

УДК 658.382.3

**В.В. БЕРЕЗУЦЬКИЙ**, канд. техн. наук, доцент, НТУ «ХПІ»  
**О.В.ХАЛЯВКА**, студентка гр. МТ-46, НТУ «ХПІ»

## **«БІОЛОГІЧНИЙ РЕАКТОР» У РОБОЧІЙ ЗОНІ МЕТАЛООБРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

У статті наводяться аналіз та результати досліджень, які свідчать про те, що у металообробних підприємствах на дільницях де використовуються мастильно-охолодні рідини утворюються небезпечні для робочих умови які обумовлюються наявністю мікроорганізмів.

In the article the analysis and results of researches which testify to that are pointed that in metal-working enterprises on areas where lubricant-cooling liquids are used dangerous for working terms which are stipulated by the presence of microorganism appear.

### **Вступ**

З кожним роком світова промисловість набирає все більших темпів. З розвитком і упровадженням нових технологій виникають і нові проблеми, які є обов'язковою платою за прогрес. Звичайно, в наш час, нехтувати питаннями охорони безпеки життєдіяльності неможливо, а тим паче необхідно велику кількість часу приділяти сфері праці людини, особливо на промисловому виробництві. Убезпечення і захист людей від негативних виробничих факторів є головною метою охорони праці. Тому необхідно не лише виявляти джерело негативного впливу, але й вміти з ним боротися та виключати його.

До небезпечних факторів робочої зони металообробних виробництв відносяться біологічні фактори, які створюють шкідливі умови праці та штучно утворюють так званий «мікробіологічний реактор», що працює без контролю з боку людини. Розгляд питання щодо визначення безпеки цього фактору, та умовами його керування присвячена ця наукова робота.

### **Актуальність теми**

Мастильно-охолодні технологічні засоби або рідини (МОР) є обов'язковим елементом більшості технологічних процесів обробки матеріалів різанням і тиском. Різноманітні процеси металообробки передбачають використання різноманітного асортиментів рідких МОР (більш 100 найменувань). Гостріння, фрезерування, свердління, шліфування й інші процеси обробки різанням сталей, чавунів, кольорових металів і сплавів, неметалевих конструкційних матеріалів,

штампування й прокатка металів характеризуються високими статичними й динамічними навантаженнями, високими температурами, впливом оброблюваного матеріалу на різальний інструмент, штампувальне й прокатне устаткування. В цих умовах основне призначення МОР - зменшити температуру, силові параметри обробки й зношування різального інструменту, штампів і валків, забезпечити задовільна якість обробленої поверхні.

Але суттєвою проблемою є те, що в цеху, в якому застосовуються МОР виникають різні процеси, які загалом складають так званий біологічний реактор, тобто систему взаємопов'язаних між собою процесів, які знижують якість роботи та негативно впливають на робітників. Все необхідне, для створення такого реактору в цеху - це обладнання, що перемішує, система аерації відбиваючими перегородками, сорочка або змійовик для підтримки температури культивування - є в достатній кількості. В цеху, де застосовують МОР " біологічний реактор ", являє собою складний комплекс операцій, які підтримують безперервність культивування з періодичними зупинками.

В результаті утворення такого реактору, створюються всі умови для розвитку мікробіологічного ураження МОР, що свідчить про її нетривалість у використанні, а найголовніше – вплив мікроорганізмів на робітників, що веде за собою підвищену захворюваність. Оскільки «біологічний реактор» - це замкнена система і виключити даний ефект в процесі виробництва на даний період часу не є можливим, тому важливим питанням стає захист робітників від впливу ураженого мікроорганізмами МОР.

### **Загальні відомості щодо МОР**

Масляні МОР являють собою мінеральні мастила в'язкістю при 50°C, в основному, від 2 до 40 мм<sup>2</sup>/с, без присадок або із присадками різного функціонального призначення. Володіючи гарними змащувальними властивостями, масляні МОР мають і недоліки: низьку охолодну здатність, високу вартість, підвищену випаровуваність і пожежонебезпеку.

