

(Neural Network Toolbox), аналитическая платформа Deductor Studio Academic.

Рассмотрим нейронную сеть, предназначенную для прогнозирования урожайности на примере зерновых культур [3]. Прогнозирование урожайности требует учета влияния различных факторов – это основные почвенно-климатические характеристики, использование удобрений, количество осадков, средняя температура, продолжительность вегетативного периода и т.д. Для анализа были отобраны следующие показатели:

- содержание гумуса в почве;
- количество осадков (за год и за вегетативный период);
- внесение удобрений (минеральных и органических);
- посевная площадь;
- норма высева зерна;
- применение гербицидов и пестицидов.

В аналитической платформе Deductor была построена нейросетевая модель, предназначенная для прогноза урожайности зерновых культур.

Для обучения сети был выбран алгоритм – обратное распространение ошибки. После завершения обработки обучающей выборки, мы можем изменять значения факторов и получать достоверные прогнозные значения урожайности зерновых культур. Так, если при неблагоприятных условиях увеличить норму внесения органических удобрений с 20 до 24 т/га, при сохранении остальных факторов без изменения, прогнозируемый показатель урожайности увеличится до 12,04 ц/га (фактический показатель – 7,9 ц/га).

Поле	Значение
Входные	
9.0 Посевная площадь	7953
9.0 Внесение минеральных удобрений	25
9.0 Внесение органических удобрений	24
9.0 Содержание гумуса	9,6
9.0 Количество осадков	261
9.0 Осадки за вегетацию	96
9.0 Норма высева удобрений	7
9.0 Применение гербицидов	1
9.0 Применение пестицидов	1
Выходные	
9.0 урожайность	12,04

Рисунок 3 – Прогноз урожайности при изменении нормы внесения удобрений в аналитической платформе Deductor Studio Academic

Таким образом, использование нейросетевых технологий позволяет выполнять прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур с учетом разнофакторных показателей – природно-климатических, техногенных, а также особенностей культивируемых видов растений. При этом нет ограничения входных анализируемых параметров. Прогнозирование такого показателя, как урожайность, может свести к минимуму потери урожая при неблагоприятных условиях и добиться наибольших показателей при благоприятных.

#### Список использованной литературы

1. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. М.: Вильямс М, 2006. 1104 с.
2. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей. М.: Вильямс М, 2001. 291 с.
3. Snehal S.Dahikar, Dr.Sandeep V.Rode. Agricultural Crop Yield Prediction Using Artificial Neural Network Approach. International journal of innovative research in electrical, electronics, instrumentation and control engineering. Vol. 2, 2014.

УДК 620.193.8

**Кудина А.В., кандидат технических наук, доцент, Процко Л.Е.**

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

**Сокоров И.О., кандидат технических наук, доцент**

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

## **БИОКОРРОЗИЯ КАК СУЩЕСТВЕННЫЙ ФАКТОР, ВЛИЯЮЩИЙ НА КАЧЕСТВО ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ И ПЕРЕРАБОТКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

**Введение.** В последние годы коррозия металлических и неметаллических материалов стала объектом исследования не только материаловедов и электрохимиков, но и микробиологов. Роль биологического фактора в

коррозии металлов и различных неметаллических материалов нельзя недооценивать. Микробному разрушению подвергается практически все, что нас окружает: металл, бетон, стекло, камень, резина, кожа, текстиль, пластмассы, смазки и др. Взаимодействуя с различными материалами, микроорганизмы и продукты их метаболизма создают особый вид разрушения – биоповреждения. Процессы биоповреждений по своему механизму различны и зависят как от биофактора, так и от особенностей подверженного их действию объекта. Как научный, так и технический подходы к биокоррозии необходимы для диагностики коррозионных разрушений с целью разработки механизма и соответствующих средств защиты от этого явления.

**Основная часть.** Рабочие органы сельскохозяйственных машин работают в постоянном контакте с возделываемыми техническими растениями (масляничные, крахмалосы, сахаросы, красильные растения и пр.). Эти культуры в процессе измельчения выделяют в окружающее пространство, в том числе и на детали машин, микроэлементы органических и химических соединений, являющиеся питательной средой для различного рода микроорганизмов. При усвоении последними питательной среды извлекаются нужные вещества и энергия, используемые для построения живой клетки и поддержания ее метаболизма. Продукты распада, ненужные организму, выделяются в окружающее пространство. В большинстве случаев, продукты распада и деструкции живых микроорганизмов являются химически активными элементами и свободными радикалами [1,2], которые вовлекаются в электрохимические и химические процессы, тем самым интенсифицируя коррозионное разрушение деталей рабочих органов машин и механизмов.

