

## ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОГО ИЛА В АЭРОТЕНКАХ КАНАЛИЗАЦИОННО-ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРАВОГО БЕРЕГА РЕКИ АНГАРЫ г. ИРКУТСКА

© Н.П. Калмынина<sup>1</sup>, Р.Т. Камалов<sup>2</sup>, А.Н. Яхимбаев<sup>3</sup>

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Российская Федерация, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Главная цель данной работы заключалась в исследовании активного ила аэротенков канализационно-очистных сооружений (КОС) правого берега р. Ангары г. Иркутска. Чтобы исследовать и оценить состояние активного ила сточных вод, в каждом из трех аэротенков были взяты пробы ила и проведена серия опытов по различным методикам. В результате проведенных исследований и анализа данных, имеющихся на КОС, было установлено, что в 1-ом и 3-ем аэротенках ил является нормально работающим. Индекс ила, взятого во 2-ом аэротенке, в исследуемый период оказался выше нормы.

*Ключевые слова:* загрязнение, аэротенк, активный ил, доза активного ила, иловый индекс, концентрация, активность микроорганизмов

## STUDY OF ACTIVATED SLUDGE IN AEROTANKS OF SEWAGE TREATMENT FACILITIES OF THE RIGHT BANK OF THE ANGARA RIVER IN IRKUTSK

© Natalia P. Kalmykina, Ruslan T. Kamalov, Alexander N. Yakhimbayev

Irkutsk National Research Technical University, 83 Lermontov Str., Irkutsk 664074, Russian Federation

The main purpose of this work is to study the activated sludge of sewage treatment facilities of the right bank of the Angara River in Irkutsk. In order to study and assess the state of the active sludge of wastewater, in each of the three aerotanks the samples of silt were taken and a series of experiments on different methods were carried out. As a result of the study and the data analysis of sewage treatment facilities, the article finds out that in the 1st and 3rd aeration tanks the sludge is working normally. The sludge index taken in the 2nd aerotank turned out to be above the norm during the analyzed period.

*Keywords:* activated sludge, aerotank, active sludge dose, sludge index, concentration, pollution, activity

Активный ил является очень важным показателем в процессе биологической очистки сточных вод. Он представляет собой совокупность скоплений (колоний) бактерий и простейших организмов. По своей структуре активный ил представляет собой хлопьевидную массу бурого цвета, которая не имеет запаха или пахнет землей, но при загнивании издает характерный гнилостный запах.

Размер хлопьев ила измеряется в диапазоне 3–150 мкм. Размеры и структура хлопьев зависят от характера и концентрации поступающих стоков. Образование хлопьев активного ила происходит путем слипания оболочек бактериальных клеток. На поверхности хлопьев осуществляется процесс сорбции растворенных органических соединений. В процессе очистки высококонцентрированных сточных вод хлопья активного ила становятся мелкими и легкими, а с понижением концентрации стоков они увеличиваются в размерах. Оптимальной считается структура ила с достаточно тяжелыми хлопьями среднего размера [1].

По механическому составу ил относится к тонким суспензиям, которые на 98% по массе состоят из частиц размером не более 1 мм. Активный ил имеет высокую влажность – 99,2–99,7 %. Активный ил легко взмучивается и быстро оседает при отстаивании.

В сухое вещество активного ила входят органические (70–90%) и неорганические (10–30%) вещества. Элементный состав сухого вещества изменяется в широких пределах, % от сухой массы: углерод – 44,0–75,8; водород – 5,8–8,2; сера – 0,9–2,7; азот – 3,3–9,8; кислород – 12,5–43,2 [2].

Активный ил стоков также очень богат фосфором: его свежий осадок содержит 0,6–5,2 % фосфора, а сброженный – от 0,9 до 6,6 % [3].

