

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение “КСОШ №3 с углубленным изучением отдельных предметов”

Анализ зарастания поверхностей

Выполнил: Ученик 11”А” класса

Таиров Захар Романович

Руководитель: Учитель математики

Столбовая Мария Владимировна

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Глава 1. Заращение. Основные сведения.....	4
1.1. Проблема морского заражения.....	4
Глава 2. Кинетика заражения.....	5
2.1. Анализ экспериментальных данных.....	5
Глава 3. Математические модели заражения.....	7
3.1. Математическая модель заражения.....	7
3.2. Влияние температуры на заращение.....	8
3.3. Модель с учетом температурного режима.....	8
3.4. Модель с учетом добавленного трофического ресурса.....	9
Заключение.....	12
Список использованной литературы.....	13

Введение

Человек является частью природы, но одновременно он выступает и в качестве создателя «второй природы», материальной культуры, к которой относятся и различные технические сооружения: порты, плавучие буровые установки, доки, линии электропередач, нефте- и газопроводы, железнодорожные и автомобильные пути, а также свалки мусора. Таким образом, человек оказывается существом, которое противопоставляет себя природе и своей деятельностью вносит возмущения в естественное экологическое состояние биосферы. На созданные человеком сооружения, в свою очередь, наступает уже сама природа. На возделываемых полях прорастают сорняки, здания и сооружения покрываются мхами и грибком, в небольших полостях и трещинах начинают жить насекомые, птицы, тем самым разрушая творения человека. Последствия такого рода конфликта с природой могут быть катастрофическими.

Так, природа, с одной стороны, дарит человеку чудесный мир растений, но, с другой стороны, - этот мир нередко оказывается серьёзным противником для существования и развития техники.

Некоторые представители природного мира оказывают отрицательное воздействие не только на организм человека (отравления, грибковые заболевания), но и на многие предметы материальной культуры (промышленные объекты, здания). Например, человеку приходится бороться с зарастанием различных технических сооружений (морских судов, свай, шлюзов).

Решение данных проблем требует анализа динамики зарастания поверхностей. Преимущества математического анализа любых процессов очевидны. Математическое моделирование не только помогает строго формализовать знания об объекте, но иногда и дать количественное описание процесса, предсказать его ход и эффективность, дать рекомендации по оптимизации управления этим процессом.

У нас в стране эти исследования проводились А.Ю. Звягинцевым, А.И. Раилкиным, Г.Б. Зевинной, О.Г. Резниченко и другими учёными.

Цель работы заключается в анализе зарастания поверхностей, построении математических моделей такого зарастания.

Для достижения этой цели были поставлены следующие **задачи**:

- провести исследования по зарастанию поверхностей;
- выявить основные факторы, влияющие на зарастание поверхностей;

- описать данный процесс посредством математических моделей.

