test landfills for storage. The reached efficiency of dehydration is up to 4 times higher in comparison with natural water return (corresponding to the case of placement of sludge without introduction of reagents on silt platforms). Comparison of the VTA F 96 flocculant with the analogs used on treatment facilities, in particular, the Sibflok and Flopam 4698 SH is made. It is shown that the studied reagent doesn't concede to them in efficiency. Some additional ways of increasing the water return and achievement of the best quality of the received filtrate due to using additional reagents are considered.

Keywords: flocculant, dehydration, sludge, VTA F 96.

Введение

Имеющее место в современном мире увеличение водопотребления непосредственно приводит к росту объема образующихся хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод (СВ),

которые подвергаются очистке с целью доведения качества воды до значений, соответствующих нормативным показателям [1]. Усугубляющаяся экологическая ситуация и, как следствие, возрастающие требования к качеству очищаемых

мых СВ диктуют необходимость интенсификации работы действующих очистных сооружений (ОС), важной задачей которых является обработка и утилизация образующихся осадков сточных вод (ОСВ) [2, 3]. Вследствие роста численности населения и интенсивного развития промышленности по всему миру происходит увеличение количества ОСВ, которые содержат опасные вещества органической и неорганической природы, имеют разный химический состав и физико-механические свойства, а также относятся к разным классам опасности [4]. Устойчивое развитие общества невозможно без решения экологических проблем, к которым, в частности, относится проблема безопасной утилизации данных отходов [5]. При этом поиск эффективных способов утилизации ОСВ, образующихся при очистке городских и промышленных СВ, остается актуальной экологической проблемой [6].

К применяемым в настоящее время направлениям переработки отходов ОС относятся использование в качестве удобрения, складирование на полигонах с последующей переработкой в техногрунты, термические методы. При этом первые два имеют ряд экологических и экономических ограничений, вследствие чего все большее распространение получает сжигание предварительно обезвоженных ОСВ [1, 3, 6–13]. Обработка ОСВ начинается с уменьшения содержания воды путем уплотнения, обработки реагентами (кондиционирования) и последующего обезвоживания [4]. Из существующих методов обезвоживания ОСВ можно отметить обезвоживание на иловых площадках, термическое и механическое. Последние наиболее предпочтительны с точки зрения экономичности и энергоэффективности [1, 5, 9, 14–16]. Однако эффективность использования любого из методов обезвоживания ОСВ определяется не только используемой технологией, типом оборудования и его состоянием, но и свойствами самих ОСВ, проявляющимися через их способность к влагоотдаче. Использование флокулянтов позволяет повысить влагоотдачу ОСВ, что приводит к интенсификации работы ОС без значительных капитальных затрат; естественно, при этом несколько увеличиваются эксплуатационные расходы, связанные с затратами на реагенты [2].

Цель настоящей работы — оценить эффективность обезвоживания ОСВ при использовании флокулянта VTA F 96 и сравнить его с аналогами, используемыми в настоящее время на ОС, в частности «Сибфлок» и Flopat 4698 SH. Для оценки универсальности исследуемого флокулянта при проведении лабораторного тестирования были использованы образцы свежих ОСВ, полученные с городских и промышленных ОС, а также ОСВ, отобранные на полигоне.

Материалы и методы

Краткая характеристика флокулянта

Катионный флокулянт VTA F 96 (производитель VTA Austria GmbH [17]) — это синтетический положительно заряженный (плотность заряда 35 %) высокомолекулярный сополимер акриламида с увеличенным содержанием катион-активного сомомера. Флокулянт VTA F 96 эффективен при механическом обезвоживании ОСВ, уплотнении ОСВ или его компонентов (избыточного ила, осадка из первичных отстойников) под действием силы тяжести. Реагент также используется при флотационной очистке и фильтрации СВ. Флокулянт VTA F 96 соответствует Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), глава II, раздел 19 «Требования к химической и нефтехимической продукции производственного назначения», о чем имеется соответствующее экспертное заключение. Реагент имеет Паспорт безопасности вещества в соответствии с Регламентом (ЕС) № 1907/2006 и разрешен к применению на территории Российской Федерации.

