



EcoSmart
ООО «ЭкоСмарт»



Программное обеспечение для моделирования процессов биологической очистки сточных вод в аэротенках (Потенциал)

Исследование выполнено в рамках Договора № 4951ГС1/85526 между ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» и ООО «ЭкоСмарт»

Докладчик: д.т.н., проф. Степанов С.В.

Соавторы: Харькина О.В., Авдеенков П.П.,
Лазунин М.В.

Гомель 2024

ПРОБЛЕМА

Руководители крупных водоканалов и промышленных предприятий, в т.ч. НПЗ, НХК и др., эксплуатирующих очистные сооружения, сталкиваются со следующими проблемами:

- Опасность недостижения целей государственных программ при реконструкции КОС по НДТ ($\approx 500-4200$ млн.Р);
- Высокие платежи и штрафы за негативное воздействие на окружающую среду ($\approx 3-30$ млн.Р/год);
- Он-лайн фиксация качества очищенных сточных вод и передача данных в Росприроднадзор;
- Высокая себестоимость очистки сточных вод (тариф $19-40$ Р/м³, для г. Самары ≈ 4 млрд. Р/год).



Руководителям необходимы верные технологические решения, принимаемые персоналом в условиях непрерывно меняющегося состава исходных сточных вод, в т.ч. при внештатных ситуациях.

?!
↔

Это часто оказывается невозможным из-за недостаточной квалификации технологов в области новых технологий.

Решение: ПО «Потенциал»

Помощник

технолога:

цифровая

альтернатива



АРМ диспетчера

Программное обеспечение с новой математической моделью, основанной на методике ВОДГЕО/СамГТУ и ASM2d



Сравнение требуемого и расчетного качества очищенных сточных вод



Рекомендации технологу для принятия наиболее эффективных технологических решений

Soft устанавливается на компьютер заказчика, получает информацию от существующих баз данных. **Дополнительное оборудование устанавливать не требуется.**

Математическая модель (ВОДГЕО/СамГТУ и ASM2d)

На примере нитрификации:

ASM2d:

Расчет через возраст активного ила для достижения требуемого качества очищенной сточной воды по азоту аммонийному и азоту нитритов

Определение необходимых технологических и конструктивных параметров аэротенков

$$\theta_{A1} = \frac{1}{\frac{\mu_{max,A1} \cdot N_{NH_4.ВЫХ}}{N_{NH_4.ВЫХ} + K_{S,A1}} \cdot \frac{C_o}{C_o + K_{S,O_2A1}} \cdot \frac{\Pi_H}{\Pi_H + K_{S,Alk}} - b_{A1}}$$

$$\theta_{A2} = \frac{1}{\frac{\mu_{max,A2} \cdot N_{NO_2.ВЫХ}}{N_{NO_2.ВЫХ} + K_{S,A2}} \cdot \frac{C_o}{C_o + K_{S,O_2A2}} - b_{A2}}$$

$$W_{aэр,\theta} = \frac{\theta_{aэр} \cdot a_i \cdot Q_{и}}{a_i}$$

ВОДГЕО/СамГТУ:

Расчет через удельную скорость нитрификации

Определение необходимых технологических и конструктивных параметров аэротенков

$$\rho_{нитр} = \rho_{max,нитр} \cdot \frac{N_{NH_4.ВЫХ}}{N_{NH_4.ВЫХ} + K_{m,нитр}} \cdot \frac{e^{\chi_{нитр}(t-20)}}{1 + \varphi a_i} \cdot \frac{C_o}{C_o + K_{S,O_2A1}}$$

$$T_{нитр} = \frac{N_{TKN,ВХ} - N_{NH_4.ВЫХ} - N_{пр}}{\rho_{нитр} \cdot a_i \cdot (1 - s)}$$

$$W_{aэр,\rho} = \frac{Q_{сут} \cdot T_{aэр(нитр)}}{24}$$

Потенциал:

Расчет через удельную скорость нитрификации и через возраст активного ила. Определение как технологических параметров, так и качество воды.

$$W_{aэр} = \max(W_{aэр,\rho}; W_{aэр,\theta})$$

Пример работы (интерфейс)

Главное окно

Вода, поступающая в аэротэнк

40000.0	Q - расход сточных вод суточный, м3/сут
1667.0	Qч - расход сточных вод часовой, м3/ч
20.0	T - температура, °C
130.0	Lвх - БПК5, мг/л
163.0	XПКвх - ХПК, мг/л
29.0	Cвх - взвешенные вещества, мг/л
6.2	Щвх - щелочность, ммоль/л HCO3