Глава 1. Зарастание. Основные сведения

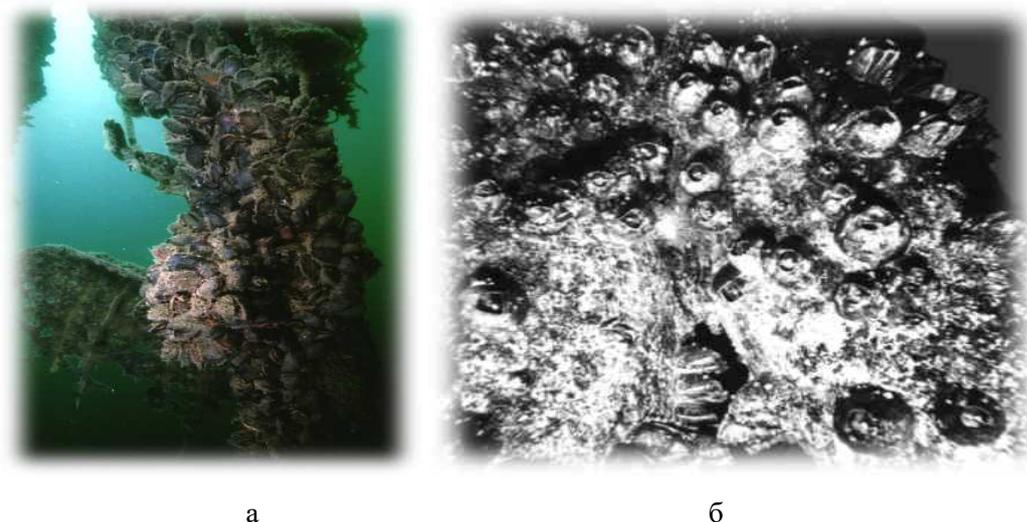
1.1. Проблема морского зарастания

С явлением морского зарастания человек столкнулся со времени постройки первых судов и подводных сооружений. Вначале это явление серьезно не воспринималось, но с течением времени стало очевидным, что оно способно наносить значительный экономический ущерб.

В процессе эксплуатации судна зарастание отрицательно влияет на его гидродинамические характеристики, что приводит к падению скорости его движения, ухудшению маневренности, преждевременному износу. Скорость движения может снижаться на 40% и более. Это требует дополнительного расхода топлива в связи с необходимостью поддерживать коммерчески оправданную скорость перевозки грузов.

Для работников тепловых электростанций и других предприятий, использующих в системе охлаждения морскую воду, – это создаёт проблему зарастания водоводов морскими организмами, что делает порой невозможной длительную эксплуатацию труб.

В морской среде значительному зарастанию особенно подвергаются временно неподвижные и стационарные объекты. Среди них наиболее важными в практическом отношении являются платформы нефте- и газодобычи, портовые и причальные сооружения, навигационное оборудование (рис.1) и другие.



а

б

Рисунок 1.

Зарастание технических систем: а- зарастание мидиями якорной цепи буя навигационного ограждения, б - зарастание усконогими раками опоры нефтедобывающей платформы

Зарастание опор морских буровых платформ способствует резкому возрастанию сопротивления волновым нагрузкам, что, в конечном счете, может привести к аварийной ситуации. В штормовую погоду они могут быть опрокинуты волнами или ураганным ветром. Вот как описывает один из подобных случаев известный специалист по морскому

обрастанию А.Ю. Звягинцев: «Морская буровая платформа «Ocean Ranger», казалось, может противостоять любому разгулу стихий. По расчётам проектировщиков, она должна была выдерживать удары 33-метровых волн и напор ветра 185 км в час. И всё же в феврале 1982 года, во время одного из штормов, платформа опрокинулась и затонула; находившиеся на ней 83 человека погибли. А ведь и высота волн, и скорость ветра были меньше расчётных. Вполне вероятно, что решающим моментом в возрастании сопротивления волновым нагрузкам стало массовое развитие зарастания. Что и привело к катастрофе».

Таким образом, очевидно, что организмы, населяющие твёрдые субстраты*, причиняют ущерб различным техническим объектам. По имеющимся экспертным оценкам, морское зарастание стоит на первом месте среди других проблем биоповреждений.

Профилактика зарастания и очистка технических объектов, подвергшихся зарастанию, требуют больших финансовых вложений. Общий мировой ущерб от морских организмов составляет около 50 млрд. долларов в год, из них 20% приходится на зарастание судов.

Если бы с данным явлением не велась борьба, то ущерб от него возрос бы в десятки, если не в сотни раз.

Существует надежда, что человечество разработает безвредные способы для защиты антропогенных технических объектов от зарастания. И я надеюсь, что моё исследование может явиться скромным вкладом в решение этой проблемы.

Глава 2. Кинетика зарастания

2.1. Анализ экспериментальных данных

Современные методы защиты от зарастания – это временное прерывание процесса обрастания и они не решают проблемы защиты от него, так как нарушенные сообщества бентосных организмов через тот или иной срок либо восстанавливаются, либо продолжают своё развитие в другом направлении, что происходит уже с участием заключительного колонизационного процесса – роста.