Останнім часом збільшується значення водяних МОР. До складу таких МОР можуть входити емульгатори, інгібітори корозії, біоциди, противоізносні-противозадирні присадки, антипінні добавки, електроліти, зв'язувальні речовини (вода, спирти, гліколи та ін.) та інші органічні й неорганічні речовини. Водозмішувальні МОР мають ряд переваг у порівнянні з масляними: більш високу охолодну здатність, пожежобезпечність й меншу небезпеку для здоров'я працюючого персоналу, невисоку вартість робочих розчинів. Разом з тим їм властивий і ряд недоліків - підвищена ураженість мікроорганізмами, піноутворення, необхідність утилізації відпрацьованих водяних розчинів.

### **Дослідження мікроорганізмів**

При експлуатації на мастильно-охолодні рідини впливають багато мікроорганізмів: аеробні бактерії; анаеробні бактерії; цвілеві гриби й дрожжові; мікроводорості. Саме ураження МОР мікроорганізмами призводить, як правило, до поступового псування МОР і її передчасній заміні.

Для різних класів МОР характерні різні "сценарії" мікробіологічної ураження: емульсійні й напівсинтетичні МОР (вміст мінеральних масел у концентраті більш 50% і менш 50% відповідно, хоча число 50 достатнє умовно) -

первинне біоураження починається звичайно з розвитку аеробних бактерій, що руйнують емульгатори й органічні інгібітори корозії входні до складу МОР. У міру розвитку біоураження, при наявності застійних зон і масляних плівок на поверхні МОР, починають розвиватися анаеробні сульфоредакуючі бактерії. Їхній розвиток звичайно пов'язаний з наявністю запаху сірководню й остаточним руйнуванням більшості компонентів МОР. У міру розвитку бактеріального біоураження, при наявності застійних зон можливо й поява цвілевих і дрожжоподібних грибів, тільки вони з'являються на поверхні МОР утворюються слизові й пористі плівки, ураження МОР відбувається зі швидкістю, що збільшується. Завершальним етапом біоураження може стати поява мікроводоростей - робота систем подачі МОР при цьому стає неможливою.

Синтетичні МОР (у своєму складі не містять мінеральних масел, або містять їх у незначній кількості) - бактеріально мікробіологічне ураження звичайно не характерне, або протікає повільно. Найчастіше певний час роботи МОР, помітних ознак біоураження не спостерігається, але поступово можливе ураження МОР грибковими мікроорганізмами, починається ураження як правило в застійних зонах. При біоураженні відбувається руйнування компонентів МОР, утворення слизових плівок, пористих "шапок" на поверхні МОР. При розвитку біоураження, з'являється й бактеріальна мікрофлора.

Численними дослідженнями встановлено, що у водних емульсіях розвиваються такі види: *Achr.aerogenes*, *B.cereas*, *B.subtilis*, *B.atitratum*, *D.mucosus*, *D.pneamonice*, *Esch.coli*, *Asch. Freundia* та інші.



Коротко розглянувши їх розвиток та вплив на водні емульсії, виявлено, що найбільшу небезпеку становить сульфатовідновлюючі бактерії, внаслідок розвитку яких відбувається зміна кольору (посиніння) та розкладання емульсії, з'являється характерний запах сірководню, знижується рН середовища, спостерігається поява мікробного слизу тощо. В емульсія розвиваються як мезофіли, так і термофіли, що пояснюється сприятливими умовами їх існування у промислових цехах автоматичних ліній з багаторазовим їх використанням. Мікробіологічне відновлення сульфатів – небезпечний шлях утворення сірководню в природі. Збудники його – десульфуючі та сульфатовідновлюючі бактерії родів *Desulfotomaculum* і *Desulfovibrio*. Для побудови свого тіла таким бактеріям необхідні органічні речовини, які є в достатній кількості у водних видах емульсій. Також органічні сполуки, що містяться у водних емульсіях, є середовищем для існування сіркобактерій, які живляться сірководнем, що його виділяють гнильні бактерії типу *Proteas vulgaris* з гнильних білків, та біохімічних високоактивних бактерій *Pseudomonas*, що також руйнують МОР. Складу компонентів емульсій залежить нормальний розвиток таких мікроорганізмів. Відпрацьовані водні емульсії містять значну кількість грамнегативних аеробних паличок і коків *Pseudomonadaceul*. Більшість з них за типом харчування гетеротрофні. Переважна більшість – сапрофіти, однак є симбіотрофи.