<sup>1</sup> Калмынина Наталия Павловна, студентка гр. ВВМ-16-1 кафедры инженерных коммуникаций и систем жизнеобеспечения, e-mail: atatanata03@gmail.com

Natalia P. Kalmykina, a student of Engineering Communications and Life Support Systems Department, e-mail: atatanata03@gmail.com

<sup>2</sup> Камалов Руслан Талгатович, студент гр. ВВМ-16-1 кафедры инженерных коммуникаций и систем жизнеобеспечения, e-mail: kam-rus09@mail.ru

Ruslan T. Kamalov, a student of Engineering Communications and Life Support Systems Department, e-mail: kam-rus09@mail.ru

<sup>3</sup> Яхимбаев Александр Нариманович, студент гр. ВВМ-16-1 кафедры инженерных коммуникаций и систем жизнеобеспечения, e-mail: alexander-flash@mail.ru

Alexander N. Yakhimbayev, a student of Engineering Communications and Life Support Systems Department, e-mail: alexander-flash@mail.ru

Цель данной работы заключалась в исследовании активного ила аэротенков КОС правого берега р. Ангары г. Иркутска. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Определить значение илового индекса активного ила аэротенков КОС.
2. Провести анализ дегидрогеназной активности проб ила, отобранных на аэротенках КОС.
3. Определить зависимость дегидрогеназной активности ила от степени загрязнения стоков поверхностно-активными веществами (ПАВ).

Объектом исследования явились пробы активного ила, отобранные из 1-го, 2-го и 3-го аэротенков правобережных КОС г. Иркутска.

Для создания моделирующего загрязнения активного ила ПАВ были задействованы такие средства, как чистящее средство «Доместос», средство для мытья посуды «Миф», крем-мыло «Весна» и додецилсульфата натрия (ДСН –  $C_{12}H_{25}SO_4Na$ ).

**Иловый индекс, I**, является одним из основных гидрохимических показателей состояния активного ила. Иловый индекс – это объем, который занимает 1 гр активного ила, занимаемый им за 30 мин отстаивания в цилиндре объемом 1 дм<sup>3</sup>. При определении илового индекса как обобщенной характеристики функционирования активного ила учитывается соотношение дозы ила по объему ила по массе.

Принцип определения индекса заключается в следующем:

- 1) иловую смесь комнатной температуры, отобранную из 1-го, 2-го и 3-го аэротенков очистных сооружений, необходимо тщательно перемешать и налить по 100 см<sup>3</sup> смеси в три мерных цилиндра соответственно;
  - 2) поместить цилиндры на гладкую горизонтальную поверхность и дать отстояться, через 30 мин зафиксировать объем, занимаемый осаждаемой иловой смесью – V.
  - 3) из фильтровальной бумаги изготовить три фильтра на каждую пробу;
  - 4) до начала работы на весах измерить массу каждого фильтра –  $q_{1-i}$ ;
  - 5) подготовить три колбы, в каждой из которой отфильтровать иловую смесь, отобранную из аэротенков соответственно;
  - 6) поместить фильтры с осадком в сушильный шкаф;
  - 7) включить сушильный шкаф и довести температуру до 105 °С;
  - 8) через 30 мин отключить шкаф и произвести первое взвешивание фильтра с осадком;
  - 9) взвешивание фильтров следует производить каждые 30 мин сушки (после остывания) до установления постоянного веса –  $q_{2-i}$ .
  - 10) определить массу сухого вещества активного ила.
- Результаты вычислений представлены в табл. 1, 2 соответственно [4].