В коррозионных процессах могут участвовать микроорганизмы, относящиеся к широкому кругу родов и видов. Это могут быть бактерии, образующие кислоты, а так же грибы и водоросли. Почвенная биота является неистощимым источником различного рода микроорганизмов, а возделываемые технические растения, органохимические вещества и соединения – обильной питательной средой для их жизнедеятельности. Такие благоприятные условия способствуют протеканию на пятнах контакта металл-биосреда микробной коррозии в скрытых или явно выраженных формах. Причём, в результате жизнедеятельности микроорганизмов, при метаболизме, сильно растормаживаются наиболее затрудненные этапы коррозионного процесса [1].

Коррозия материалов, как явление в природе, носит многогранный характер, где ее зарождение и развитие часто следует отнести к микроорганизмам. В ней участвуют микроорганизмы, относящиеся как к аэробам, так и к анаэробам. Аэробная коррозия протекает при достаточном количестве свободного или растворенного в воде кислорода. Анаэробная коррозия наблюдается в труднодоступных зонах без кислорода в условиях, которые создаются в почвах, на сильно загрязненных органическими веществами поверхностях и при переработке растительных и животных отходов сельскохозяйственного производства. Известно, что среда, в которой происходит анаэробная коррозия железа и стали содержит значительное количество сульфатредуцирующих бактерий [1]. Бактерии используют поляризованный водород с поверхности металла для своих диссимиляторных процессов, т.е. для сульфатредукции. Способность сульфатредуцирующих бактерий осуществлять катодную деполаризацию зависит от способности усваивать элементарный водород в процессе метаболизма т.е. от гидрогеназной активности. Катодная реакция, связанная с использованием водорода бактериями, происходит на сульфиде железа, который образуется в результате взаимодействия ионов железа с ионами биогенного гидросульфида. Благодаря гидрогеназной активности бактерий, водород уходит и катодная функция сульфида железа восстанавливается.

Дефекты, вызываемые грибами, разнообразны: деформация материалов, усиление диффузии жидкостей через изоляционные материалы, ускорение коррозии металлов, снижение электроизоляционных свойств материалов, изменение свойств и порча топлива и др. Кроме прямой деградации изделий (неметаллические материалы), грибы способны образовывать мицелии на металлоповерхностях путем их обрастания с последующим повреждением и разрушением материалов. Повреждения и разрушения различных материалов грибами являются сложными процессами, происходящими в силу способности гиф грибов к непосредственному внедрению в материал, вследствие высокого давления их верхушечных клеток, а так же прямого и косвенного влияния образуемых грибами продуктов. Группа грибов, повреждающих металлы и неметаллические изделия, наименее изучена. По этой причине явилось господствующее до недавнего времени представление о том, что биоповреждение металлов вызывается главным образом автотрофными и гетеротрофными бактериями [2].

Грибы воздействуют на материалы нередко в экстремальных условиях посредством различных механизмов. В процессе роста на различных материалах у грибов активизируется система окислительных оксидаз, выделяются продукты окисления – органические кислоты, которые создают условия для химической или электрохимической коррозии.

Микробная коррозия металлов является частью актуальной проблемы – проблемы существования металлов. В этой связи долговечность металлов и других материалов в природе в значительной степени зависит от микробиологических аспектов. Микробиологические проблемы существования металлов в биосфере следует рассматривать с двух позиций:

- токсическое влияние металлов на жизнедеятельность микроорганизмов;
- трансформация металлов под воздействием микроорганизмов и продуктов их метаболизма.

Многочисленность основных видов микробной коррозии металлов и защитных материалов свидетельствует о необычайно широком распространении этого явления в различных сферах деятельности человека.

Коррозионные эффекты при участии микроорганизмов аналогичны другим видам коррозии. Например, подобно локальной сосредоточенной коррозии, в результате биоповреждений образуются блестящие или шероховатые плоские малозаметные углубления под загрязнениями или тонкими окисными пленками, а также раковины различной глубины под слоем продуктов коррозии [1].

Микробная коррозия протекает различными путями: путем непосредственного воздействия продуктов деструкции и метаболизма микроорганизмов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}^+$ , органические и неорганические кислоты) на металлические и неметаллические изделия; путем образования органических продуктов, которые могут действовать как деполяризаторы или катализаторы коррозионных реакций; путем, при котором коррозионные реакции являются отдельной частью метаболического цикла бактерий.

