

Б. С. Ксенофонтов, д-р техн. наук, профессор, МГТУ им. Н. Э. Баумана  
 Д. В. Сазонов, аспирант, МГТУ им. Н. Э. Баумана

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ ВОДООТДАЮЩИХ СВОЙСТВ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

В статье рассмотрены вопросы определения водоотдающих свойств осадков сточных вод с помощью экспресс-контроля с использованием фильтровальной бумаги и пробы. Выполнен анализ применения этого способа для тестирования водоотдающих свойств сгущаемых осадков, и предложен усовершенствованный и более удобный на практике способ определения эффекта водоотдачи.

В процессе очистки сточных вод в осадки переходят различные вещества, вследствие чего обработка и удаление осадков представляют сложную проблему. В сырых осадках находится огромное количество микроорганизмов, многие из них являются патогенными, представляющими потенциальную опасность для человека. Выбор процесса обработки осадков осложняется непостоянством его состава и относительно низкой концентрацией сухого вещества. В табл. 1 представлены примерные концентрации осадков при обработке разных видов. Эти данные характеризует работу отстойников, в которых образуются рыхлые, легкие осадки.

Следует отметить, что обезвоживание осадка проводится в несколько этапов: уплотнение, стабилизация и т. д. Основная цель обезвоживания – превращение разбавленного осадка во влажный кек, который может быть конечным продуктом

обработки либо промежуточным, который передается далее на фильтр-пресс, а затем подлежит сушке, сжиганию или складированию. Интенсификация процесса обезвоживания осадков сточных вод требует выбора и использования надежных и удобных в эксплуатации обезвоживающих аппаратов и сооружений, обеспечивающих максимальное задержание сухого вещества в кеке. Исследователи разрабатывают новые конструкции аппаратов для сгущения и обезвоживания осадков, особое внимание они уделяют многостадийным процессам обработки и сгущения осадка: осаждению взвешенных частиц, многостадийному флотационному и гравитационному сгущению, а также реагентной обработке для получения концентрированного осадка [1]. Специальными исследованиями в лабораторных условиях установлена зависимость эффективности обезвоживания осадков от наличия и доли

Таблица 1

Примерные концентрации осадков

Тип ила	Содержание сухого вещества, %	
	примерный диапазон изменения	среднее количество
Осадок первичных отстойников	2,0–7,0	4
Активный ил:		
из аэротенков	0,5–1,5	1
после продленной аэрации	1,0–3,0	2
после биофильтров	1,0–4,0	2
после вторичных отстойников	1,0–3,5	2

тонкодисперсной фазы в общей массе сухого вещества. При прочих равных условиях предварительной обработки осадка перед обезвоживанием, например за счет добавления реагентов, достигается снижение влажности обезвоженных осадков до 80–65% при центрифугировании, до 70–60% и 75–60% при применении камерных и ленточных прессов соответственно.

Известно достаточно много технических решений, позволяющих достигать высоких технологических показателей. Например, для улучшения процесса отделения воды при сгущении шламов предлагаются различные присадки. Интенсификация процесса в ряде случаев обезвоживания осадка достигается при совместном использовании сернокислого алюминия и извести на первой ступени коагуляции и полимерных флокулянтов на следующей ступени. Повышения эффективности обезвоживания осадков можно добиться путем их смешивания с предварительно измельченными целлюлозосодержащими отходами (древесными опилками, бумагой, соломой, торфом, скорлупой и т.п.), обладающими высокой влагопоглощающей способностью. Такой способ позволяет интенсифицировать процесс гравитационного и механического обезвоживания осадков и сгущения жидких отходов до транспортабельного состояния. На начальном этапе выбора обезвоживающего оборудования и определения параметров и режима его работы одним из основных физико-химических показателей является водоотдающая способность осадка. Способность осадка к обезвоживанию можно установить, определяя удельное сопротивление фильтрации, время капиллярного всасывания, индексы центрифугирования и центробежного осаждения. Наиболее простым методом оценки водоотдающих свойств является измерение расстояния (или времени) капиллярного всасывания воды фильтровальной бумагой. Недостатком этого метода является плохая воспроизводимость результатов опыта. Для получения сопоставимых результатов нужны определенные сорта дорогостоящей дефицитной импортной бумаги, используемой в качестве подложки.

Задача исследований состояла в усовершенствовании способа экспресс-контроля и в подборе материала фильтровальной подложки, приемлемого по цене, не являющегося дефицитным и отвечающего основному требованию эксперимента – хорошей воспроизводимости результатов при определении водоотдающей способности осадка. Как известно, экспресс-контроль основан на капиллярном впитывании влаги, отделяющейся из твердой фазы осадка пористой

подложкой в виде фильтровальной бумаги. При впитывании влаги происходит увеличение смоченной поверхности, по истечении определенного времени (15 мин) измеряется диаметр  $D$  смоченной поверхности (рис. 1, а). Для удобства проведения подобных измерений мы усовершенствовали этот способ измерения за счет специального индикатора в виде пластмассового цилиндра с намотанной фильтровальной бумагой «синяя лента» (рис. 1, б). В этом случае эффект водоотдачи измеряется по высоте  $H$  столба поднятия жидкости или по времени достижения определенного значения высоты столба.