Флокулянт VTA F 96 представляет собой белый порошок без запаха с гранулами размером 0,5–1,7 мм, насыпная плотность (750 ± 50) кг/м³. Содержание нерастворимого остатка не превышает 0,5 %масс., остаточного акриламида — 0,1 %масс. Порошковый реагент устойчив при температурах от 0 до 150 °С. В ходе эксперимента использовался 0,2%-ный раствор флокулянта (данная концентрация определена экспериментально на основании эффективности растворения и флокулирующей способности), приготовление которого заключалось в добавлении навески флокулянта $(0,40 \pm 0,01)$ г к 200 мл водопроводной воды комнатной температуры и последующем постоянном перемешивании на

магнитной мешалке (со скоростью вращения якоря ≈ 600 об/мин) в течение 30 мин до полного растворения кристаллов. Затем выжидалось еще 15 мин — минимально необходимое время для формирования устойчивого раствора полимера (т. е. его «созревания»). Полученный раствор стабилен в течение 48 ч, рабочий диапазон pH 3–9.

Флокулянт «Сибфлок» на основе полиэтиленоксида представляет собой текучий гель (жидкость от светло-желтой до желтой окраски, без посторонних включений) с 50%-ным содержанием основного действующего вещества, легко растворяется в холодной воде. Flopan 4698 SH — это синтетический положительно заряженный высокомолекулярный флокулянт на основе полиакриламида, представляет собой белый гранулированный порошок, из которого в ходе эксперимента готовился рабочий раствор по аналогичной схеме. Усилитель коагуляции «ВТА Силофлок» представляет собой текучий гель (жидкость серо-зеленого цвета), сополимер акриламида, содержащий наночастицы оксида железа, поставляется в готовом виде. Композитный коагулянт VTA Nanofloc A 644 представляет собой темную жидкость с зеленым оттенком, содержащую наноструктурированные соединения железа ($6,9 \pm 0,3$ %), плотность ($1,22 \pm 0,03$ г/см³ (при 20 °C)), поставляется в готовом виде, дополнительного приготовления не требует.

Исследуемые образцы ОСВ

В качестве исследуемых ОСВ были выбраны три образца, отличающиеся по своим свойствам и природе происхождения. Первым (I) являлись ОСВ муниципальных канализационных ОС, представляющие собой неуплотненную свежую смесь осадка из первичных отстойников и избыточного активного ила с влажностью 99 %. Технологическая схема ОС включает этап механической и биологической очистки СВ, ОСВ транспортируются с помощью эрлифтов на иловые площадки для обезвоживания, кондиционирование ОСВ в настоящий момент не используется. Вторым образцом (II) являлись ОСВ предприятия по производству бытовой химии, представляющие собой смесь осадка из биореактора ОС с влажностью 95 %. Технологическая схема утилизации ОСВ представляла собой его откачку илососными машинами. Третьим образцом (III) служили ОСВ, отобранные на полигоне для

хранения с влажностью 87 %. Полигон принимает для хранения предварительно обезвоженные различными методами ОСВ с городских коммунальных и ряда производственных ОС. Все три образца отбирались непосредственно перед проведением эксперимента.

Схема эксперимента

В ходе эксперимента в мерные стаканы объемом 600 мл отбирались пробы ОСВ в количестве 200 мл каждая. Далее в случае необходимости в мерные стаканы с пробами добавлялись дополнительные реагенты и тщательно перемешивались. Затем в чистые стаканы с помощью мерного шприца вносились необходимые количества растворов флокулянтов, с которыми образцы ОСВ перемешивались путем быстрого четырехкратного переливания из одного стакана в другой для инициации образования хлопьев и последующего медленного шестикратного переливания для окончания процесса формирования хлопьев (более длительное и быстрое перемешивание может привести к разрушению еще не успевших созреть хлопьев). После описанных процедур производилась визуальная оценка качества образующегося хлопья по трехбалльной шкале:

- 3 — очень стабильные и компактные хлопья, прозрачная надосадочная жидкость без видимых в большом количестве мелких частиц;
- 2 — стабильные, немного сломанные хлопья, прозрачная надосадочная жидкость с видимыми частицами средних размеров;
- 1 — нестабильные, сломанные хлопья, похожие на образец необработанного осадка, надосадочная жидкость мутная, с большим количеством частиц.