В большинстве случаев микроорганизмы способствуют созданию агрессивных сред, в которых ускоряются коррозионные реакции. Изучение закономерностей превращения металлов под влиянием жизнедеятельности микроорганизмов имеет не только научное, но и большое практическое значение: понимание сущности коррозионных процессов, которые резко увеличивают в металлах скорость роста усталостных трещин, снижают водородостойкость и циклическую стойкость к трещинообразованию [4].

Процессы биологических повреждений материалов в конкретных условиях вызываются различными микроорганизмами или их ассоциациями. В природных условиях организмы существуют и проявляют свою активность, как правило, в ассоциациях, которые могут изменяться под воздействием приносимых в биосферу новых, ранее не существующих материалов и веществ [2]. Поэтому, в плане технологических проблем важно создавать такие материалы, которые в составе изделий служили бы требуемый период времени без текущего и последующего повреждающего действия биофакторов, приводящих к повреждениям, дефектам и отказам технических систем.

В последние годы многие специалисты считают, что более 50% коррозионных процессов связано с влиянием и участием микроорганизмов, причем ведущая роль на начальном этапе принадлежит микробам различных родов и видов.

В условиях протекания различных видов коррозии разрушающее действие на металлы оказывает присутствие в среде водорода. Так, например, увеличение содержания водорода в углеродистой стали приводит к уменьшению сил межатомного взаимодействия и тем самым понижает его прочность на отрыв  $\sigma_{\text{в}}$  [4]. Прижизненная активность микроорганизмов приводит к нежелательным изменениям свойств материалов, происходящим под действием микробиологической коррозии. Результатом микробной коррозии металлов является биоповреждаемость рабочих поверхностей деталей, приводящая к снижению эксплуатационной надежности деталей, узлов и механизмов машин и оборудования [3].

Механизм биоповреждений имеет специфические особенности, связанные с попаданием микроорганизмов на поверхность рабочих органов сельхозмашин, адсорбцией их и загрязнением поверхностей, образованием микроколоний, накоплением продуктов метаболизма, стимулированием электрохимической коррозии металлов, старения полимерных материалов и покрытий, эффектами синергизма и т. п.

Последовательность протекания процессов биоповреждений материалов микроорганизмами представляется состоящим из следующих этапов.

Первый этап – перенос микроорганизмов на поверхности деталей. Возможен перенос микроорганизмов посредством воздушных потоков, несущих бактерии, актиномицетов, мицелий и спор грибов с частицами почвы и опадающей листвой. Менее вероятен путь переноса влагой воздуха и проникающими почвенными водами. Нельзя исключать из рассмотрения и перенос микроорганизмов и загрязнений на поверхности эксплуатирующихся металлоконструкций насекомыми (мухами, бабочками, жуками и др.). Часты случаи переноса микроорганизмов технологического характера с загрязненных поверхностей деталей при сборке изделий в условиях производства или при их ремонте, возможны переносы микробов и другой природы.

На втором этапе происходит адсорбция микроорганизмов и загрязнений на поверхности деталей. Процесс адсорбции весьма сложен и зависит от строения и свойств микроорганизмов, характера поверхности и, особенно, степени ее шероховатости, состояния среды (наличия питательных сред, температурно-влажностных условий, pH и водных пленок), характера контакта между микроорганизмами, загрязнениями и поверхностями материалов. Микроорганизмы имеют строение, позволяющее им достаточно прочно прикрепляться к твердым поверхностям.

Третий этап – образование микроколоний и их рост до размеров, видимых невооруженным глазом, сопровождаемый появлением коррозионно-активных метаболических продуктов и локальным накоплением электролитов с избыточным содержанием гидроксония  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Состав биоциноза и эффект повреждения материалов определяет доступность субстрата для заселения микроорганизмами.

Четвертый этап – накопление продуктов метаболизма, образующихся в результате жизнедеятельности микроорганизмов на контактных поверхностях, которое представляет значительную опасность, особенно в соединениях деталей, т.к. накопления способствуют образованию натиров, задиров, схватыванию поверхностей, интенсивному изнашиванию, что снижает работоспособность технических систем.

Некоторые микробы воздействуют на материалы окислительными ферментами. К таким ферментам относят оксидоредуктазы (дегидрогеназы, флавиновые ферменты, оксидазы), гидролазы (эстеразы, сульфэстеразы), лигазы, и пр.

Пятый этап – стимулирование процессов коррозионного разрушения, т.е. явление, сопутствующие биоповреждениям. Участие в процессе коррозии микроорганизмов снимает известные ограничения по условиям его протекания (температуре и влажности). Бактерии стимулируют процессы биокоррозии в широких интервалах температур. Так, например, стимулирование старения полимеров происходит, в основном, в направлении усиления химической деструкции продуктами жизнедеятельности и прямым потреблением микроорганизмами продуктов разрушения полимерных цепей.