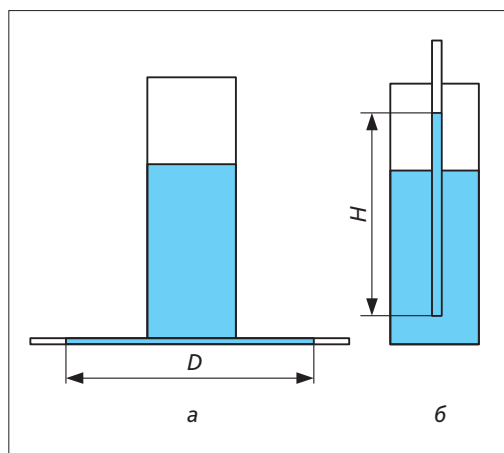


Рис. 1. Схемы измерения водоотдающих свойств известным (а) и предлагаемым (б) способами

В тестовых испытаниях по предлагаемому способу использована вода водопроводная, суспензия активного ила без добавления реагентов и суспензия активного ила с добавлением флокулянта А130 (рис. 2). Несвязанная вода (водопроводная) легче всего впитывается фильтровальной бумагой, ей соответствует самый высокий столб, а связанная влага (образцы ила 1 и 2) гораздо труднее отделяется от твердой фазы активного ила, и подъем жидкости гораздо меньше, чем в случае с водопроводной водой. При этом введение в активный ил флокулянта марки А130 дополнительно связало воду: в этом случае высота столба жидкости минимальна.

Следует отметить, что флокулянты, добавляемые в активный ил, могут как способствовать связыванию влаги (рис. 2, столбец 1), так и улучшать водоотдачу. Последний случай представляет интерес для практики сгущения активного ила. Дальнейшие испытания были проведены в промышленных условиях. В качестве осадка использовался активный ил, отобранный из вторичных отстойников Люберецкой станции

Таблица 2

Результаты исследования водоотдающих свойств избыточного активного ила

Исследуемая пористая подложка	Время достижения постоянной величины столба жидкости, с*						
	без коагулянта	обработка коагулянтам					
		сернокислое железо, %*			алюмокалиевые квасцы, %*		
		2,5	5	7,5	2,5	5,0	7,5
Пленка ацетатная	468	343	300	330	405	345	450
Картон	197	185	182	178	168	175	164
Фильтр обеззоленный	85	68	64	67	53	45	55
Фильтр крупнопористый (быстро фильтрующий)	43	40	34	32	23	36	36
Фильтр мелкопористый (медленно фильтрующий)	90	78	65	74	68	56	74
Фильтровальная бумага («синяя лента»)	37	30	20	28	36	28	24

\* Каждый из исследуемых режимов повторялся 3 раза.

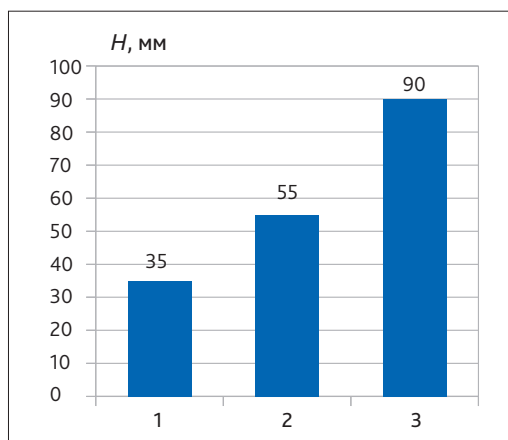


Рис. 2. Определение эффективности водоотдачи по предлагаемому способу: 1 – суспензия активного ила с добавлением флокулянта A130; 2 – суспензия активного ила без добавления реагентов; 3 – вода водопроводная

аэрации, обезвоживание которого представляет большую сложность, так как даже после механического обезвоживания в нем остается около 90 % влаги без специальной обработки, изменяющей его структуру и водоотдающие свойства. Наиболее эффективным способом улучшения водоотдающих свойств активного ила является реагентная обработка. Добавление химических реагентов способствует нейтрализации или уменьшению величины отрицательных зарядов на поверхности частиц твердой фазы и их объединению в агрегаты. Поскольку активный ил содержит много органических веществ, для улучшения его водоотдающих свойств использовали минеральные коагулянты с большим числом катионных групп и высоким зарядом:  $Fe_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$ . Кроме того, существенное значение

имеет правильный подбор соотношения, продолжительности и интенсивности перемешивания вышеуказанных коагулянтов с осадком. В нашем случае перемешивание осадка с коагулянтам проводили в течение 10 с при частоте вращения мешалки  $3\text{ с}^{-1}$ . Начальная концентрация активного ила составляла 1%. Методика проведения испытаний включала обработку суспензии избыточного активного ила коагулянтам определенной концентрации (табл. 2), после чего полученную смесь заливали в цилиндры. Водоотдающую способность активного ила оценивали по скорости распространения влаги по предлагаемому способу (см. рис. 1, б). Результаты опытов измерения времени достижения постоянной высоты столба жидкости представлены в табл. 2.

В качестве пористой подложки испытывались керамика, ацетатные пленки, фильтровальная бумага с различной пористостью, обеззоленный фильтр. Наиболее воспроизводимые результаты получились при работе на недорогом и недефицитном фильтре «синяя лента». Предлагаемый нами способ удобен при работе в лабораториях с минимальным оборудованием. Полагаем, что он может получить распространение в практике тестирования водоотдающих свойств осадков. Это необходимо, например, на стадии выполнения технико-экономического обоснования выбора способа сгущения осадка сточных вод [2].

#### Литература

1. Ксенофонтов Б. С. Флотационная обработка воды, отходов и почвы. М. : Новые технологии, 2010.
2. Ксенофонтов Б. С. Интенсификация процессов очистки воды флотацией. Саарбрюкен: Лап Ламберт, 2012.