Таблица 1

Определение дозы активного ила по объему

Дата проведения опыта	Оседание активного ила после 30 мин отстаивания, см <sup>3</sup>		
	1-й аэротенк	2-й аэротенк	3-й аэротенк
27.03.2017 г.	80	46	61
30.03.2017 г.	71	53	39
02.04.2017 г.	58	73	46
03.04.2017 г.	70	72	69
06.04.2017 г.	69	60	42

Таблица 2

Определение дозы активного ила по массе

Дата проведения опыта	1-й аэротенк			2-й аэротенк			3-й аэротенк		
	$q_{1-i}$	$q_{2-i}$	$q$	$q_{1-i}$	$q_{2-i}$	$q$	$q_{1-i}$	$q_{2-i}$	$q$
27.03.2017 г.	2,18	2,80	0,62	1,84	1,93	0,09	1,78	2,18	0,40
30.03.2017 г.	2,14	2,56	0,42	1,90	2,03	0,13	2,17	2,45	0,28
01.04.2017 г.	2,51	2,88	0,37	2,29	2,77	0,48	2,05	2,49	0,44
03.04.2017 г.	2,22	2,59	0,37	2,02	2,12	0,10	2,56	2,82	0,26
06.04.2017 г.	0,97	1,38	0,41	1,11	1,16	0,05	0,96	1,22	0,26

Далее рассчитывается значение илового индекса по формуле, см<sup>3</sup>/г

$$I = \frac{V}{q}$$

Определение илового индекса

Дата проведения опыта	Иловый индекс, см <sup>3</sup> /г		
	1-й аэротенк	2-й аэротенк	3-й аэротенк
27.03.2017 г.	129,03	511,11	152,50
30.03.2017 г.	169,05	407,69	139,29
01.04.2017 г.	156,76	152,08	104,55
03.04.2017 г.	189,19	720,00	265,38
06.04.2017 г.	168,29	1200,00	161,54

Для эффективного процесса очистки воды в среде должна быть достаточная концентрация всех основных элементов питания. На значение илового индекса большое влияние оказывает соотношение биохимического потребления кислорода, азота и фосфора (БПК:N:P).

Известно, что на 100 мг/л БПК<sub>20</sub> должно приходиться 5 мг/л азота и 1 мг/л фосфора. Для удовлетворительной работы ила значение илового индекса определяется в пределе от 80 до 120 см<sup>3</sup>/г. При иловом индексе менее 60 см<sup>3</sup>/г наблюдается старение ила и усиление минерализации, а при значении более 150 см<sup>3</sup>/г происходит его вспухание. Такие выходы являются формальными ввиду того, что каждые канализационные очистные сооружения имеют свои особенности и свои нормы по иловому индексу.

По имеющимся данным, на правобережных КОС приходящие сточные воды содержат высокую концентрацию азота и фосфора. Но в то же время содержание в них БПК мало, поэтому значение илового индекса значительно превышает значения, указанные в различной литературе.

В результате проведения опытов, а также изучения данных по правобережным КОС было установлено, что ил из 1-го и 3-го аэротенков является нормально работающим, на что указывает показатель илового индекса, находящегося в диапазоне: 129,03–189,19 см<sup>3</sup>/г – для первой пробы, 104,55– 265,38 см<sup>3</sup>/г – для третьей пробы активного ила. Индекс ила, взятого из 2-го аэротенка, оказался выше нормы, он определен в пределах от 152,08 до 1200 см<sup>3</sup>/г (см. табл. 3).

**Поверхностно-активные вещества** являются широко распространенным компонентом как бытовых, так и промышленных сточных вод. Их наличие в сточных водах может негативно влиять на процессы биологической очистки. В связи с этим возникает необходимость исследования воздействия ПАВ на активный ил [5].

Моделирование загрязнения сточных вод ПАВ в 3-м аэротенке показало, что по мере возрастания концентрации ДСН и чистящего средства «Доместос» в иловой смеси (0,1; 0,5 и 1,0 мл/л (г/л)) активность исследуемого активного ила значительно понижается.

Так, при загрязнении смеси ила ДСН в концентрации 0,1 г/л активность активного ила уменьшилась на 33,05 %, при 0,5 г/л – на 54,24 %, а при 1 г/л – на 95,76 % (рис. 1).