Далее пробы количественно переносились в воронки с бумажными фильтрами «белая лента», вставленные в мерные цилиндры объемом 250 см³. По прошествии 20 мин фиксировался объем отфильтрованной воды, после чего производилась визуальная оценка фильтрации и качества фильтрата по трехбалльной шкале:

- 3 — отделение воды начинается практически мгновенно, происходит интенсивно, фильтрат практически прозрачен, осадок на фильтре без видимых включений воды;
- 2 — отделение воды начинается достаточно быстро, происходит со средней интенсивностью,

фильтрат средней мутности, осадок на фильтре с небольшим количеством включений воды;

- 1 — отделение воды начинается по прошествии определенного времени, происходит медленно, фильтрат мутный, осадок на фильтре с большим количеством включений воды.

Эффективность влагоотдачи $E_{\text{вод}}$ оценивалась по формуле

$$E_{\text{вод}} = \left(\frac{V_{\text{воды}}}{V_{\text{пробы}}} \right) 100 \%,$$

где $V_{\text{воды}}$ — объем отфильтрованной воды, мл; $V_{\text{пробы}}$ — объем исходной пробы ОСВ, 200 мл.

В качестве оптимальной дозы реагента во всех экспериментах принималась такая доза, при введении которой в ОСВ образовывались стабильные и компактные хлопья, надосадочная жидкость была прозрачной (оценка хлопья «3») и достигался максимальный объем отфильтрованной воды (максимальная $E_{\text{вод}}$) для данного реагента (комбинации реагентов).

Результаты и их обсуждение

ОСВ коммунальных ОС являются наиболее простым для обезвоживания объектом с точки зрения малого содержания сухих веществ и повышенной влажности, вследствие чего оптимальная дозировка раствора флокулянта VTA F 96 для образца I является минимальной (из всех рассматриваемых образцов) и составляет 5 мл — проба 2 в таблице. В этом случае $E_{\text{вод}}$ в 4 раза превышает значение, полученное в контрольном опыте без использования флокулянта (проба 1). Помимо VTA F 96, в эксперименте исследовался катионный флокулянт-аналог «Сибфлок», также используемый при обезвоживании ОСВ [18], который добавлялся в аналогичном количестве. В этом случае (проба 4) $E_{\text{вод}}$ была еще больше. Однако расчет показывает, что дозировка товарного реагента VTA F 96 на 1 м³ ОСВ благодаря порошкообразной форме поставки составляет всего 50 г против 31 кг «Сибфлора» на 1 м³, поставляемого в готовом жидком виде. Таким образом, при использовании равного количества реагентов исследуемый флокулянт обладает большей эффективностью водоотдачи.

ОСВ промышленных ОС зачастую имеют более сложный состав и особые свойства, вследствие чего для их обезвоживания обычно требуется использование больших количеств

флокулянта. По этой причине для образца II оптимальной дозировкой раствора флокулянта VTA F 96 являлось 30 мл (проба 7). В этом случае $E_{\text{вод}}$ увеличилась примерно в 4 раза по сравнению с результатом, полученным без использования флокулянта (проба 6).

ОСВ, отобранные на полигоне, являются смесью отходов коммунальных и промышленных ОС, в этом случае необходимая дозировка флокулянта зависит от соотношения компонентов, условий предварительного обезвоживания на ОС и хранения на полигоне. В нашем эксперименте оптимальной дозировкой раствора флокулянта VTA F 96, необходимой для эффективного хлопьеобразования в образце III, являлось 15 мл (проба 11). В данном случае $E_{\text{вод}}$ увеличилась в 2 раза по сравнению со значением, полученным в контрольном опыте без использования флокулянта (проба 10). В эксперименте также исследовался катионный флокулянт-аналог Floram 4698 SH [19], используемый для обезвоживания ОСВ. При аналогичной концентрации используемого раствора флокулянта и дозировке (проба 14) получены сопоставимые результаты.

