

УДК 57.088.55:628.35

**А.В. Игнатенко**

### **СЕДИМЕНТАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ РЕГЕНЕРАЦИИ ВСПУХШЕГО АКТИВНОГО ИЛА**

В работе проведен седиментационный анализ вспухшего активного ила городских очистных сооружений при его регенерации. Для характеристики состояния ила наряду с иловым индексом предложено использовать индекс полидисперсности частиц и остаточное светорассеивание надосадочной жидкости, позволяющие сократить длительность анализа седиментационных свойств ила до 10 мин.

**Ключевые слова:** биологическая очистка, активный ил, седиментация, вспухание, регенерация.

**A.V. Ignatenko**

### **SEDIMENTATION ANALYSIS OF REGENERATION SWOLLEN ACTIVATED SLUDGE**

The paper presents a sedimentation analysis of the swollen activated sludge of urban wastewater treatment plants during its regeneration. To characterize the state of the sludge, along with the sludge volume index, it is proposed to use the polydispersity index of particles and residual light scattering of the sedimentation fluid, which reduce the duration of the analysis of sedimentation properties of sludge to 10 minutes.

**Keywords:** biological purification, activated sludge, sedimentation, swelling, regeneration.

Экологическая биотехнология играет важную роль в устранении негативного действия человека на природную среду и ее сохранения для будущих поколений населения. Одной из крупнотоннажных экологических биотехнологий является очистка городских сточных вод с помощью активного ила. Данная технология была предложена более столетия назад и предназначалась вначале для очистки городских коммунальных сточных вод от органических загрязнителей постоянного химического состава и сохранения санитарно-гигиенической чистоты окружающей среды [1].

Дальнейшее распространение биоочистки на смешанные коммунальные и промышленные сточные воды, обладающие сложным химическим составом, широким спектром тяжелых металлов, ксенобиотиков привело к перегрузке ила токсичными и трудно разрушаемыми веществами. В неблагоприятных условиях это ведет к вспуханию ила, снижению его биологической активности и гибели.

Вспухание ила является одной из основных проблем городских очистных сооружений, обрабатывающих смешанные сточные воды. Причина вспухания ила связана с увеличением содержания устойчивых к загрязнителям нитчатых форм бактерий. Это приводит к образованию рыхлого, плохо оседающего ила, выносу его из вторичных отстойников и загрязнению окружающей среды. Оценка вспухания ила на производстве проводится по показателю илового индекса. При его значении выше  $150 \text{ см}^3/\text{г}$  ил считается вспухшим [2].

Для восстановления биологической активности циркулирующего активного ила требуется его периодическая регенерация путем обработки кислородом воздуха.

Цель работы – контроль регенерации вспухшего активного ила методом седиментации.

В работе использовали образцы вспухшего активного ила очистных сооружений г. Смоленска с влажностью 99,2 %. Регенерацию ила проводили в склянке Дрекслея, в которую вносили  $300 \text{ см}^3$  отработанного голодного ила и барботировали воздух через насадку с помощью аквариумного скалярия AC-500 (Resun, Китай), в течение 6 ч. Через каждый час отбирали по  $10 \text{ см}^3$  активного ила для изучения кинетики седиментации частиц и нахождения илового индекса. Значение илового индекса определяли в соответствии с [3].

За кинетикой седиментации ила наблюдали методом светорассеивания. Для этого готовили водные суспензии ила с концентрацией 2 г/л, вносили их в 1 см кюветы и измеряли оптическую плотность образцов при 600 нм с помощью спектрофотометра Specord UV-VIS (Германия). Скорость осаждения частиц ( $U_{\text{сед}}$ ) определяли по изменению  $(D/D_0)_{600}$  от  $t$ .

В соответствии с уравнением Стокса радиус частиц ( $r$ ) связан со скоростью их оседания  $U_{\text{сед}}$  уравнением [4]:

$$r = K\sqrt{U_{\text{сед}}}, \quad (1)$$

где  $K$  – константа Стокса, зависящая от разности плотностей активного ила, воды и их вязкости.

На рис. 1 приведено изменение илового индекса от времени регенерации  $t$  активного ила.

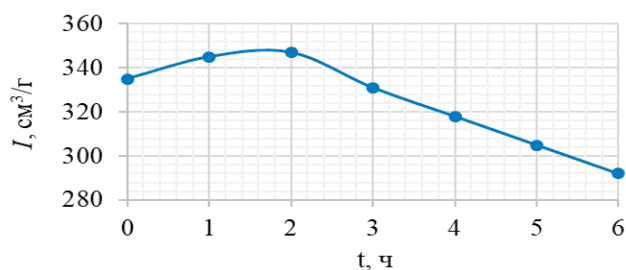


Рис. 1. Изменение илового индекса вспухшего активного ила от времени его регенерации

Как видно из рис. 1, при малом времени регенерации ила наблюдается небольшое увеличение начального значения  $I_0 = 335 \text{ см}^3/\text{г}$ , связанное с разрушением хлопьев ила при барботировании воздуха. При 6-часовой обработке иловый индекс снижался в 1,2 раза, что связано с доокислением сорбированных на иле трудно разрушающихся веществ и ассоциацией частиц.