В связи с этим мы решили изучить стадию роста как основную и заключительную в зарастании технических систем.

Цель: анализ данных роста площади поверхности, подверженной зарастанию.

Задачи: проанализировать рост площади зарастания поверхности; изучить особенности зарастания поверхности (отношение к температуре, к трофическому ресурсу).

Если площадь зарастания представить как функцию от времени, прошедшего с момента начала зарастания, мы получим s -образную кривую. Типичная зависимость «площадь зарастания – время» представлена на рисунке 3:

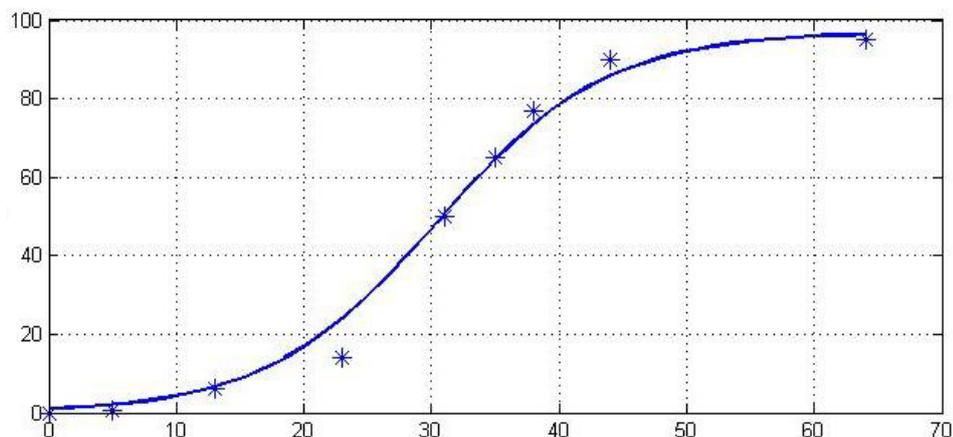


Рисунок 3. Зависимость «площадь зарастания - время»:

На рисунке 3 приведены экспериментальные данные (отмечено звёздочками) и расчётные (сплошная линия) для зарастающей поверхности.

Как следует из рисунка 3, в начальный период темпы роста, как правило, низкие. Затем рост усиливается и идет с большей скоростью, а затем снова замедляется. Полученную кривую можно разделить на четыре участка:

- 1) начальную фазу, когда рост почти не заметен и идут процессы, подготавливающие организмы к видимому росту;
- 2) фазу, когда рост изменяется экспоненциально;
- 3) фазу торможения роста;
- 4) фазу, в течение которой рост прекращается и размеры поверхности зарастания стабилизируются.

Кривые роста свидетельствуют о существовании разных типов физиологической регуляции данного процесса. По длительности начальной фазы мы можем, например, судить о характере тех изменений, которые должны произойти, прежде чем начнется рост. По наклону кривой можно судить о том, насколько хорошо отвечают потребностям зарастания условия, в которых оно происходит.

Глава 3. Математические модели зарастания

3.1. Математическая модель зарастания

Пусть из многолетних наблюдений мы знаем, что при благоприятных условиях за сезон площадь зарастания увеличивается до размера L . Пусть линейный размер зарастания в первый день наблюдений равен x_1 . Пусть на второй день этот размер увеличился на длину b_1 и его новый размер стал равным $x_2 = x_1 + b_1$. На второй день, поскольку линейный размер зарастания по сравнению с первым днем увеличился, то организму требуется больше питания. Поэтому после второго дня роста прирост размера будет не b_1 , а b_2 . И его новый размер станет равной $x_3 = x_2 + b_2$. И так будет каждый день. И на k -ый день линейные размеры зарастания станут равными $x_k = x_{k-1} + b_{k-1}$.

Каким может быть ежедневный прирост b_k ?