Зачастую к обезвоживанию ОСВ предъявляются особые требования относительно количества фугата, содержания взвешенных веществ в нем и/или влажности получаемого кека. Эти задачи не всегда удается эффективно решить за счет использования одного флокулянта (даже при увеличении его концентрации и/или дозировки). В этом случае перспективным является использование дополнительных реагентов. В частности, при добавлении к ОСВ коммунальных ОС усилителя коагуляции «ВТА Силофлок» в количестве 52 мг (проба 3) $E_{\text{вод}}$ возрастает еще практически в 2 раза, при этом значительно увеличивается прозрачность получаемого фильтрата. Этот эффект наблюдался только для флокулянта VTA F 96, добавление «ВТА Силофлок» в аналогичном количестве к флокулянту «Сибфлок» (проба 5) не приводит к увеличению $E_{\text{вод}}$ (сравнение с пробой 4). В случае использования усилителя коагуляции «ВТА Силофлок» с образцом III (проба 12) в количестве 104 мг $E_{\text{вод}}$ возросла еще в 3 раза (сравнение с пробой 11).

Помимо усилителя коагуляции «ВТА Силофлок», аналогичные задачи могут быть решены с помощью композитного коагулянта

Результаты определения влагоотдачи ОСВ различной природы*

Определяемый параметр	Номер образца													
	I (хозяйственно-бытовые ОСВ)					II (промышленные ОСВ)					III (ОСВ с полигона)			
	Номер пробы													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Наименование — доза реагента / реагентов*, мл/л (мг/л)	—	VTA F 96 — 25 мл	VTA F 96 — 25 мл / ВТА	Сиб-флюк — 25 мг	Сибфлюк — 25 мг / ВТА	—	VTA F 96 — 150 мл	VTA F 96 — 150 мл / ВТА	VTA F 96 — 125 мл / ВТА	—	VTA F 96 — 75 мл	VTA F 96 — 75 мл / ВТА	VTA F 96 — 75 мл / ВТА	Floram 4698 SH — 75 мл
			Силофлюк — 260 мг	Силофлюк — 260 мг			Nanofloc A 644 — 660 мг	Nanofloc A 644 — 660 мг	Nanofloc A 644 — 660 мг			Силофлюк — 520 мг	Силофлюк — 520 / VTA	Nanofloc A 644 —660 мг
$V_{\text{вода}}^2$, мл	<20 ^а	74	130	96	94	<20 ^б	46	95	94	<20 ^в	20	64	65	20
$E_{\text{вод}}^3$, %	9	37	65	48	47	8	23	47	47	5	10	32	32	10
Оценка хлопка	1	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3	3	3	3
Оценка фильтра	1	2	3	2	2	1	2	3	3	1 ^г	1	2	3	1
Удельный расход реагентов, кг/т СВ	—	5	5:26	3100	3100:26	—	6	6:16,2	5:16,2	—	1,15	1,15:4	1,15:4:5,07	1,15
Затраты, руб./т СВ	—	1800	7000	49 6000	50 1200	—	2160	5080	4720	—	420	1220	2130	420

* Описание опыта дано в подразделе «Схема эксперимента».

^а $V_{\text{вод}} \approx 17$ мл (начало измерительной шкалы на цилиндре — 20 мл).^б $V_{\text{вод}} \approx 15$ мл (начало измерительной шкалы на цилиндре — 20 мл).^в $V_{\text{вод}} \approx 10$ мл (начало измерительной шкалы на цилиндре — 20 мл).^г Фильтрат очень мутный.