11

Технологические параметры

2.0	CO - КРК в аэробных зонах (усредненная по аэротенкам в значимой точке), O2, мг/л
0.2	COанокс - КРК в аноксидных зонах (усредненная по аэротенкам в значимой точке), ч
2.5	aI - концентрация активного ила в аэротенках, г/л
2040.0	Qанаэр - расход анаэробного рецикла общий на все аэротенки, м3/ч
4.0	aII - концентрация избыточного и возвратного АИ, г/л
2800.0	Qнитр - расход нитратного рецикла общий на все аэротенки, м3/ч
2200.0	QB - расход возвратного АИ общий на все аэротенки, м3/ч

11

Конструктивные параметры сооружения

3500.0	Wанаэр - объем анаэробной зоны, м3
7300.0	Wанокс - объем аноксидной зоны, м3
8200.0	Wаэр - объем аэробной зоны, м3
3.0	b - b-фактор для реагентного удаления фосфора
2290.0	Ftot - суммарная площадь поверхности вторичных отстойников, м2
4.29	Hset - глубина зоны отстаивания во вторичном отстойнике, м
0.4	Kss - коэффициент использования объема вторичного отстойника

7

Кинетические константы

1.18	TKN/N-NH4
1.0	Pобщ/P-PO4
0.05	KHAc/БПК - доля ацетата в ХПК
2.0	KXПК/БПК5
1500.0	k, HAc - константа потребления ацетата в анаэробной зоне, г ХПК/(м3×сут)
3.0	KS, HAc - константа насыщения по ацетату, мг/л
0.03	cHAc - температурная константа потребления ацетата, 1/°C

54

Выходные параметры

2.1	Танаэр - продолжительность пребывания в анаэробной зоне, ч
4.38	Танокс - продолжительность пребывания в аноксидной зоне, ч
4.92	Таэр - продолжительность пребывания в аэробной зоне, ч
11.4	Тобщ - суммарная продолжительность пребывания в аэротенке, ч
1.68	Rнитр - кратность нитратного рецикла, доли Q
1.22	Rанаэр - кратность анаэробного рецикла м3/ч
9.49	θаэр - аэробный возраст АИ, сут
18.57	θA1 - расчетное значение аэробного возраста АИ для достижения требуемой концентрации N-NH4, сут
10.2	θA2 - Расчетное значение аэробного возраста АИ для достижения требуемой концентрации N-NO2, сут
3.03	ЩН - щелочность после нитрификации, мг-экв/л
168.42	Нагрузка по БПК5 на беззольное вещество qI, г БПК/(г×сут)
2.28	Нам,вых - азот аммонийный, мг/л
0.11	NNO2,вых - азот нитритов, мг/л
6.69	NNO3,вых - азот нитратов, мг/л
10.34	Lвых - БПК5, мг/л
4	aт - взвешенные вещества, мг/л
1.5	PPO4,вых - фосфор фосфатов, мг/л

21

Требования к очищенной воде

1	Нам,вых - азот аммонийный, мг/л
0.1	NNO2,вых - азот нитритов, мг/л
9	NNO3,вых - азот нитратов, мг/л
8	Lвых - БПК5, мг/л
10	aт - взвешенные вещества, мг/л
0.7	PPO4,вых - фосфор фосфатов, мг/л

6

Расчитать

График

Получить рекомендацию

Показать журнал

Пример работы (рекомендации)

Главное окно

Вода, поступающая в аэротэнк

40000.0	Q - расход сточных вод суточный, м3/сут
1667.0	Qч - расход сточных вод часовой, м3/ч
20.0	T - температура, °C
130.0	Lвх - БПК5, мг/л
163.0	XПКвх - ХПК, мг/л
29.0	Cвх - взвешенные вещества, мг/л
6.2	Швх - щелочность, ммоль/л HCO3

Технологические параметры

3.0	CO - КРК в аэробных зонах (усредненная по аэротенкам в значимой точке), O2, мг/л
0.2	COанокс - КРК в анаэробных зонах (усредненная по аэротенкам в значимой точке), O2, мг/л
3.7	ai - концентрация активного ила в аэротенках, г/л
2040.0	Qанаэр - расход анаэробного рецикла общий на все аэротенки, м3/ч
4.0	aИ - концентрация избыточного и возвратного АИ, г/л
2800.0	Qнитр - расход нитратного рецикла общий на все аэротенки, м3/ч
2200.0	ОВ - расход возвратного АИ общий на все аэротенки, м3/ч