Понятно, что он должен зависеть от размеров пятна, которые были на k -й день. То есть от x_k . С другой стороны, рост площади зарастания через определённый промежуток времени прекращается. То есть, линейный размер зарастания в последний день роста станет равным L . Тогда прирост может быть таким:

$$b_k = \mu x_k \left(1 - \frac{x_{k+1}}{L}\right).$$

То есть, если на k -й день размер зарастания был x_k , то на следующий день рост прекратится, если размер зарастания станет равным $x_k = L$. А μ в этой формуле коэффициент. Поэтому формула роста (уравнение) будет такой:

$$x_{k+1} = x_k + \mu x_k \left(1 - \frac{x_{k+1}}{L}\right) \quad (1).$$

Значение x_1 нам известно, поскольку ее измерение мы провели в первый день наблюдений. До какой площади увеличится поверхность зарастания нам также известно. Останется определить параметр μ .

Из формулы, если нам известно x_k , находится x_{k+1} . Будем считать, что μ известно. Тогда получится уравнение для нахождения x_k . Преобразуем (1):

$$x_{k+1} = (1 + \mu)x_k - \mu \frac{x_k}{L} x_{k+1}.$$

Или

$$x_{k+1} + \mu \frac{x_k}{L} x_{k+1} = (1 + \mu)x_k,$$

или

$$\left(1 + \mu \frac{x_k}{L}\right) x_{k+1} = (1 + \mu)x_k$$

И, наконец,

$$x_{k+1} = \frac{(1+\mu)x_k}{\left(1 + \mu \frac{x_k}{L}\right)} \quad (2).$$

x_1 нам известно. Поэтому по этой формуле находятся все x_k .

Если замеры проводились каждый день, то мы подберем параметр μ таким, чтобы эта формула давала значения x_k наиболее близкие к тем, которые получены из экспериментальных данных.

Если один раз мы это сделаем, то на следующий год по формуле (2) можно будет дать прогноз, каким будет линейный размер зарастания на любой день его роста.

Формула изменения размеров зарастания, предложенная в литературных источниках, не подходит под эксперимент. Она не имеет физического смысла, так как нет значений L , которые есть в реальности.

3.2. Влияние температуры на зарастание поверхностей

Характеристики зарастания могут меняться под влиянием среды. Одним из самых важных факторов, влияющих на зарастание, является температура.

Зарастание возможно в сравнительно широких температурных границах. Различают три кардинальные температурные точки: минимальная температура, при которой рост только начинается, оптимальная — наиболее благоприятная для ростовых процессов, и максимальная, при которой рост прекращается.

На основании наших наблюдений мы пришли к выводу: зарастание происходит достаточно активно, если температура окружающей среды изменяется в диапазоне от 10°C до 30°C. Как следует из наших экспериментальных данных, при температуре менее 10°C площадь зарастания не увеличивается, после 30°C зарастание также останавливается. Эту зависимость размеров зарастания от температуры можно выразить следующим образом. Будем считать, что максимальное быстрое зарастание происходит при 20°C, тогда скорость зарастания будет пропорциональна функции:

$$F(t) = \frac{(t-10)(30-t)}{100}, \text{ если } t \in (10,30);$$

$$F(t) = 0, \text{ если } t \notin (10,30),$$

где t – значение температуры в определённый момент времени.

3.3. Модель с учётом температурного режима

Если учитывать температурный режим, то модель зарастания примет вид:

$$x_{k+1} = x_k + \tau \mu x_k (F(t) - x),$$

где $F(Tt) = \frac{(t-10)(30-t)}{100}$, если $t \in (10,30)$;

$F(t) = 0$, если $t \notin (10,30)$,

где t – значение температуры в определённый момент времени.

Результаты решения задачи по анализу зарастания поверхностей под влиянием температуры для случая приведены на рисунке 4.

Кривая 1 соответствует зарастанию поверхности при оптимальной температуре 20°C, сохраняющейся на протяжении всего периода роста. Кривая 2 – зарастание поверхности при температуре, изменяющейся во времени.