Швидкість біохімічних процесів, що протікають у клітинах мікроорганізмів, залежить від активності ферментів і визначається температурою, рН середовища існування та присутності деяких хімічних елементів (Ca, Mg, Mn,

Fe). Встановлено, що у складі емульсій є такі активатори росту бактерій: Na, K, Ca, Mg, Cl, HCO<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> тощо. Крім того, у незначній кількості у воді містяться іони Fe<sup>++</sup>, Fe<sup>+++</sup>, а в процесі різання та шліфування металевих виробів в емульсію можуть потрапляти інші елементи. В цілому сукупність речовин, що входять до складу водних емульсій, характеризує живильне середовище бактерій і грибків.

Дослідженням встановлено, що основним елементом для живлення мікроорганізмів є С, Н, О та N, а необхідним для росту – відповідно компоненти Ca, Mn, Fe, Co, Cu, Zn. Незначний вплив чинять на ріст мікроорганізмів такі речовини: B, Na, Al, Si, Cl, V, Cr, Ni, As, Mo, Sn, I.

Встановлено, що у водних емульсіях розвиваються як аеробні, так і анаеробні види бактерій. Дослідження, проведені за методом Грама, показали, що аероби представлені в емульсіях одночасно грам-негативною і грам-позитивною паличкоподібною мікрофлорами, незначною кількістю грам-позитивних диплококів, одиничними грамнегативними диплококами і грам-позитивними стрептококами. Анаероби розвиваються переважно у вигляді грам-позитивних великих паличок. Присутність в рідині одночасно аеробів і анаеробів можна пояснити перевищенням в'язкості системи відносно води і недостатністю кисню. Також слід враховувати, що при обробці металів різанням і шліфуванням емульсія збіднюється на кисень, а виділені вільні масла утворюють плівку на поверхні, перешкоджаючи доступу атмосферного кисню.

Аеробні спороутворюючі бактерії складають досить велику групу мікроорганізмів. Вони широко поширені в природі, й відіграють велику роль у різноманітних біологічних процесах.

Серед цієї групи бактерій є й патогенні для людини й тварин форми. Аеробні грам-позитивні мікроорганізми: *Corynebacterium diphtheriae*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus* spp, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus pneumoniae*. Аэробные грамотрицательные микроорганизмы: *Acinetobacter baumannii*, *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, *Citrobacter freundii*, *Eikenella corrodens*, *Enterobacter aerogenes*, *Escherichia coli*, *Gardnerella vaginalis*.

Анаеробні бактерії входять до складу нормальної мікрофлори слизових оболонок у людини й тварин. Основні резервуари цих бактерій знаходяться у ротовій порожнині, у шлунково-кишковому тракті, на шкірі й у жіночих статевих шляхах. Анаероби переважають у мікрофлорі ротової порожнини. До них належать роди бактерій і архей "*Bacteroides*", "*Fusobacterium*", "*Butyrivibrio*", "*Methanobacterium*", а також анаеробні спороутворюючі бактерії: рід клостридіум (*Clostridium*) і десульфотомакулум (*Desulfotomaculum*). Але за несприятливих умов можуть викликати серйозні ускладнення при різноманітних захворюваннях.

### **Безпека застосування МОР**

При експлуатації МОР можливо шкідливий вплив їх на організм людини - специфічний місцевий вплив на шкірний покрив, що має подразнюючу дію на слизові оболонки верхніх дихальних шляхів і очей, загальну резорбтивну дію на організм. Мікробіологічне забруднення також впливає на здоров'я людини. Тому

застосування МОР повинне обов'язково супроводжуватися профілактичними гігієнічними заходами та визначенням мікробіологічного забруднення.

Робочі емульсії й концентрат МОР по ступеню впливу на організм, згідно із класифікацією ГОСТ 12.1.007, належать до 4 класу небезпеки (речовини малонебезпечні). Концентрат МОР виявляє помірну подразнюючу дію на слизову оболонку ока й слабку подразнюючу дію на шкірні покриви. Робочі (3-9%-ні) водні емульсії МОР виявляють слабку подразнюючу дію на слизову оболонку ока, та не виявляють подразнюючої дії на шкірні покриви. Водні (3-9%) емульсії МОР мають слабку кожно-резорбтивну дію. Сенсibiliзуючі властивості концентрату й робочих емульсій МОР не встановлені. Концентрат має слабкі кумулятивні властивості. При приготуванні робочих емульсій і їх застосуванні в технологічному процесі обробки металів необхідно дотримувати вимог СанПіН №3935-85 "Санітарні правила при роботі з мастильно-охолодними рідинами й технологічними змащеннями" і ГОСТ 12.3.025-80 «ССБТ. Обробка металів різанням. Вимоги безпеки».

