

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА МИКРООРГАНИЗМЫ В ПРОЦЕССЕ ВОДООЧИСТКИ

Маннобжонов Бобурбек

Докторант Андижанского машиностроительного института

Аннотация: В данной статье рассмотрен один из методов биологической очистки в процессах водоочистки – очистка микроорганизмами. В данной статье рассматриваются факторы, присутствующие в воде, и их математические модели, влияющие на рост микроорганизмов, их стабильное состояние и гибель. Влияние температуры, уровня pH, кислорода, расхода воды, субстратов и ингибиторов на эти факторы рассмотрено математически, построены графики и проиллюстрированы примерами.

Ключевые слова: микроорганизмы, рост, гибель и стационарное состояние микроорганизмов, температура, pH, кислород, скорость потока воды, метаболизм, оптимальная температура, растворенный кислород, субстраты, ингибиторы. Азот, фосфор, тяжелые вредные металлы.

MAIN FACTORS AFFECTING MICROORGANISMS IN THE WATER PURIFICATION PROCESS

Mannobjonov Boburbek

Doctoral student of Andijan Machine-Building Institute

Abstract: This article discusses one of the biological treatment methods in water purification processes – treatment with microorganisms. This article examines the factors present in water and their mathematical models that affect the growth of microorganisms, their stable state and death. The influence of temperature, pH, oxygen, water flow, substrates and inhibitors on these factors is considered mathematically, graphs are constructed and examples are provided.

Keywords: microorganisms, growth, death and steady state of microorganisms, temperature, pH, oxygen, water flow rate, metabolism, optimal temperature, dissolved oxygen, substrates, inhibitors. Nitrogen, phosphorus, heavy harmful metals.

Введение

Сегодня в результате высокого уровня развития производства и промышленности и других факторов большая часть водных ресурсов на Земле подвергается загрязнению. Несмотря на то, что наша планета на 70% покрыта водой, не вся она пригодна для потребления человеком. Быстрая индустриализация, потребление воды из дефицитных водных ресурсов и многие другие факторы играют важную роль в загрязнении воды. Ежегодно в мире образуется 400 миллиардов тонн отходов. Существует несколько методов очистки этих вод, один из которых – биологическая очистка. В процессе биологической

очистки обычно используют несколько видов микроорганизмов. Многие факторы в воде влияют на активность микроорганизмов. Это может быть как полезно, так и вредно. Например, температура при ее оптимальном значении создает наиболее благоприятные условия для роста микроорганизмов, а чрезмерное тепло является основной причиной их гибели. Остальные факторы имеют тот же эффект. Математические модели поиска оптимальных значений этих факторов рассмотрены в следующей статье.

Метод

Влияние температуры

Температура воды является основным фактором, влияющим на кинетику роста микроорганизмов. Каждый микроорганизм имеет минимальную и максимальную температуру роста. Микроорганизмы не развиваются выше или ниже этого интервала. При низкой температуре оболочка организма затвердевает и питательные вещества не достигают клетки. При высокой температуре белки и ферменты перестают расти, и поэтому бактерии не растут.

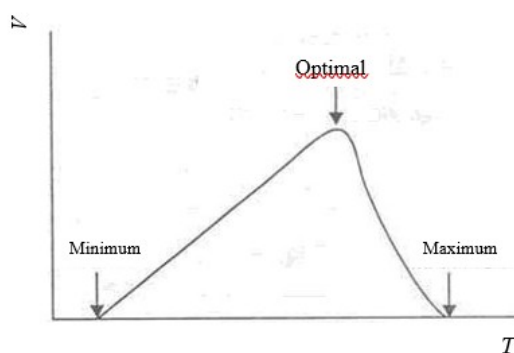


Рисунок 1. Зависимость скорости роста от температуры

В процессе очистки воды одновременно происходит популяция нескольких видов организмов. При изменении температуры воды рост одной группы микроорганизмов замедляется, а иногда и погибает, тогда как рост других групп ускоряется и становится доминирующим. Такое разнообразие популяции микроорганизмов сохраняется до 35-37 ОК. При более высокой температуре, как показано на графике ниже, способность к росту снижается и оптимальные условия в биологической системе исчезают..