Конструктивные параметры сооружения

3500.0	Масса биомассы анаэробной зоны, кг
7300.0	Масса биомассы аэробной зоны, кг
8200.0	Масса биомассы в аэротенках, кг
3.0	Масса биомассы в отстойнике, кг
2290.0	Масса биомассы в осадочном池中, кг
4.29	Масса биомассы в осадочном池中, кг
0.4	Масса биомассы в осадочном池中, кг
1.18	Масса биомассы в осадочном池中, кг
1.0	Масса биомассы в осадочном池中, кг
0.05	Масса биомассы в осадочном池中, кг
2.0	Масса биомассы в осадочном池中, кг
1500.0	Масса биомассы в осадочном池中, кг
3.0	Масса биомассы в осадочном池中, кг
0.03	Масса биомассы в осадочном池中, кг

Выходные параметры

2.1	Танаэр - продолжительность пребывания в анаэробной зоне, ч
4.38	Танокс - продолжительность пребывания в анаэробной зоне, ч
4.92	Таэр - продолжительность пребывания в аэробной зоне, ч
11.4	Тобщ - суммарная продолжительность пребывания в аэротенке, ч
1.68	Rнитр - кратность нитратного рецикла, доли Q
1.22	Rанаэр - кратность анаэробного рецикла м3/ч
14.05	θаэр - аэробный возраст АИ, сут
13.71	θА1 - расчетное значение аэробного возраста АИ для достижения требуемой концентрации N-NH4, сут
8.86	θА2 - Расчетное значение аэробного возраста АИ для достижения требуемой концентрации N-NO2, сут
2.91	ЩН - щелочность после нитрификации, мг-экв/л
113.8	Нагрузка по БПК5 на беззольное вещество qI, г БПК/(г×сут)
0.99	Нам,вых - азот аммонийный, мг/л
0.07	NNO2,вых - азот нитритов, мг/л
6.96	NNO3,вых - азот нитратов, мг/л
5.84	Lвых - БПК5, мг/л
4	at - взвешенные вещества, мг/л
0.69	PPO4,вых - фосфор фосфатов, мг/л

Требования к очищенной воде

1	Нам,вых - азот аммонийный, мг/л
0.1	NNO2,вых - азот нитритов, мг/л
9	NNO3,вых - азот нитратов, мг/л
8	Lвых - БПК5, мг/л
10	at - взвешенные вещества, мг/л
0.7	PPO4,вых - фосфор фосфатов, мг/л

Предупреждение

Для параметра n_po2_out: Рекомендовано увеличить КРК до 2.1 мг/л

Для параметра n_ammonium_out: Рекомендовано увеличить КРК до 3.0 мг/л
Рекомендовано увеличить дозу активного ила (ai) до 3.6 г/л

Для параметра I_out:
Рекомендовано увеличить дозу активного ила (ai) до 3.7 г/л

Для параметра p_po4_out: Рекомендовано увеличить дозу реагента по металлу до 2.1 мг/л