Щодо мікробіологічного забруднення розгляньмо вплив деяких мікроорганізмів на людину. Анаеробні інфекції розвиваються при руйнуванні гармонічних взаємин між макро- і мікроорганізмом. Будь-який орган чутливий до них при ушкодженні слизових бар'єрів або шкіри, після травм. У зв'язку з тим що в ділянках вегетації бактерій розростаються різноманітні їх види, ушкодження анатомічних бар'єрів створює можливості для впровадження в тканини багатьох мікроорганізмів, що нерідко приводить до розвитку змішаних інфекцій різними видами анаеробів, факультативних або мікроаерофільних бактерій. Подібні змішані інфекції зустрічаються в області голови й шиї (хронічні синусит і середній отит, ангіна Людвіга, періодонтальний абсцес), часто супроводжують інфекції шкіри і м'яких тканин.

Аеробні інфекції частіш за все визивають гнійничкові захворювання. Наведемо декілька прикладів. *Proteas vulgaris* є збудником нозокоміальних інфекцій сечових шляхів, дихальних шляхів, раневі інфекції та інші. *Bacillus cereus* - викликає харчові токсикоінфекції в людини (включаючи блювотний і діарейний синдром), продукує ентеротоксин. *Bacillus subtilis* – умовно патогенний, рідко є збудником харчових токсикоінфекцій.

Цей перелік далеко не завершений тому, що деякі захворювання дуже складно диференціювати, виділити певний вид мікроорганізмів, тим паче встановити зв'язок між ним і МОР.

Приклади різних видів ураження та ускладнень у робітників підприємства, які працюють з МОР.

### **Методика визначення мікробіологічного ураження водо змішувальних МОР**

Існують різноманітні способи для виявлення мікробіологічного ураження МОР. Такі з них:

спосіб контролю кількості мікроорганізмів за допомогою вимірювання диференціальної термо-ЕДС рідини проби, що досліджується (Однак цей спосіб може бути використаний для бактеріологічного контролю якості продуктів, сировини у харчовій та переробній промисловості.)

пристрій біотестового контролю вражених розчинів. Виміри здійснюються за світлопропускну властивості розчинів (однак він не може бути використаний для емульсій МОР, вихідні розчини яких є мутними.)

метод аналізу бактеріологічної активності (метод висіву на МПА), який дозволяє визначити концентрацію бактерій (Однак методика визначення передбачає виконання посівів на МПА з витримкою в часі, щоб на МПА з'явилися результати посіву. Виконання цього методу не завжди можливо в умовах виробництва, а крім цього цей метод не дозволяє виконувати необхідні аналізи розчинів швидко, що іноді є необхідним.)

експрес-метод заснований на дегідрогеназній активності за допомогою індикатора ТТХ (якісний метод визначення). Методика призначена для оцінки мікробіологічного ураження мастильно-охолодних технологічних засобів на водяній основі.

При мікробіологічному ураженні, що відповідає 0-1 балам, емульсія життєздатна; 2-3 - емульсія підлягає коректуванню; 4 - емульсія повністю уражена й підлягає заміні. Керуючись даними, що представлені у методикі, можна визначити ступінь мікробіологічного ураження МОР, встановити час введення в систему біоциду і його кількість, визначити час заміни МОР. Однак час визначення - доба і для його проведення необхідні реактиви, а також відповідні умови. Для виконання тест-контролю безпосередньо у виробничих умовах ці методи не підходять. Також існує розроблений на базі кафедри охорони праці та навколишнього середовища НТУ «ХП» прилад, що дозволяє в умовах виробництва вимірювати ступінь бактеріологічного ураження МОР – це промисловий датчик тест-аналізу. В основу способу даного винаходу покладено задачу розробки нового методу аналізу бактеріологічного ураження водних розчинів МОР, які використовуються при механообробці деталей на токарних верстатах. Досліджувалась залежності між концентрації бактерій в емульсії та кількість газу, що виділяється, який утворюється у процесі життєдіяльності бактерій.

