

# БИОЦИДЫ В СОЖ: ОЖИДАНИЕ И РЕАЛЬНОСТЬ

Специалистам в области металлообработки известно, что биоциды — это присадки, предназначенные для защиты смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) от разрушения микроорганизмами и, как следствие, оборудования от повреждений. Однако современные исследования показывают, что микроорганизмы, с которыми сталкиваются те, кто использует СОЖ, за многие-многие десятилетия с момента появления биоцидов всё-таки сумели сформировать устойчивость к ним.



Мария Шибаяева,  
ведущий инженер-микробиолог  
ООО «Неохим»

Чтобы разобраться в истоках существующих проблем, давайте обратимся к истории вопроса.

Широкое применение биоцидов в смазочно-охлаждающих жидкостях (СОЖ) началось примерно с конца шестидесятых — начала восьмидесятых годов прошлого века. И это было не случайно. Это было ответом на две ключевые проблемы, возникшие в промышленности к тому времени.

Во-первых, в предвоенные тридцатые — сороковые годы, с началом массового производства в авиационной и автомобильной промышленности, возник всплеск использования водосмешиваемой СОЖ. Она оказалась идеальной средой для развития бактерий и микроскопических грибов. В результате производители и потребители такой СОЖ столкнулись, впервые, возможно, в таком масштабе, с порчей смазочных материалов, с запахами и другими непривычными проблемами с оборудованием.

Это явилось предпосылкой для использования биоцидов в широком масштабе.

Но главным катализатором начала массового применения биоцидов стало принятие в 1977 году в США закона о чистой воде.

Данный закон обязывал производителей и потребителей СОЖ платить за утилизацию отработанной жидкости. И плата эта была достаточно велика. Это сделало экономически выгодным продление срока службы СОЖ. И единственным эффективным способом сделать это на тот момент стало системное использование биоцидов.

## А когда же, к слову, вообще появились биоциды?

В 1889 году появился парахлорметаксиленол, который считается одним из первых биоцидов, позже нашедших применение в смазочно-охлаждающих жидкостях. Он до сих пор используется для защиты СОЖ.

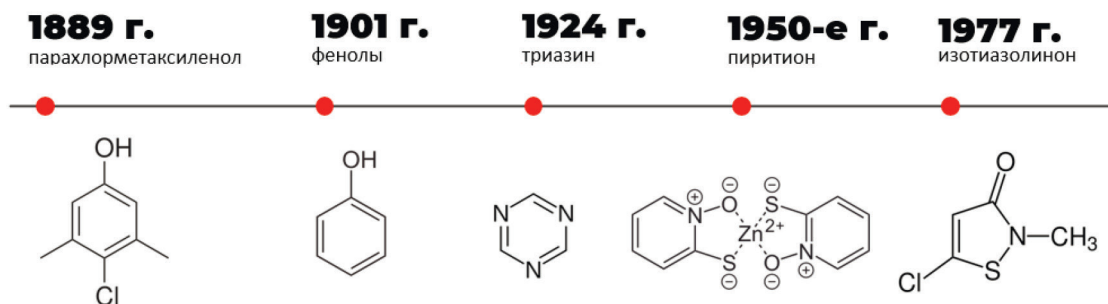
Примерно в 1901 году на рынок вышли фенолы и производные фенолов. В 1924 году был изобретён триазин. Триазин является одним из самых распространённых биоцидов для защиты смазочно-охлаждающих жидкостей и в настоящее время. А в 1950-х годах был разработан пиритион — биоцид, который до сих пор широко используется не только в СОЖ, но и в других материалах в различных отраслях промышленности. Ну и наконец, в 1977 году мы узнали, что такое изотиазолиноны. На сегодняшний день это наиболее известные и широко используемые биоциды в смазочно-охлаждающих жидкостях.

## Что же мы ожидаем от биоцидов?

Само слово произошло от древнегреческого βίος — «жизнь» и латинского caedo — «убивать».