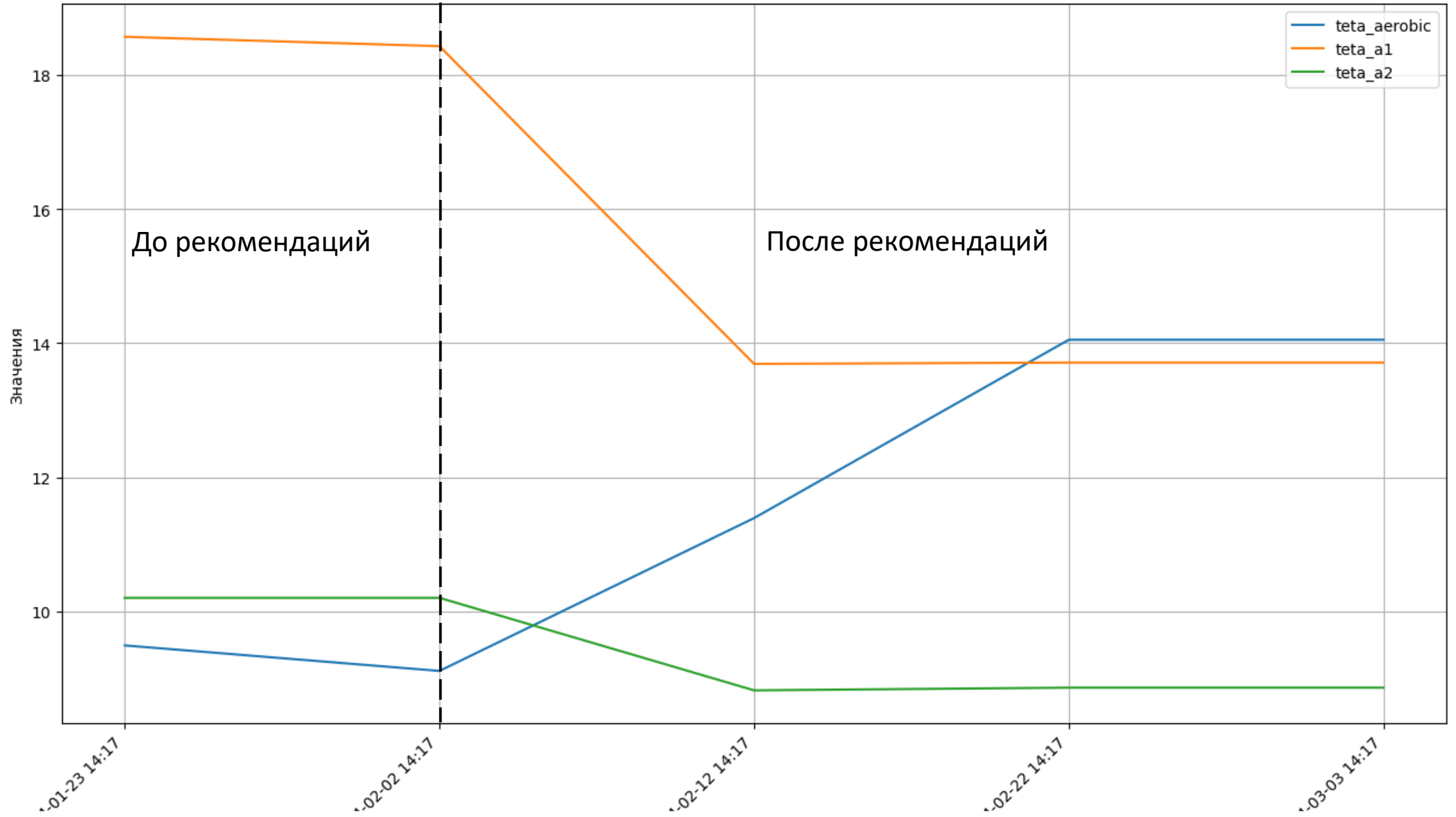
Расчитать

График

Получить рекомендацию

Показать журнал

Пример работы (график)



ПОТЕНЦИАЛ ПОЗВОЛЯЕТ

При проектировании

- выполнить автоматизировано поверочные расчеты.

При эксплуатации

- выполнить автоматизировано расчет существующих аэротенков;
- определить максимально возможную эффективность очистки в существующих аэротенках;
- получить качественные и количественные рекомендации по изменению технологических параметров работы сооружений с целью получения требуемого качества очищенных сточных вод;
- снизить эксплуатационные затраты за счет уменьшения платы за загрязнение окружающей среды;
- снизить эксплуатационные затраты за счет отключения (периодического или постоянного) части оборудования (избыточная концентрация растворенного кислорода, избыточный вывод активного ила и т.д.).

Конкурентный анализ

Параметр	Потенциал	GPS-X	BioWin
Необходимость создания схемы сооружений	Нет (входит в ПО)	Да	Да
Верификация модели для конкретных КОС	Входит в цену	Выполняется пользователем	
Моделирование процессов	Да	Да	Да
Выдача рекомендаций	Да	Нет	Нет
Язык интерфейса	Русский	Русский/англ.	Английский
Использование	Простое	Сложное	Сложное
Длительность обучения до 100% освоения	1-3 дня	6-12 мес.	6-12 мес.
Требуемая квалификация технолога	Базовая	Эксперт	Эксперт
Страна	Россия	Канада	Канада
Цена, тыс. руб.	300 - 1000	322-911 в год/ (3500-9900 \$/год)	184-920 в год/ (2000\$/год-10000\$)

Выводы

1. Разработано программное обеспечение для моделирования процессов биологической очистки сточных вод в аэротенках, в основе которого лежит новая математическая модель, основанная на теоретических методиках ВОДГЕО/СамГТУ и ASM2d.
2. Программное обеспечение позволяет в статическом и динамическом режиме вести расчет очистных сооружений по ХПК, БПК₅, взвешенным веществам, соединениям азота и фосфора. Далее происходит сравнение требуемого и расчетного качества очищенных сточных вод и при превышении последнего, выдача рекомендаций по изменению технологических параметров работы очистных сооружений (концентрации растворенного кислорода, расхода нитратного рецикла, расхода избыточного и возвратного активного ила). Данные рекомендации позволяют скорректировать работу аэротенков таким образом, чтобы в существующих объемах аэротенков добиться максимально возможной эффективности очистки.
3. Программное обеспечение за счет оптимизации технологических параметров очистных сооружений позволяет уменьшить плату за загрязнение окружающей среды и эксплуатационные затраты.

Спасибо за внимание!

Степанов Сергей Валериевич

stepanovsv3@yandex.ru

+7-927-692-36-54