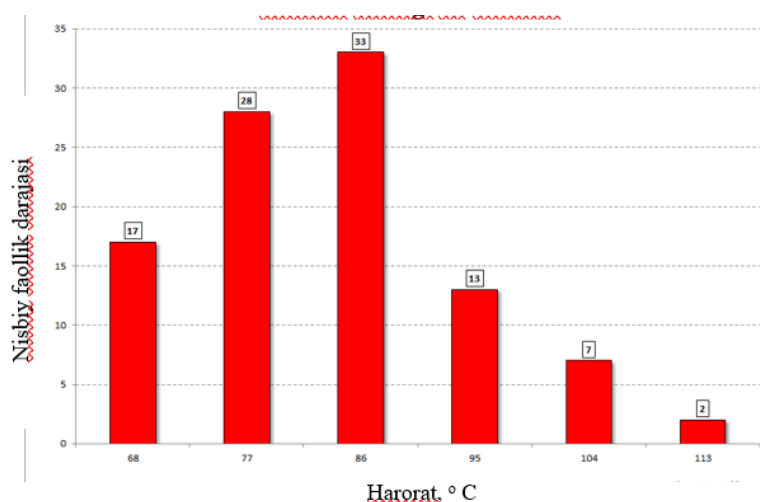


Рисунок 2. Зависимость активности микроорганизмов от температуры

Температура сильно влияет на время появления организма, а также на его латентный период. Скорость роста организма в данном диапазоне температур классически определяется как соотношение Аррениуса. Тот факт, что константа скорости роста микроорганизмов пропорциональна обратной величине абсолютной температуры, можно выразить следующим уравнением:

$$G = -\mu / 2.303 RT \quad (1)$$

Здесь G — логарифмическая константа скорости роста, m — температурная характеристика (постоянная для конкретного микроба), R — газовая постоянная, T — температура (°К).

Приведенное выше уравнение относится к линейной части Аррениуса. Однако при приближении температуры к максимуму для конкретного микроорганизма скорость роста снижается быстрее, чем при приближении температуры к минимуму для того же микроорганизма. Уравнение, которое более точно предсказывает скорость роста микроорганизмов при низких температурах, выглядит следующим образом:

$$\mu = b (T - T_0) \quad (2)$$

μ - скорость роста, b - наклон линии регрессии, T - температура (° К), концептуальная температура отсутствия метаболической значимости

Уравнение Аррениуса обычно используется для описания температурной зависимости скоростей реакций, которое можно адаптировать для моделирования скорости роста микроорганизмов, и его общая форма выглядит следующим образом:

$$\mu(T) = \mu_{max} \cdot \exp\left(\frac{-E_a}{R \cdot (T+273.15)}\right) \quad (3)$$

$\mu(T)$ - скорость роста при температуре T , μ_{max} - Максимальная скорость роста (при оптимальных условиях), E_a - Энергия активации (постоянная), R -

Универсальная газовая постоянная (8,314 Дж/моль·К), T - Температура в Цельсиях.

Влияние pH

Для системы биологической очистки pH является важным фактором окружающей среды, который может влиять на активность микроорганизмов. В целом оптимальный уровень pH для аэробных процессов находится в районе нейтрального значения (7–7,8), а для анаэробных процессов – в пределах 6,8–7,2. Это звено системы биологической очистки, которым сложно управлять из-за его нелинейности и большой временной задержки.

pH влияет на ионные свойства бактериальной клетки, поэтому влияет на рост бактерий. Большинство бактерий растут при нейтральном pH (6,5-7,5). Однако есть некоторые бактерии, которые лучше всего растут при кислом или щелочном pH..

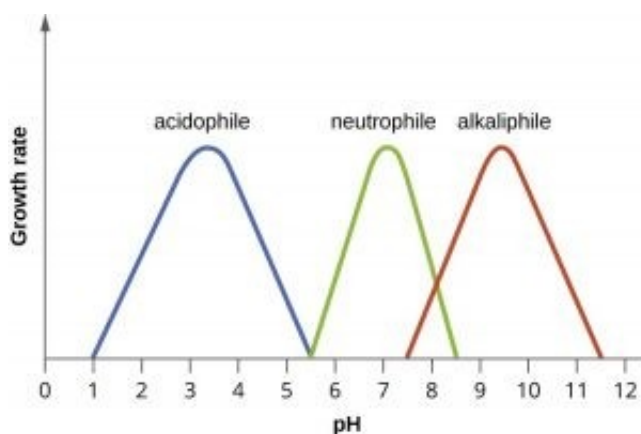


Рисунок 3. Виды микроорганизмов, которые процветают при разных значениях pH

pH относится к отрицательному логарифму концентрации ионов водорода. На рост микробов сильно влияет уровень pH окружающей среды. Резкие изменения pH цитоплазмы нарушают плазматическую мембрану или подавляют активность ферментов и мембранных транспортных белков.