Соответственно, от биоцидов ожидается, что они полностью уничтожат все виды микроорганизмов и предотвратят биodeградацию СОЖ. Прогнозируется, что с помощью

## Хронология применения биоцидов



биоцидов увеличится срок службы смазочно-охлаждающих жидкостей.

Также предполагается, что с использованием биоцидов уменьшатся коррозионные процессы на оборудовании, потому что коррозия — это не столько химический, сколько биологический процесс, особенно при контакте с теми материалами, которые заражаются микроорганизмами. И если оценить степень коррозии мы можем, только остановив оборудование, то неприятные запахи сразу заявят о себе и о размножении микроорганизмов в СОЖ без биоцидов.

И, конечно, не стоит забывать о возможном развитии патогенной микрофлоры в СОЖ, что потенциально опасно для людей, которые будут непосредственно работать со смазочно-охлаждающими жидкостями, как для конечного потребителя, так и для производителя в том числе. Считается, что с биоцидами эти проблемы будут решены полностью.

Но это всё теория. А что же на практике? К сожалению, на сегодняшний день часто всё происходит прямо наоборот. Проверенные временем биоциды, которые ранее использовались с высокой эффективностью, утрачивают ее даже при увеличенном расходе и потребитель снова сталкивается с коррозией оборудования, с появлением запахов, увеличением затрат на замену СОЖ и обслуживание оборудования. При этом и ротация биоцидов не всегда вызывает нужный эффект, а приводит лишь к краткосрочному результату. В итоге вместо сокращения расходы растут, в том числе на утилизацию испорченной СОЖ, потому что биоциды усложняют этот процесс. Ожидаемый экономический эффект оборачивается убытками.

Описанное выше однозначно свидетельствует о том, что у микроорганизмов, с которыми сталкиваются при использовании СОЖ, сформировались механизмы устойчивости к давно существующим и используемым биоцидам.

#### Какие ещё факты подтверждают это?

Микроорганизмы, как и остальные живые организмы, всегда вынуждены приспосабливаться к окружающей среде. При этом ряд механизмов, задействованных, например, в присутствии токсичного вещества, такого как биоцид, могут носить временный характер: есть биоцид в среде — механизм устойчивости работает, убираем биоцид — механизм устойчивости пропадает. Таким образом клетки экономят внутренние ресурсы, чтобы не синтезировать то, что нужно не всегда. Эти механизмы не связаны с изменениями в генетическом материале и не передаются

из поколения в поколение. Однако на сегодняшний день мы сталкиваемся с уже генетически закреплёнными механизмами. Подтверждается это исследованиями учёных в течение последних 10 лет. Примерно в 17% выборочно взятых смазочно-охлаждающих жидкостей обнаруживаются условно-патогенные микроорганизмы, которые опасны для людей с ослабленным иммунитетом и пожилых, детей. Всё чаще в СОЖ выявляют и патогенные бактерии, и микроскопические грибы.

Микроорганизмы, благодаря своей устойчивости, не просто выживают в смазочно-охлаждающих жидкостях, не просто приводят к коррозии оборудования, к возникновению неприятных запахов, но они могут разрушать сами биоциды. В процессе этой деградации концентрация биоцида уменьшается, соответственно, туда попадают и выживают и другие микроорганизмы, патогены в том числе.

Кроме того, мы часто наблюдаем, что в отложениях, в застойных зонах численность микроорганизмов существенно выше, чем в самой жидкости. Возможна ситуация, когда в циркулирующей СОЖ жизнеспособные микроорганизмы отсутствуют, но при этом после мойки на оборудовании остаются недомытые участки, отложения, слизь, в которых можно найти огромное количество микроорганизмов. И это тоже подтверждает факт устойчивости, уже с участием биоплёнки. Биоплёнка сама по себе является фактором возникновения устойчивых микроорганизмов, возведённым в степень.

И ещё один немаловажный факт устойчивости и приспособляемости микроорганизмов — это изменение требований этих микроорганизмов к параметрам окружающей среды.