VTА Nanofloc А 644. Например, при его добавлении в количестве 132 мг к образцу II имеет место дополнительное увеличение $E_{\text{вод}}$ еще в 2 раза (проба 8). Более того, при использовании данного реагента возможно снижение дозировки флокулянта (в частности, для образца II до 25 мл — проба 9) без ухудшения эффективности водоотдачи (что видно из сравнения с пробой 8).

Возможно также совместное использование всех трех реагентов, что было реализовано на примере образца III. В частности, при добавлении к ОСВ 104 мг усилителя коагуляции «ВТА Силофлок», 220 мг композитного коагулянта VTA Nanofloc А 644 и 15 мл раствора флокулянта VTA F 96 (проба 13) имеет место не только увеличение $E_{\text{вод}}$ по сравнению со случаем использования одного лишь флокулянта (проба 11), но и увеличение прозрачности получаемого фильтрата (рисунок). Для раствора флокулянта Floram 4698 SH при его использовании с усилителем коагуляции «ВТА Силофлок» и композитным коагулянтом VTA Nanofloc А 644 результаты оказались аналогичными, что подтверждает совместимость и перспективность использования вспомогательных реагентов с различными флокулянтами.

На образце II ОСВ были также проведены промышленные испытания на пилотной декантерной установке, во время которых при совместном использовании флокулянта VTA F 96 и композитного коагулянта VTA Nanofloc А 644 достигнуто уменьшение влажности кека с 81,6 до 74,9 %. На основании результатов промыш-

ленных испытаний проведены проектные и монтажные работы по внедрению узла механического обезвоживания с применением указанных реагентов в существующую технологию ОС, что позволило снизить количество утилизируемого ОСВ и, следовательно, затраты на его вывоз.

Выводы

Вне зависимости от метода утилизации ОСВ обезвоживание является обязательным этапом, для интенсификации которого широко используются флокулянты. В работе продемонстрирована высокая эффективность флокулянта VTA F 96, пригодного для обезвоживания как свежего ОСВ хозяйственно-бытовых и промышленных ОС, так и ОСВ полигонов. Исследуемый флокулянт позволяет увеличить эффективность водоотдачи осадка, определяемую посредством фильтрации, до 4 раз в сравнении с естественной водоотдачей и не уступает по этому показателю прочим используемым на ОС флокулянтам.

Проведенные испытания показали, что введение этапа кондиционирования ОСВ в существующие технологии их переработки позволяет существенно интенсифицировать обезвоживание, что в итоге приводит к уменьшению эксплуатационных затрат благодаря уменьшению объема ОСВ при его хранении на иловых площадках и полигонах либо улучшению характеристик кека, направляемого на сжигание (даже несмотря на появление затрат, связанных с приобретением флокулянта и его приготовлением).

При необходимости достижения лучшего качества получаемого фильтрата (а именно, снижения мутности и увеличения прозрачности) перспективно применение VTA Nanofloc А 644, который дополнительно способен снизить дозировку основного флокулянта VTA F 96. Данный способ является предпочтительным в случае, когда достижение целевых параметров невозможно при использовании одного флокулянта. Указанные дополнительные реагенты перспективны в использовании с различными флокулянтами. Естественно, при этом возрастают расходы, связанные с приобретением реагента. Однако вследствие большого исходного объема ОСВ, требующего обезвоживания, и обычно высокой стоимости флокулянтов введение дополнительного реагента может иметь экономическую целесообразность.

Фотофиксация процесса фильтрации пробы 12 (справа) и пробы 13 (слева)

Благодарности

Авторы выражают благодарность администрации МУП «Чудовский водоканал», ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», ООО «КНТП», ООО «Юнилевер-Русь» за предоставление образцов и возможность проведения лабораторных испытаний.