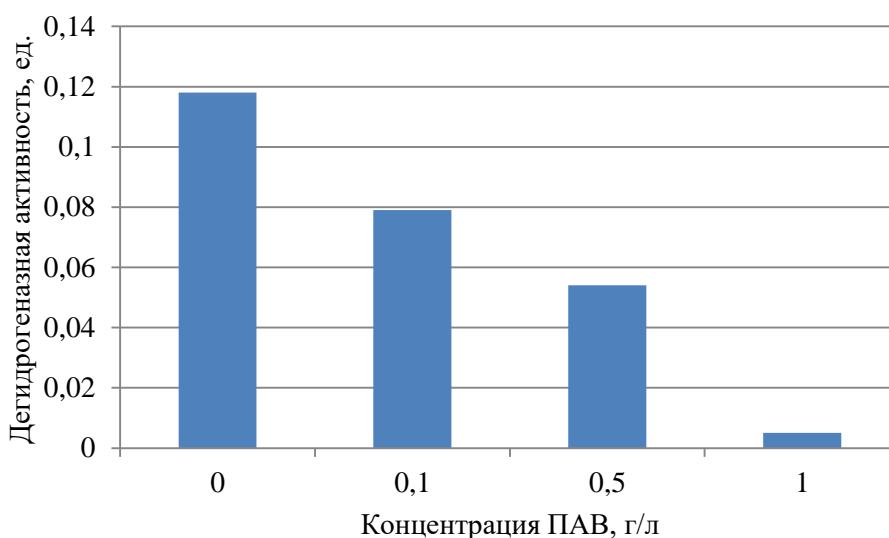
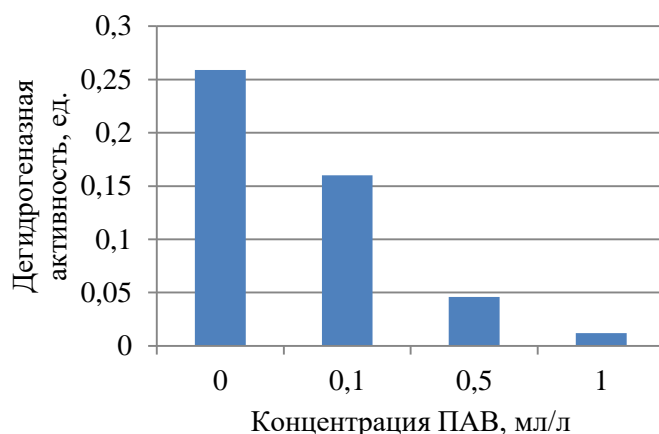


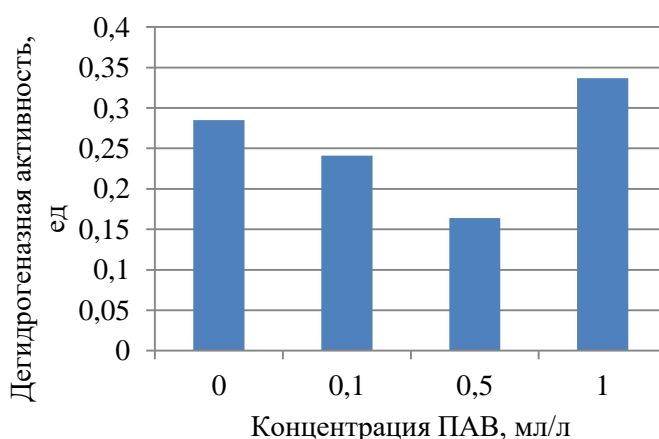
Рис. 1. Изменение активности ила при воздействии ДСН

При загрязнении смеси чистящим средством «Доместос» в концентрации 0,1 г/л активность ила снизилась на 38,22 %, при 0,5 г/л – на 82,24 %, а при 1 г/л – на 95,37 % (рис. 2).