Базовая модель роста Бараньи и Робертса (1994) часто используется в прогностической микробиологии. Эта модель используется здесь в качестве эталона для сравнения с другими моделями. Уравнения записаны с использованием натурального логарифма плотности клеток n и натурального логарифма физиологического состояния q :

$$\frac{dn(t)}{dt} = \mu_{max}(pH) \left(\frac{1}{\exp(-q(t)+1)} \right) (1 - \exp(n(t) - n_{max})) \quad (4)$$

здесь $n(t=0) = n_0$

$$\frac{dq(t)}{dt} = \mu_{max}(pH) \quad (5)$$

здесь $q(t=0) = q_0$

здесь μ_{max} – максимальная удельная скорость роста при данном значении рН, p_{max} – максимальная плотность клеток. Гамма-фактор, представляющий эффект стационарной фазы, основан на факторе продукта Р-модели, разработанной Ван Импе и др. (2005):

$$\frac{dN(t)}{dt} = \mu_{max}(pH) \cdot \left(\frac{Q(t)}{Q(t)+1} \right) \cdot \left(1 - \frac{P(t)}{K_p} \right) \cdot N(t) \quad (6)$$

$$N(t=0) = N_0$$

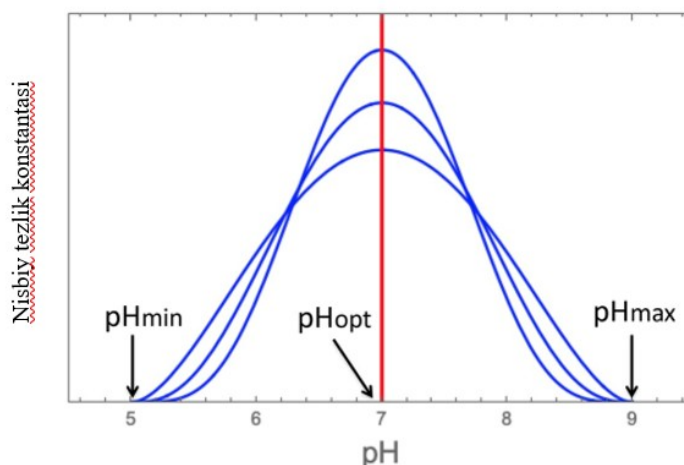
$$\frac{dQ(t)}{dt} = \mu_{max}(pH) Q(t) \quad (7)$$

$$Q(t=0) = Q_0$$

$$\frac{dN(t)}{dt} = Y_{\frac{P}{N}} \cdot \mu_{max} \left(\frac{Q(t)}{Q(t)+1} \right) \cdot \left(1 - \frac{P(t)}{K_p} \right) \cdot N(t) \quad (8)$$

$$P(t=0) = P_0$$

Здесь N – плотность клетки, $Q(t)$ – безразмерное физиологическое состояние клетки, $P(t)$ – концентрация продуктов метаболизма, ингибирующих рост, K_P – максимальная концентрация продуктов метаболизма, ингибирующих рост, $Y_{P/N}$ – выход продуктов метаболизма, способствующих росту.



РисунСок 4. Влияние на рост микроорганизмов

Влияние растворенного кислорода на рост микроорганизмов

При биологической очистке сточных вод влияние кислорода на рост микроорганизмов является решающим фактором, существенно влияющим на эффективность процесса очистки.

Кислород необходим для аэробных биологических процессов при очистке сточных вод. Микроорганизмы, в первую очередь бактерии, используют кислород для расщепления органических веществ в сточных водах. Присутствие

растворенного кислорода (РК) в системе очистки определяет рост и активность этих аэробных микроорганизмов.

Достаточное обеспечение DO имеет решающее значение в аэробных системах очистки сточных вод, таких как процессы с активным илом. Кислород поддерживает метаболическую активность аэробных бактерий, которые преобразуют органические загрязнители в углекислый газ, воду и биомассу. Оптимальные уровни растворенного кислорода способствуют росту полезных бактерий, которые эффективно расщепляют органические вещества.