Библиографический список

1. Дьяков М. С., Цыбина А. В., Груздева У. В. Технологии переработки и обезвоживания осадков сточных вод: ретроспектива и перспективные направления развития // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. 2014. № 3. С. 111–126.
2. Тарчигина Н. Ф., Павлухина Л. Д., Кузнецова О. Н. Оптимизация технологических параметров флокулянтов для их использования в технологии очистки сточных вод в производстве фосфорсодержащих удобрений // Науковедение. 2014. № 5 (24). С. 1–12.
3. Рублевская О. Н., Краснопеов А. Л. Опыт внедрения современных технологий и методов обработки осадка сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 4. С. 65–69.
4. Tuncal T., Uslu O. A Review of Dehydration of Various Industrial Sludges // Drying Technology. 2014. T. 32. № 14. С. 1642–1654.
5. Єсін А. М. Інтенсифікація процесу збезводнення осадків міських стічних вод на мулових майданчиках / С. М. Е.; ХДТУБА. Харків, 1998. 16 с.
6. Полянский Е. С., Голубев В. В. Сжигание // Вестник магистратуры. 2014. Т. 1. № 12 (39). С. 34–36.
7. Vrba J., Adams B., Gosk E., Ronen D. Groundwater early warning monitoring strategy. A methodological guide. Paris: UNESCO, 2008. 104 с.
8. Крымская Е. Я. Условия использования осадков сточных вод предприятий коммунального хозяйства после переработки // Инновационная экономика. 2012. № 3 (8). С. 23–25.
9. Цыбина А. В., Дьяков М. С., Вайсман Я. И. Перспективное направление утилизации продуктов термической обработки осадков сточных вод в производстве керамических материалов // Фундаментальные исследования. 2014. № 6 (2). С. 265–270.
10. Гюнтер Л. И. Состояние и перспективы обработки и утилизации осадков сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2005. № 12 (II). С. 5–9.
11. Васильев Б. В., Григорьева Ж. Л. Обработка и утилизация осадков сточных вод в Санкт-Петербурге // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. № 9. С. 58–63.

12. Полянский Е. С., Голубев В. В. Опыт и перспективы сжигания осадков сточных вод // Вестник магистратуры. 2014. Т. 1. № 5 (1). С. 96–98.

13. Евилевич А. З. Осадки сточных вод. Удаление, обработка, использование. Л.: Стройиздат, 1965.

14. Туровский И. С. Осадки сточных вод: обезвоживание и обеззараживание. М.: ДеЛи принт, 2008. 376 с.

15. Mowla D., Tran H. N., Allen D. G. A review of the properties of biosludge and its relevance to enhanced dewatering processes // Biomass & Bioenergy. 2013. T. 58. Pp. 365–378.

16. Воронов Ю. В., Яковлев С. В. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: АСВ, 2006. 704 с.

17. URL: <http://www.vta.cc/>.

18. Иванов А. Н., Иванова М. Г. Обезвоживание осадков сточных вод с применением флокулянта «Сибфлок» и специальных колодцев // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 11. С. 54–60.

19. URL: <http://www.snf.co.uk/>

References

1. D'yakov M. S., Tsybina A. V., Gruzdeva U. V. *Tekhnologii pererabotki i obezvozhivaniya osadkov stochnykh vod: retrospektiva i perspektivnye napravleniya razvitiya* [Technologies of processing and dehydration of sewage water: retrospective and perspective directions of development]. *Vestnik PNIPU. Prikladnaya ehkologiya. Urbanistika – PNIPU Bulletin. Application-oriented ecology. Urbanistics*, 2014, no. 3, pp. 111–126.
2. Tarchigina N. F., Pavlukhina L. D., Kuznetsova O. N. *Optimizatsiya tekhnologicheskikh parametrov flokulyantov dlya ikh ispol'zovaniya v tekhnologii ochistki stochnykh vod v proizvodstve fosforsoderzhashchikh udobreniy* [Optimization of technological parameters of flocculants for their use in technology of sewage treatment in production of phosphorus-containing fertilizers]. *Naukovedenie – Science Studies*, 2014, no. 5 (24), pp. 1–12.
3. Rublevskaya O. N., Krasnopeev A. L. *Opyt vnedreniya sovremennykh tekhnologiy i metodov obrabotki osadka stochnykh vod* [Experience of introducing modern technologies and methods of processing of sewage sludge]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika – Water-supply and sanitarian technique*, 2011, no. 4, pp. 65–69.
4. Tuncal T., Uslu O. A review of dehydration of various industrial sludges. *Drying Technology*, 2014, vol. 32, no. 14, pp. 1642–1654.
5. Єсін А. М. *Intensifikatsiya protsesu zbezvodnennya osadkiv mis'kikh stichnikh vod na mulovikh maydanchikakh*. Kharkiv, KhDTUBA Publ., 1998. 16 p.
6. Polyanskiy E. S., Golubev V. V. *Szhiganiye* [Burning]. *Vestnik magistratury – Messenger of Magistracy*, 2014, vol. 1, no. 12 (39), pp. 34–36.