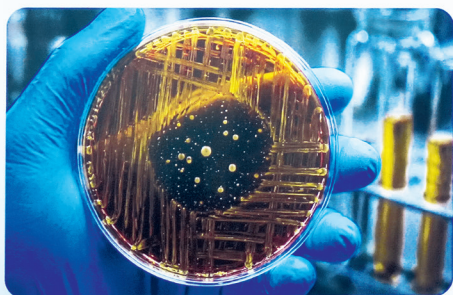
Так, например, для грибов наблюдается сдвиг диапазона pH в щелочную сторону. Если ранее они начинали развиваться в СОЖ в тот момент, когда pH понижалась, то сегодня мы сталкиваемся с тем, что грибы растут и при более высоких значениях pH, чем ранее. И традиционно высокощелочные СОЖ уже не ограничивают деятельность микроорганизмов.

Рост устойчивости микроорганизмов к биоцидам в промышленности, не только в металлообработке, — это серьёзная проблема, аналогичная проблеме антибиотикорезистентности в медицине, но с рядом особенностей. В промышленности биоциды (дезинфектанты, консерванты, антисептики) используются повсеместно: на пищевых производствах, в фармацевтике, нефтедобыче, в системах охлаждения, при производстве бумаги, лакокрасочных материалов и бытовой химии.

**Каковы же основные причины роста устойчивости, резистентности микроорганизмов? Что к этому привело?**

В промышленности биоциды часто применяются в пониженных концентрациях, режимах, не обеспечивающих полной стерилизации (например, в оборотной воде). Микроорганизмы выживают и адаптируются. Постоянное селективное давление, связанное с длительным использованием одних и тех же биоцидов как, например, параклорметак-

## Факты, подтверждающие рост устойчивости микроорганизмов



### 01

Высокая частота заражения патогенами даже при наличии биоцидов

### 02

Прямая деградация биоцидов бактериями

### 03

Наличие кросс-защиты в микробных сообществах

### 04

Критический уровень загрязнения отложений - зараженность выше, чем в жидкости

### 05

Изменение условий выживания и рост адаптивности грибов



силенол, триазины, приводит к отбору устойчивых клонов. И именно они становятся более конкурентноспособными в среде с биоцидами, а механизмы устойчивости закрепляются на генетическом уровне.

Отдельно стоит снова упомянуть биоплёнки. Биоплёнки — это физические структуры, образуемые сложными сообществами микроорганизмов на поверхности раздела фаз. В пределах одной биоплёнки можно обнаружить клетки бактерий, дрожжевых и плесневых грибов, простейших, а также частицы вирусов, в основном бактериофагов. Эти организмы заключены в матрикс синтезированных ими внеклеточных полимерных веществ.

Параметры роста, ферментативные особенности, а главное, устойчивость к негативным факторам окружающей среды у микроорганизмов в биоплёнке отличаются от этих характеристик у свободных клеток.

Образуюсь на поверхности оборудования, биопленка уже защищена от биоцидов с одной стороны твёрдой поверхностью. Матрикс же биоплёнки частично задерживает молекулы консерванта, содержащегося в нашем случае в СОЖ, снижая в итоге концентрацию биоцида. Тесное и длительное расположение рядом различных микроорганизмов, связанных одним матриксом, способствует ускорению ферментативного разрушения биоцида. Также это увеличивает вероятность обмена генами устойчивости к биоцидам. Таким образом, вероятность выживания микроорганизмов в биоплёнке, образовавшейся на поверхности оборудования, очень высока.

Кроме того, СОЖ сама по себе, как матрица, может защищать микроорганизмы от биоцидов.

Ну и человеческий фактор, конечно же, никто не отменял — как мы эксплуатируем смазочно-охлаждающие жидкости, как мы подбираем биоциды для тех или иных смазочных материалов, правильно ли мы дозируем, правильно ли мы обновляем...