Регенерация ила кислородом воздуха не позволяет устранить его вспухание при такой длительности обработки, и требуется более 24 ч для снижения илового индекса до  $150 \text{ см}^3/\text{г}$ .

На рис. 2 приведена кинетика седиментации вспухшего ила до и после его 3-часовой регенерации. Наблюдался сложный характер изменения светорассеивания среды для вспухшего активного ила при его отстаивании (рис. 2,  $I$ ).

Вначале отмечался рост светорассеивания среды в течение 8–9 мин наблюдения, что может быть связано с всплыванием и агрегацией частиц вспухшего ила, имеющего удельную плотность

ниже плотности воды –  $1 \text{ г/см}^3$ . Далее, в результате уплотнения частиц всплывшего ила, наблюдалось его частичное осаждение с сохранением высокого остаточного светорассеивания надосадочной жидкости.

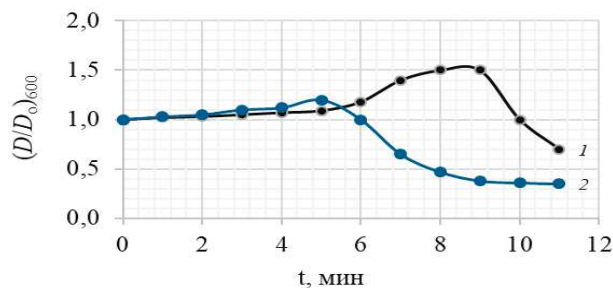


Рис. 2. Кинетика изменения  $(D/D_0)_{600}$  среды при седиментации всплывшего активного ила: 1 – до регенерации; 2 – через 3 ч регенерации

После 3-часовой регенерации всплывшего ила (рис. 2, 2) отмечалось уменьшение роста светорассеивания среды, сокращение периода начала седиментации частиц и уменьшение остаточного светорассеивания надосадочной жидкости по сравнению с исходным илом (см. рис. 2, 1). Аналогичный характер зависимости сохранялся и при увеличении времени регенерации ила.

Для характеристики состояния ила наряду с иловым индексом может быть использована величина индекса полидисперсности частиц ( $IP$ ):

$$IP = r_o / r_t = \frac{\sqrt{U_o}}{\sqrt{U_t}} \quad (2)$$

где  $r_o, r_t$  – размеры движущихся частиц в начальный и текущий момент времени,  $U_o, U_t$  – начальная и текущая скорости осаждения частиц.

Рассчитанное значение индекса полидисперсности ила до регенерации составило  $IP = 0,20$ , после 3 ч регенерации –  $IP = 0,41$ .

Помимо индекса полидисперсности для характеристики регенерации ила можно также использовать светорассеивание надосадочной жидкости после 10 мин осаждения ила, которое линейно зависит от времени регенерации ила в полулогарифмических координатах (рис. 3).

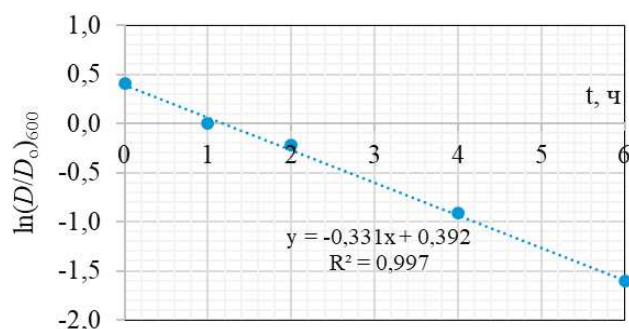


Рис. 3. Изменение светорассеивания надосадочной воды в полулогарифмических координатах для вспухшего ила в зависимости от времени его регенерации

Таким образом, полученные данные указывают на то, что 6 ч регенерации активного ила недостаточно для устранения его вспухания, и требуется увеличение времени обработки ила выше 24 ч для снижения илового индекса с  $I_o = 335 \text{ см}^3/\text{г}$  до  $I_t = 150 \text{ см}^3/\text{г}$ .

Для характеристики состояния вспухшего ила при его регенерации можно использовать показатели: иловый индекс, индекс полидисперсности частиц, а также значение относительной оптической плотности  $(D_t/D_o)_{600}$  после 10 мин отстаивания ила.

### Список литературы

1. Игнатенко А.В. Анализ биологической очистки сточных вод и детоксикации активного ила очистных сооружений // Химическая безопасность. – 2022. – Т. 6, № 1. – С. 21–46.
2. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М.: АКВА-РОС, 2003. – 512 с.