7. Vrba J., Adams B., Gosk E., Ronen D. *Groundwater early warning monitoring strategy. Methodological guide*. Paris, UNESCO Publ., 2008, 104 p.
8. Krymskaya E. Ya. *Usloviya ispol'zovaniya osadkov stochnykh vod predpriyatiy kommunal'nogo khozyaystva posle pererabotki* [Conditions of using the sewage sludge of public utilities after processing]. *Innovatsionnaya ehkonomika – Innovative Economy*, 2012, no. 3 (8), pp. 23–25.
9. Tsybina A. V., D'yakov M. S., Vaysman Ya. I. *Perspektivnoe napravlenie utilizatsii produktov termicheskoy obrabotki osadkov stochnykh vod v proizvodstve keramicheskikh materialov* [The perspective direction of a utilizing the waste products of sewage heat treatment in production of ceramic materials]. *Fundamental'nye issledovaniya – Fundamental Research*, 2014, no. 6 (2), pp. 265–270.
10. Gyunter L. I. *Sostoyanie i perspektivy obrabotki i utilizatsii osadkov stochnykh vod* [The condition and perspectives of processing and utilization of sewage waste]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika – Water-supply and sanitation technique*, 2005, no. 12 (II), pp. 5–9.
11. Vasil'ev B. V., Grigor'eva Zh. L. *Obrabotka i utilizatsiya osadkov stochnykh vod v Sankt-Peterburge* [Processing and utilization of sewage processing waste in St. Petersburg]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika – Water-supply and sanitation technique*, 2006, no. 9, pp. 58–63.
12. Polyanskiy E. S., Golubev V. V. *Opyt i perspektivy szhiganiya osadkov stochnykh vod* [Experience and perspectives of burning of sewage waste]. *Vestnik magistratury – Messenger of Magistracy*, 2014, vol. 1, no. 5 (1), pp. 96–98.
13. Evilevich A. Z. *Osadki stochnykh vod. Udalenie, obrabotka, ispol'zovanie* [Sewage sludge. Disposal, processing, usage]. Leningrad, Stroyizdat Publ., 1965.
14. Turovskiy I. S. *Osadki stochnykh vod: obezvozhi-vanie i obezzarazhivanie* [Sewage sludge: dehydration and disinfecting]. Moscow, DeLi print Publ., 2008, 376 p.
15. Mowla D., Tran H. N., Allen D. G. A review of the properties of biosludge and its relevance to enhanced dewatering processes. *Biomass & Bioenergy*, 2013, vol. 58, pp. 365–378.
16. Voronov Yu. V., Yakovlev S. V. *Vodootvedenie i ochistka stochnykh vod* [Sewage sludge: dehydration and disinfecting]. Moscow, ASV Publ., 2006, 704 p.
17. URL: <http://www.vta.cc/>
18. Ivanov A. N., Ivanova M. G. *Obezvozhi-vanie osadkov stochnykh vod s primeneniem flokulyanta «Sibflok» i spetsial'nykh kolodtsev* [Dehydration of sewage sludge using the Sibflok flocculant and special wells]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika – Water-supply and sanitation technique*, 2014, no. 11, pp. 54–60.
19. URL: <http://www.snf.co.uk/>