Концентрацию DO в системе очистки следует тщательно контролировать. Низкий уровень растворенного кислорода может вызвать полное разложение органического вещества, а избыток растворенного кислорода может вызвать чрезмерную оксигенацию, что может нанести вред некоторым микробным сообществам и увеличить эксплуатационные расходы.

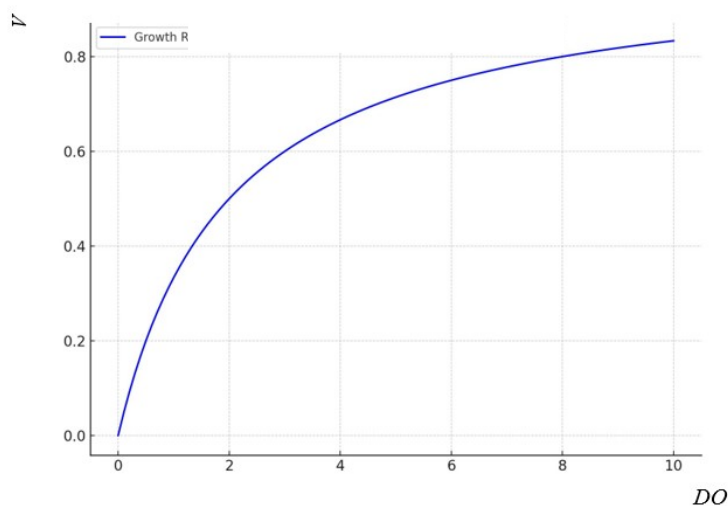


Рисунок 5. Связь между скоростью роста микробов и концентрацией растворенного кислорода

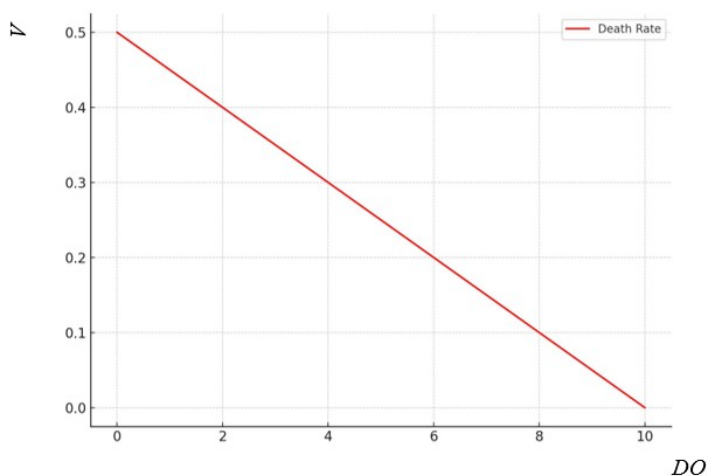


Рисунок 6. График связи растворенного кислорода с ростом и гибелью микроорганизмов

Аналогичным образом, уровень растворенного кислорода является важным фактором, влияющим на эффективность биологической очистки сточных вод. Это влияет на такие параметры, как скорость роста микробов и активность некоторых микроорганизмов. Следовательно, поддержание оптимального баланса растворенного кислорода важно не только для эффективного разложения органических веществ и предотвращения запаха, но также для оптимизации удаления питательных веществ и других ключевых биологических функций системы.

Субстраты и ингибиторы, влияющие на рост микроорганизмов

В сточных водах микроорганизмы в основном потребляют органические вещества и питательные вещества в качестве источников питания. Их основными компонентами являются:

Органические вещества (источник углерода). Микроорганизмы в системах очистки сточных вод питаются в основном органическими соединениями, такими как углеводы, белки, жиры и масла. Эти органические вещества распадаются на более простые соединения, которые микроорганизмы используют для получения энергии и роста..

$$\mu = \mu_{\max} \cdot \frac{S}{K_s + S} \quad (9)$$

Здесь μ – удельная скорость роста микроорганизма (в единицу времени, например, в часах), μ_{\max} – максимальная скорость роста (в единицу времени), S – концентрация источника углерода (мг/л), K_s — это половинная концентрация источника углерода, при которой абсорбция постоянна, а скорость роста равна половине μ_{\max} (мг/л).