Шестой этап, так называемый, синергизм биоповреждений происходит как результат воздействия ряда факторов и взаимного стимулирования процессов разрушения: коррозии, старения, изнашивания и пр., а так же развития биоценоза. Характер и интенсивность биоповреждений зависят от адаптации и видового отбора микроорганизмов. Высокая приспособляемость микроорганизмов к условиям обитания и источникам питания делает трудным получение биостойких материалов на достаточно длительный период времени и разработать унификацию средств защиты. Борьба с биоповреждениями на этом этапе носит запоздалый характер. На этом этапе протекают не только биокоррозионные процессы, но и интенсифицируются процессы химической коррозии. Причем, если детали узлов и механизмов машин подвержены воздействию физических полей при относительном перемещении рабочих поверхностей и техногенных сред, процессы коррозионного разрушения развиваются катастрофически.

В коррозионном разрушении металлов и сплавов, металлических и неметаллических материалов принимают участие как литотрофные, так и гетеротрофные бактерии. По физиологическим особенностям эти группы бактерий весьма различны, чем и обуславливаются многообразия биокоррозионных повреждений.

В настоящее время неопровержимо утвердилось представление, что грибы различного таксономического положения являются одним из существенных звеньев экологических ниш, связанных с повреждениями различных материалов. Обладая высокой энергией размножения, вследствие чего образуется огромное количество споровых конидий с длительным периодом выживания, а так же гетерогенным генетическим аппаратом, грибы способны к формированию новых высоко агрессивных рас, занимающих впоследствии доминирующее положение. Наряду с этим, в популяции видов в процессе адаптации создаются формы, представляющие потенциальную агрессивность.

На основании результатов исследований, обобщения и анализа научно-технической информации по проблеме коррозионных разрушений материалов, систематизации и синтеза как известных, так и полученных данных, можно констатировать, что коррозионные процессы материалов неразрывно связаны с жизнедеятельностью микроорганизмов, т.е. с процессами биокоррозии. Детали машин и оборудования по получению и переработке сельхозпродукции контактируют с растительными субстратами и почвенной биотой, которые, накапливаясь в микродефектах поверхностей деталей создают так называемые застойные зоны, благоприятные для образования колоний микроорганизмов. В этой связи кинетика биоповреждений материалов представляется в следующем виде: микроорганизмы из окружающего пространства, почвенной биоты или растительного сырья накапливаются в микродефектах и повреждениях поверхностного слоя материала. На пятне контакта биосреда-материал при всех благоприятных факторах происходит микробное образование колоний. В результате метаболизма, а так же деструкции клеток, окружающее пространство заполняется активными радикалами и биогенными элементами, которые адсорбируются материалом и, проникая в подповерхностный слой, разрыхляют его путем разупрочнения межатомных и межкристаллических связей. Вместе с разрыхлением поверхности начинается интенсификация коррозионных процессов: создаются очаги коррозионного поражения, активизируются химические и электрохимические процессы, происходит деструкция и разрушение материалов.

**Заключение.** Взаимодействие микроорганизмов и продуктов их метаболизма с поверхностью материала в застойных зонах, где создаются благоприятные условия для роста колоний микробов, приводит к биоповреждениям как металлических, так и неметаллических деталей машин и оборудования, приводящих, в конечном случае, к отказам технических систем. Исследование и знание процессов биоповреждений позволяют в значительной мере решать две важнейшие задачи: экономическую (сокращение материальных потерь и устранение результатов коррозионных разрушений) и повышения качества и надёжности технологического оборудования и сельскохозяйственных машин.

### Список использованных источников

1. Микробная коррозия и ее возбудители/ Е.И. Андреюк [и др.]; Наукова Думка; под общ. ред. Е.И. Андреюка.– Киев, 1980. – 288с.
2. Гусев, М.В. Микробиология/ М.В. Гусев, Л.А. Минеева. – М.: Изд. центр «Академия», 2003. – 464с.
3. Ивашко, В.С. Теоретические аспекты кинетики изнашивания поверхностей деталей машин и механизмов/ В.С. Ивашко, В.В. Кураш, А.В. Кудина// Вестник БНТУ. – 2005. – №5. – с. 59–63.
4. Механика разрушений и прочность материалов: справочное пособие в 4 т. Т 4 / В.В. Панасюк [и др.] – Киев: Наукова думка, 1990. – 680с.