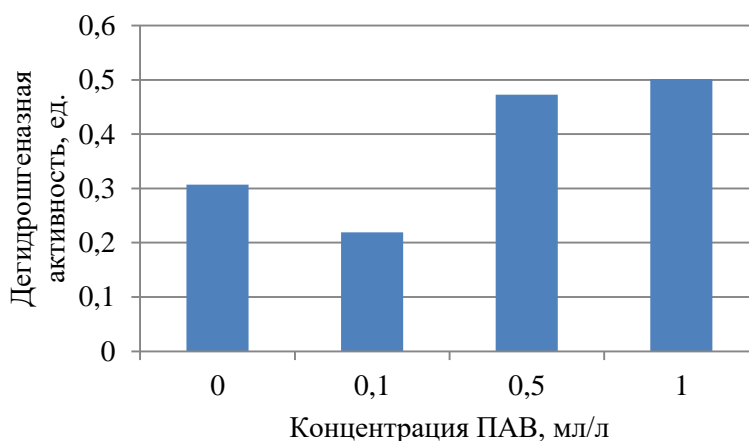
**Рис. 2. Изменение активности ила при воздействии чистящего средства «Доместос»**

При добавлении в иловую смесь средства для мытья посуды «Миф» в концентрации 0,1 мл/л активность ила снизилась на 15,44%, при 0,5 мл/л – на 42,46%. При загрязнении тем же средством в концентрации 1,0 мл/л активность ила возросла на 18,25 % (рис. 3).



**Рис. 3. Изменение активности ила при воздействии средства для мытья посуды «Миф»**

При загрязнении смеси с использованием крем-мыла «Весна» в концентрации 0,1 мл/л наблюдалось уменьшение активности ила на 28,66%; при добавлении 0,5 мл/л произошло увеличение активности ила на 54,07%, а при 1,0 мл/л – на 63,52% (рис. 4).



**Рис. 4. Изменение активности ила при воздействии крем-мыла «Весна»**

Причиной возрастания активности иловой смеси при определенных концентрациях загрязнения ила средством для мытья посуды «Миф» и крем-мылом «Весна» могут служить входящие в состав данных средств компоненты, которые являются субстратом для ила.

Значения дегидрогеназной активности иловой смеси, определенные из проб, взятых в 3-м аэротенке, представлены в табл. 4.

Таблица 4

**Дегидрогеназная активность ила, загрязненного ПАВ**

ПАВ	Дегидрогеназная активность ила			
	Исходный образец (без ПАВ)	Загрязненного ПАВ в количестве, мл/л (г/л)		
		0,1	0,5	1,0
Лаурил сульфат натрия	0,118	0,079	0,054	0,005
Чистящее средство «Доместос»	0,259	0,160	0,046	0,012
Средство для мытья посуды «Миф»	0,285	0,241	0,164	0,337
Крем-мыло «Весна»	0,307	0,219	0,473	0,502

Из полученных результатов можно сделать вывод, что при добавлении в иловую смесь таких веществ, как чистящее средство «Доместос», средство для мытья посуды «Миф», крем-мыло «Весна» и додецилсульфата натрия ( $\text{ДСН} - \text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4\text{Na}$ ) в различных концентрациях активность микроорганизмов значительно уменьшилась.

**Библиографический список**

1. Лапицкая М.П., Зуева Л.И., Балаескул Н.М., Кулешова Л.В. Очистка сточных вод (примеры расчетов): учеб. пособие для вузов по специальности «Водоснабжение и канализация». Минск: Высшая школа, 2007. 255 с.
2. Лукиных А.А., Лукиных Н.А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н. Павловского: справочное пособие. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 2005. 151 с.
3. Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы / пер. с англ. М.: Мир, 2004. 471 с.
4. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружения с аэротенками. М.: АКВАРОС, 2003. 512 с.
5. Технический справочник по обработке воды. Т. 1. СПб.: Новый журнал, 2007. 744 с.