Результаты

Модифицированная интерпретация уравнения Моно

Если концентрация источника углерода намного ниже K_s , скорость роста прямо пропорциональна S .

Уравнение упрощается следующим образом:

$$\mu \approx \mu_{\max} \cdot \frac{S}{K_s} \quad (10)$$

Если концентрация источника углерода намного превышает K_s , скорость роста приближается к максимальному значению μ_{\max} .

Уравнение упрощается следующим образом:

$$\mu \approx \mu_{\max}$$

$S = K_s$ bo'lsa, o'sish sur'ati μ_{\max} ning yarmiga teng:

$$\mu = \frac{\mu_{max}}{2} \quad (11)$$

Азот является важным питательным веществом для микроорганизмов, обычно в форме аммония (NH_4^+), нитрата (NO_3^-) или органических соединений азота. Микроорганизмы используют азот для синтеза белков, нуклеиновых кислот и других клеточных компонентов..

$$\mu = \mu_{max} \cdot \frac{N}{K_n + N} \quad (12)$$

Здесь N – концентрация источника азота (например, аммиака или нитрата, мг/л), K_n – константа полунасыщения азотом, концентрация, при которой скорость роста составляет половину от μ_{max} (мг/л).

Фосфор является еще одним важным питательным веществом и часто встречается в сточных водах в виде фосфата (PO_4^{3-}). Микроорганизмам необходим фосфор для производства нуклеиновых кислот, АТФ (аденозинтрифосфата) и фосфолипидов для клеточных мембран..

$$\mu = \mu_{max} \cdot \frac{P}{K_p + S} \quad (13)$$

Здесь P — концентрация фосфора (мг/л). K_p — константа полунасыщения фосфором, концентрация, при которой половина скорости роста равна μ_{max} (мг/л).

Микроорганизмам требуются следовые количества таких элементов, как железо (Fe), магний (Mg), кальций (Ca) и калий (K) для различных ферментативных процессов и клеточных функций..

$$\mu = \mu_{max} \cdot \frac{TE}{K_{te} + TE} \quad (14)$$

TE – концентрация микроэлемента (мг/л), K_{te} – константа полунасыщения микроэлемента, концентрация, при которой скорость роста равна половине μ_{max} (мг/л).

В общем процессе все эти питательные вещества могут одновременно влиять на рост микроорганизмов. Структура их общей модели следующая.:

$$\mu = \mu_{max} \cdot \frac{S}{K_S + S} \cdot \frac{N}{K_n + N} \cdot \frac{P}{K_p + S} \cdot \frac{TE}{K_{te} + TE} \quad (15)$$

Здесь S относится к источнику углерода, а другие термины относятся к азоту, фосфору и микроэлементам.

Эта интегрированная модель показывает, как каждое питательное вещество действует как ограничивающий фактор, и если какого-либо из этих питательных веществ не хватает, общая скорость роста микроорганизмов снижается.

Эффект ингибиторов

Присутствие этих ингибиторов в сточных водах может привести к снижению микробной активности. Токсичные тяжелые металлы, такие как медь (Cu), свинец (Pb), ртуть (Hg), кадмий (Cd) и цинк (Zn), органические соединения, такие как фенолы, растворители, пестициды и хлорированные углеводороды, аммиак (NH₃) и высокие концентрации нитрита (NO₂⁻), высокая концентрация солей, таких как хлорид натрия (NaCl), температура, pH и высокие значения кислорода оказывают негативное влияние на рост микроорганизмов в процессах очистки воды. Существует несколько математических моделей, описывающих действие ингибиторов. Наиболее широко используемой из них является модифицированная модель Monod. Эта модель обычно используется для неконкурентных ингибиторов.:

$$\mu = \mu_{max} \cdot \frac{S}{K_s + S} \cdot \frac{1}{1 + \frac{I}{K_i}} \quad (16)$$

Здесь I – концентрация ингибитора (мг/л), K_i – константа ингибирования, концентрация ингибитора, при которой скорость роста снижается вдвое (мг/л).

Следующая модель используется для представления роста микроорганизмов под влиянием конкурентных ингибиторов:

$$\mu = \mu_{max} \cdot \frac{S}{K_s \left(1 + \frac{I}{K_i}\right) + S} \quad (17)$$

В этой модели присутствие ингибитора увеличивает кажущуюся константу полунасыщения K_s , а это означает, что для достижения той же скорости роста без ингибитора требуется более высокая концентрация субстрата.