Таким чином, виконавши тест-аналіз один раз у два-три дні, робітник може мати інформацію про ступінь бактеріологічної поразки емульсії, не звертаючись у хімічну лабораторію підприємства. Якщо ступінь бактеріологічної поразки стає більш 2, тоді необхідно застосувати метод регенерації водного розчину.

### **Захист МОР від біоураження**

Найважливішим заходом є захист МОР від біоураження.

Боротьбу з мікроорганізмами здійснюють за допомогою біоцидних додатків (в основному з'єднання формальдегіду і фенолу), що вимагає істотних витрат робочого часу й часті зміни МОР. Крім того, установлена токсичність і негативний дерматологічний вплив ряду біоцидів - пентахлорфенола, меркаптобензтиазола, дітиокарбаматів. Технічні пентахлорфеноли також можуть містити високотоксичні хлорпохідні діоксинів и фуранів.

Біоциди, використовувані при експлуатації МОР, діляться на:

- бактерициди - впливають на розвиток бактерій;
- фунгіциди - впливають на розвиток грибів і дрожжоподібних;
- альгіциди - впливають на розвиток мікроводоростей.

За рубежом іноді практикують застосування біостійких МОР, у складі яких, сульфонатні емульгатори, що є живильною для середовища анаеробних бактерій, замінені на несірчисті з'єднання. У цьому випадку тривалість життя бактерій безпечно для МОР (близько двох днів) і при відсутності зовнішніх забруднень кількість бактерій не перевищує 10 (6) кліток/см<sup>3</sup>.

Прийняті в СНД методи захисту від біоураження - озонування й ультрафіолетове опромінення - за рубежом зараз визнані непридатними. Не застосовують також і термопастеризацію МОР у промислових масштабах. Відомий позитивний досвід з використанням радіоактивного випромінювання, але це вимагає значних капітальних витрат. Найбільш ефективним засобом залишається введення біоцидів і використання біостійких МОР. Англійською фірмою London and Coastal переробкою, що займається збором відпрацьованих мастильних матеріалів, організований новий вид послуг - стерилізація МОР для металообробної промисловості.

Непридатність УФ - опромінення обумовлено двома факторами: труднощами проникнення хвиль через темні шари МОР, що знижує ефективність знищення мікроорганізмів, і використанням широкого спектра випромінювання, що містить хвилі, що становлять небезпеку для людини.

Компанією Triton Thalassic Technologies Inc, (США) розроблений і запатентований новий процес обробки МОР, що генерує УФ - випромінювання визначеної довжини хвилі, здатної проникати через темну непрозору рідину й знищувати бактерії без впливу на мастильні й охолодні властивості МОР.

Інший метод знищення бактерій, розроблений компанією - іонізаційна система, що генерує іони металів.

### **Висновок**

Розглянута проблема є дуже важливою у сфері промислового виробництва. Оскільки виключити ефект «біологічного реактору» неможливо, необхідно застосовувати наступні методи:

- захист МОР від мікробіологічного забруднення за допомогою біоцидних присадок та УФ- випромінюванням;
- захист робітників засобами індивідуального захисту;
- впровадження профілактичних гігієнічних заходів;
- визначення мікробіологічного забруднення.

Виконання цих методів веде за собою збільшення тривалості використанні МОР, а найголовніше – виключення впливу мікроорганізмів на робітників, що веде за собою зниження захворюваності та підвищення їх працездатності.

**Список літератури:** 1. «Эксплуатационные свойства водосмешиваемых СОТС» / Дубровский Ю.С., Румянцева Т.А., Чугай Г.Н. – Київ, 1991 р. 2. «Методики контроля и корректировок рабочих эмульсий (растворов) смазочно-охлаждающих технологических средств» . – Пермь, 2000р. 3. «Управління охорони праці і навколишнього середовища на підприємстві». – ред. М.М. Латишевої – Київ, 1992 р. 4. «Екологічні аспекти застосування мастильно-охолодних рідин». – В.В. Березуцький – Київ 1996 р. 5. [www.oilteco.ru](http://www.oilteco.ru). 6. [www.sovintehnika.ru](http://www.sovintehnika.ru). 7. [www.rovel.ru](http://www.rovel.ru)