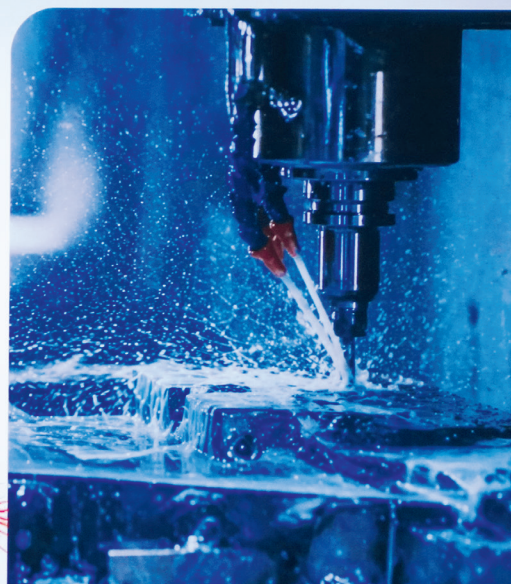
Глобальная проблема с устойчивостью микроорганизмов требует, конечно, комплексного подхода.

В первую очередь, правильное применение существующих биоцидов. А это прежде всего **индивидуальный подбор**. Каждый состав СОЖ, по сути, является уникальным, и в идеале биоцид нужно подбирать под каждую СОЖ. Но даже с индивидуально подобранным биоцидом мы не можем гарантировать его стопроцентную эффективность на конкретном предприятии, поскольку каждое предприятие имеет особенности сложившейся микрофлоры, гигиены производства, грамотности персонала. Но чтобы минимизировать эти расхождения, есть несколько способов.

**Чередование биоцидов.** При замене биоцидов стоит ориентироваться не просто на замену действующего вещества, а обращать внимание, куда именно нацелено данное вещество в клетке. Это нужно, чтобы не столкнуться с тем,

## Преодоление проблем использования биоцидов

Эффективность биоцидов зависит от комплексного подхода, включающего правильный выбор, контроль и обучение персонала, а также внедрение современных технологий и инноваций



что вариант защиты цели уже отработан микроорганизмом при столкновении с предыдущим биоцидом.

**Совместное использование химических и физических методов.** При защите СОЖ желательно использовать не только биоциды, но и другие методы защиты и профилактики — поддержание высокой щелочности, кавитация, очистка от мусора и смазочных масел и т.п.

**Промышленная гигиена.** Речь идёт о раннем выявлении проблемы, персональном подборе корректирующих и мощных средств, контроле эффективности действий.

**Разработка новых биоцидов.** На сегодняшний день это чрезвычайно важная задача — заменить устаревшие действующие вещества, сохранив их эффективность, доступность и экономически целесообразную стоимость. А с учётом обрётённых знаний и тенденций получить биоциды, предотвращающие образование биоплёнок и эффективные по отношению к микроорганизмам в биоплёнках, биоциды, безопасные для человека и окружающей среды.

**Контроль резистенции.** В промышленности, к сожалению, этот пункт сегодня отсутствует. Если, например, в медицине такой менеджмент контроля за возникновением антибиотикорезистентности существует, то в промышленности подобного пока нет, а его нужно внедрять. Почему? Простой пример. Используемые в промышленности биоциды в составе отходов попадают в окружающую среду, где с ними сталкиваются микроорганизмы воды и почвы. Постоянный отбор при разбавленной концентрации биоцида... К чему приходим таким образом? К тому, что для приготовления водосмешиваемой СОЖ мы используем воду, в которой уже есть устойчивые к биоцидам микроорганизмы. Что дальше — думаю, понятно.

Рост устойчивости микроорганизмов к биоцидам в промышленности, в СОЖ в частности, — объективная реальность, требующая системного подхода: от правильного применения существующих средств до разработки новых, обучения персонала и внедрения современных технологий и инноваций, а также программ биоцидного менеджмента.

Да, всё это требует денег, но в долгосрочной перспективе, уверена, будет всё-таки больше выгоды, чем затрат.