В целом можно использовать следующую модель:

$$\mu = \mu_{max} \cdot \frac{S}{K_s + S} \cdot \frac{1}{\sum \frac{I}{K_{i,j}}} \quad (18)$$

Влияние скорости потока воды на микроорганизмы

Скорость потока на биологических очистных сооружениях оказывает существенное влияние на рост, популяцию и гибель микроорганизмов. Эти факторы влияют на время пребывания и эффективность смешивания, что, в свою очередь, влияет на их общий рост и производительность.

$$\frac{dN(t)}{dt} = k(T, pH, a_w, \dots) N(t) \left(1 - \frac{N(t)}{N_{asymp}}\right) \quad (19)$$

Учитывается указанная выше константа скорости $k(T, pH, a_w, \dots)$ или ее эквивалент в других моделях статического роста. Если другие остаются

постоянными, то можно интуитивно сделать вывод об общем характере ее зависимости от одного фактора. Например, как показано на рисунке 1, ясно, что он достигает максимума при оптимальной температуре и приближается к нулю или даже становится отрицательным при температурах, достаточно далеких от оптимума в любом направлении.

То же самое очевидно из пороговой активности воды, при которой рост микробов не происходит, как схематически показано на рисунке 7, а также концентрации соли и других растворенных веществ, указанных выше, как схематически показано на рисунке 8..

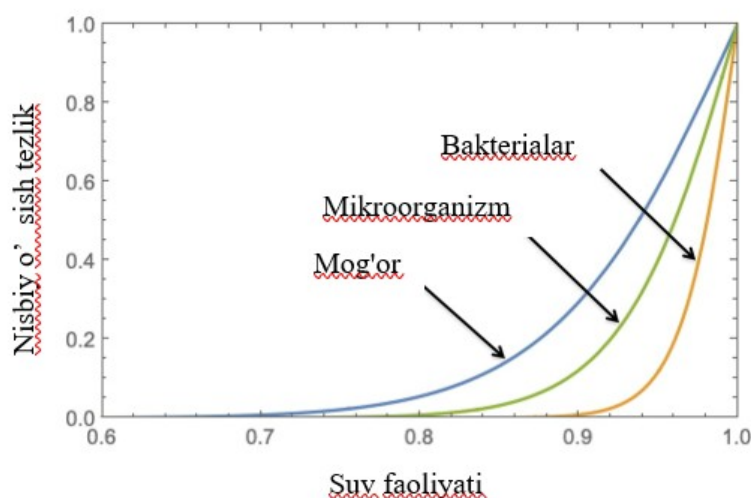


Рисунок 7. Влияние активности воды на рост микроорганизмов

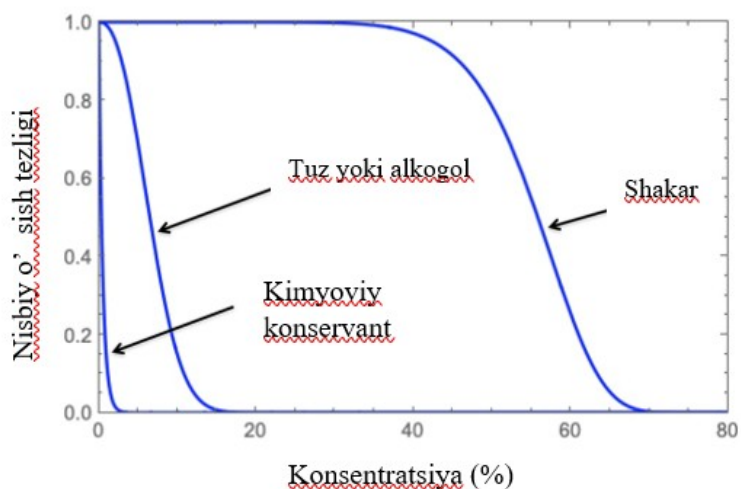


Рисунок 8. Влияние соли и других веществ на рост микроорганизмов

Аналогичным образом, как схематически показано на рисунке 6, считается, что растворенные вещества, такие как сахар, соли или спирт, или химические консерванты, такие как бензоат натрия или сорбат калия, имеют только максимальный уровень толерантности.