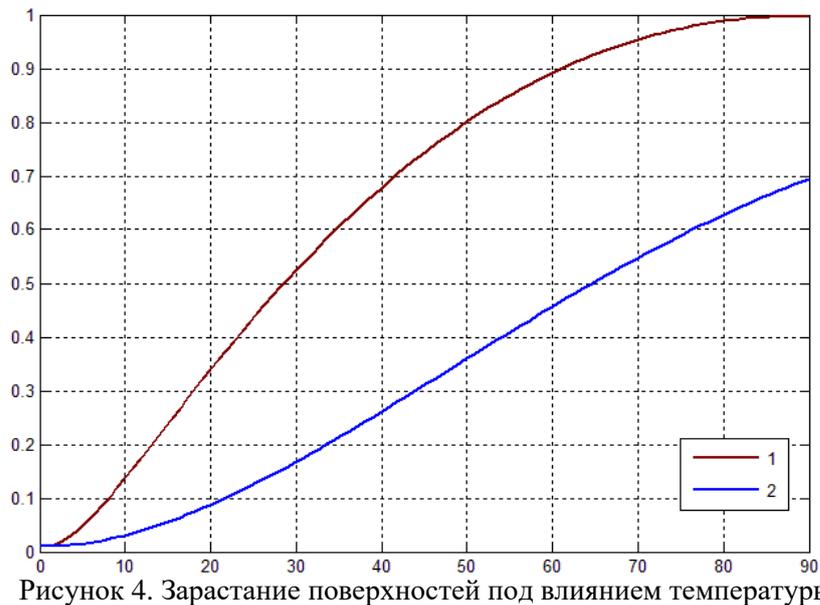


Рисунок 4. Зарастание поверхностей под влиянием температуры

3.4. Модель с учётом добавленного трофического ресурса.

Введём пищевой ресурс p , от которого изменяется процесс зарастания. А px – это встречи пищевого ресурса с организмами, вызывающими зарастание. Тогда убывание пищевого ресурса описывается уравнением:

$$p = p_0 - \tau \mu_1 \frac{p}{a+p} x \quad (3)$$

где μ_1 – коэффициент, с которым поглощаются питательные вещества. Здесь предполагается, что скорость убыли пищевого ресурса пропорциональна площади зарастания и количеству пищевого ресурса.

Здесь также предполагается, что когда пищевого ресурса нет, зарастание не происходит, а когда пищевого ресурса много, зарастание не зависит от его конкретного

объёма. Для случая, когда пищевой ресурс ограничен, будем использовать следующие уравнения:

$$x_{k+1} = x_k + \tau\mu x_k \left(\frac{p}{a+p} - x \right) \quad (4)$$

$$p = -\tau\mu_1 \frac{p}{a+p} x,$$

где a - const, μ_1 - коэффициент, с которым поглощаются пищевые ресурсы.

В этой модели предполагается, что в отсутствии пищевого ресурса зарастание не происходит. Слагаемое $\frac{p}{a+p}$ в первом уравнении при $p \rightarrow \infty$ стремится к 1. Второе уравнение предполагает, что пищевой ресурс не восстанавливается.

Результат решения задачи представлен на рисунке 5:

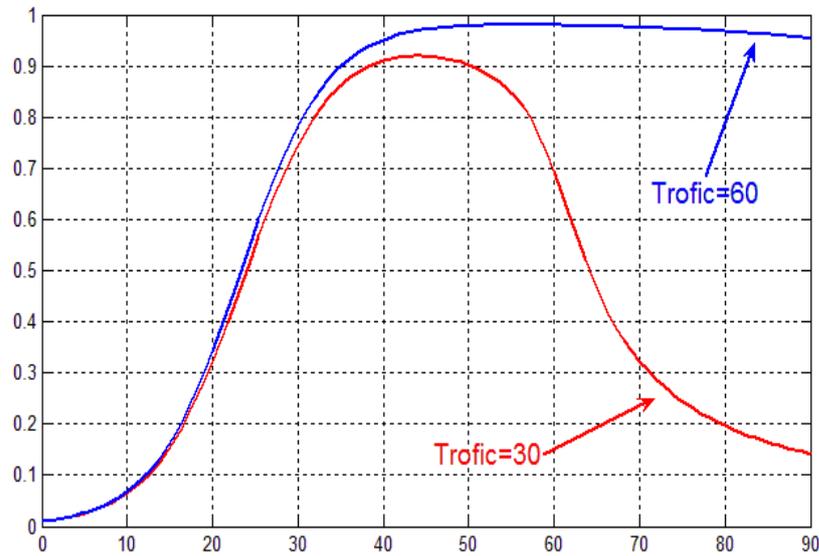


Рисунок 5. Влияние количества пищевого ресурса на зарастание

Кривая $Trophic = 60$ соответствует достаточному количеству пищевого ресурса $p = 60$, при котором зарастание происходит наиболее активно. Вторая кривая соответствует недостаточному количеству пищевого ресурса $p = 30$, при котором площадь зарастания после достижения максимального значения начинает уменьшаться.

Если зарастание прекращается, необходимо введение дополнительного трофического ресурса. Уравнение (4) заменяется на следующее:

$$p = p_0 - \tau\mu_1 \frac{p}{a+p} x \quad (5)$$

где p_0 – поступление пищевого ресурса, который вносится с постоянной скоростью.

На рисунке 6 приведены результаты решения задачи (4),(5). Кривая $Trophic = 30$ показывает зарастание без поступления дополнительных ресурсов: процесс проходит до определённого момента, но полного зарастания не происходит из-за нехватки

питательных веществ, а также отсутствия других составляющих биологических особенностей. Кривая *Trophic plus* описывает внесение дополнительного пищевого ресурса в момент времени $t = 55$.

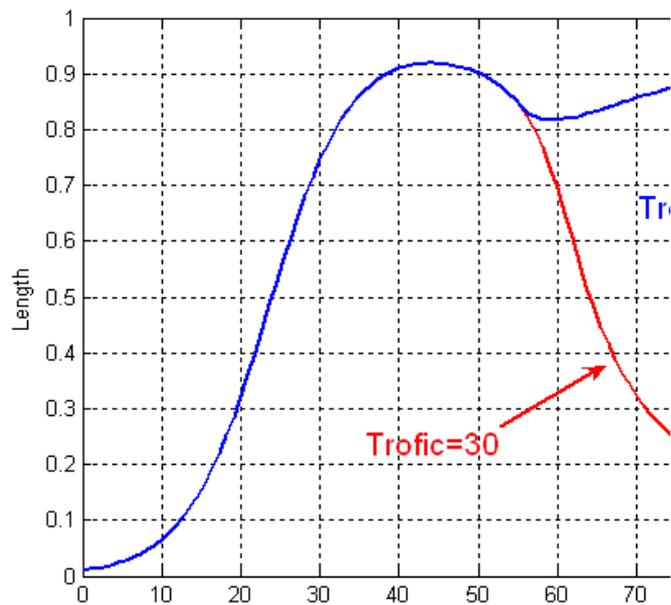


Рисунок 6. Влияние дополнительного трофического ресурса на зарастание

Я полагаю и надеюсь, что такого рода исследование может иметь продолжение в моей дальнейшей исследовательской деятельности. Для полноты картины необходимо будет исследовать развитие и поведение различных микроорганизмов, которые являются активной составляющей процесса обрастания.

Заключение

В процессе работы над проектом были получены следующие результаты:

1. Проанализировано зарастание поверхностей, изучен процесс зарастания в различных температурных режимах.
2. Проведена обработка экспериментальных данных, на основании которой предложена математическая модель зарастания поверхностей.
3. Предложена математическая модель зарастания поверхностей с учётом неограниченного и невозобновимого трофического ресурса.

Список использованной литературы

1. Раилкин А.И. Колонизация твердых тел бентосными организмами. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2008. 427 с.
2. Гиляров М.С. Биологический энциклопедический словарь. М.: Советская Энциклопедия, 1986. 831 с.