Как показано на рисунке 7, активность воды рассматривалась как фактор роста. Поскольку точное значение $a_{w\min}$ нетрудно определить экспериментально, можно рассмотреть возможность замены уравнения 8 гибкой экспоненциальной моделью..

$$\gamma(a_w) = \frac{e}{e-1} (1 - \exp[-a_w^m]) \quad (21)$$

Здесь e — число Эйлера = 2,7182..., и это единственный регулируемый параметр, который заменяет $a_{w\min}$..

$$\gamma(\text{conc}) = \frac{\text{conc}_{\max} - \text{conc}}{\text{conc}_{\max}} \quad (22)$$

здесь $0 \leq \gamma(\text{conc}) \leq 1$ и $\gamma(\text{conc} \geq \text{conc}_{\max}) = 0$

Аналогичная проблема может возникнуть при экспериментальном определении точного значения conc_{\max} независимо от химического вида растворенного вещества. Однако кривые, показанные на рисунке 6, отличаются. Тем не менее, они созданы на основе единой растянуто-экспоненциальной модели.:

$$\gamma(\text{conc}) = \exp\left[-\left(\frac{\text{conc}}{\text{conc}_c}\right)^m\right] \quad (23)$$

где conc_c — характерная концентрация, определяющая точку перегиба кривой, а m — константа, которая в первую очередь контролирует скорость потока, при $\text{conc} = 0$, $\gamma(\text{conc}) = 1$ по определению и практически стремится к нулю, $\text{conc} \gg \text{conc}_c$, $m = 1$, затухание $\gamma(\text{conc})$ экспоненциально, а при $m > 1$ затухание заметно только в конце кривой. Однако реалистично выглядящие кривые, показанные на рис. 6, основаны на $m=1$ и $\text{conc}_c=0,5\%$ для химического консерванта, $m=2,35$ и $\text{conc}_c=7,6\%$ для соли или спирта и смоделированы как $m=9,5$ и $\text{conc}_c=58\%$..

Заключение

Роль микроорганизмов в очистке сточных вод важна для эффективного удаления органических загрязнителей. Математическое моделирование факторов, влияющих на рост микробов, помогает оптимизировать процесс очистки. Важные факторы, такие как температура, концентрация растворенного кислорода, наличие питательных веществ (таких как фосфор, азот и микроэлементы) и скорость потока воды, существенно влияют на микробную активность и эффективность разложения загрязняющих веществ.

Математические модели, такие как уравнение Моно, позволяют нам понять, как концентрация субстрата влияет на скорость роста микробов, и помогают прогнозировать эффективность работы в различных условиях. Модели типа

Аррениуса эффективно описывают влияние температуры на кинетику микробов, определяя оптимальные условия для максимальной биологической активности. Кроме того, воздействие растворенного кислорода моделируется с помощью кинетики насыщения, предлагая способ поддержания аэробных условий для оптимального микробного дыхания. Скорость потока воды, которая влияет на время удерживания микробов и контакт с субстратами, часто моделируется посредством анализа режима потока и напрямую влияет на производительность систем биологической очистки.

Интегрируя эти математические выражения в проектирование и эксплуатацию очистных сооружений, инженеры могут повысить эффективность системы, прогнозировать потенциальные проблемы и разрабатывать процессы очистки, которые максимизируют удаление загрязняющих веществ при минимизации энергетических и эксплуатационных затрат. Разработка и применение этих моделей очень важны для повышения устойчивости и эффективности современных систем очистки воды.

В заключение, математические выражения, отражающие взаимодействие факторов окружающей среды и микробных процессов, являются ключом к оптимизации биологической очистки сточных вод. Эти модели являются бесценными инструментами для повышения эффективности, принятия операционных решений и обеспечения максимальной эффективности работы систем очистки воды..

Литература:

1. Jasurbek O'ktamjon o'g', K. (2023). Asinxron motor haqida tushuncha. *Pedagogika sohadagi so'kirgi ilmiy tadqiqotlar nazariyasi*, 2 (14), 23-25. <https://interonconf.org/index.php/ind/article/download/7806/6712>
2. Jasurbek O'ktamjon o'g', K., Dilmurodjon o'g'li, T. D., & Azimjon o'g'li, M. H. (2023). Elektr zanjirlarini hisoblash usullari. *Ta'limda innovatsion ishlab chiqish va tadqiqotlar*, 2 (22), 154-158. <https://interonconf.org/index.php/idre/article/download/7898/6782>
3. Jasurbek O'ktamjon o'g', K. (2023). Transformatorlar va ularning ishlash prinsipi. *Ta'lim barsarliligi, ijtimoiy-iqtisodiy fan nazariyasi*, 2 (13), 113-116. <https://interonconf.org/index.php/sues/article/download/9138/7765>
4. qizi O'smonova, M. E. (2023). Norin-qoradaryo itxbning texnik xizmat ko'rsatish punktida ekskovorlarga mavsum davomida o'tkaziladigan texnik xizmat ko'rsatishlarning tannarxini hisoblash. *Ilmiy tadqiqot va innovatsiya*, 2 (3), 19-24. <http://ilmiytadqiqot.uz/index.php/iti/article/download/173/269>
5. Jasurbek O'ktamjon o'g', K. (2023). Quyosh panellarining energiya samaradorligini oshirish. *Scientific Impulse*, 2(13), 134-137. <https://nauchniyimpuls.ru/index.php/ni/article/download/11738/7851>

6. Jasurbek O'ktamjon o'g, K., & Alisher o'g'li, A. O. (2023). General information about asynchronous machines. *Open Access Repository*, 4(3), 508-513. <https://www.oarepo.org/index.php/oa/article/download/2263/2241>
7. Raymdjanov, B. N. (2024). O'zbekiston energetika tizimida elektr energiya ishlab chiqarishda muqobil energiyaga manbasi ulushini oshirish imkoniyatlari taxlili. <https://inlibrary.uz/index.php/science-research/article/download/29580/30378/34078>
8. Nurali, P., Javlonbek, X., & Xolmirza, M. (2023). O'zgaras tok dvigatelining quvvat isrofi va uning foydali ish koeffitsiyentiga ta'sir. *Innovations in Technology and Science Education*, 2(9), 120-127. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=EnEF7YEAAAAJ&citation_for_view=EnEF7YEAAAAJ:zYLM7Y9cAGgC
9. Mamajonov, X. (2023). Thermal model of an induction traction motor. *Экономика и социум*, (11 (114)-2), 222-225. <https://cyberleninka.ru/article/n/thermal-model-of-an-induction-traction-motor>
10. Mamajonov, X., & Madaminov, I. M. (2024). Advancements in solar technology: dual axis solar tracking systems. *Tadqiqotlar*, 32(1), 32-38.
11. Raymdjanov, B., & Turg'unboyeva, M. (2024). Analysis of opportunities to increase the share of alternative energy sources in the production of electricity in the energy system of uzbekistan. *Modern Science and Research*, 3(2), 1110-1113. <https://inlibrary.uz/index.php/science-research/article/download/29540/30353>
12. Саидходжаева, Д. А., & Осмонова, М. (2022). Очик, Ёпиқ Ва Тик Дренаж Сувлари-Ер Ости Сувларидан Унумли Фойдаланиш. *Miasto Przyszłości*, 30, 143-147. <https://miastoprzyszlosci.com.pl/index.php/mp/article/download/867/800>
13. Саидходжаева, Д. А. (2023, June). ЕР ОСТИ СУВЛАРИДАН УНУМЛИ ФОЙДАЛАНИШ. In *Proceedings of International Conference on Scientific Research in Natural and Social Sciences* (Vol. 2, No. 6, pp. 221-228). <https://econferenceseries.com/index.php/srnss/article/download/2190/2141>
14. Саидходжаева, Д. А. (2022). Возможная Опасность Повреждений Плотин. *Miasto Przyszłości*, 28, 459-462. <http://miastoprzyszlosci.com.pl/index.php/mp/article/download/678/624>

15. Саидходжаева, Д. А. (2021). АНДИЖОН ВИЛОЯТИ ЭКИН МАЙДОНЛАРИ ТАРКИБИНИ ОПТИМАЛЛАШТИРИШ ВА ХОСИЛДОРЛИКНИ ОШИРИШДАГИ СУҒОРИШНИНГ АСОСИЙ СУВ МАНБААЛАРИ, УЛАРНИНГ РЕСУРСИ ВА СИФАТИ. *Academic research in educational sciences*, 2(10), 707-713. <https://cyberleninka.ru/article/n/andizhon-viloyati-ekin-maydonlari-tarkibini-optimallashtirish-va-hosildorlikni-oshirishdagi-suv-orishning-asosiy-suv-manbaalari>