

районе пляжа Дельфин. Близкие уровни устойчивости к ионам кадмия обнаружили бактерии из воды Нефтегавани, пляжа Дача Ковалевского и р. Днестр. Представители микробных ценозов исследованных районов полностью отказывались расти при концентрации $1,0 \text{ ммоль}\cdot\text{л}^{-1}$ кадмия.

Большие различия между бактериями исследуемых районов наблюдаются по отношению их к ионам ртути. Высокой резистентностью к Hg^{2+} характеризуются представители микробных ценозов Нефтегавани Одесского порта. Доля бактерий устойчивых к $0,01 \text{ ммоль}\cdot\text{л}^{-1}$ ртути в этом районе составила 91,4%. В то время как доля бактерий, способных расти при этой концентрации ртути в воде р. Днестр не превышала 33,6%, пляжа Дачи Ковалевского 10,8%. Бактерии из воды пляжа Дельфин при этой концентрации ртути практически не обнаружили роста. Как и в отношении кадмия и свинца бактерии из воды этого района были наиболее чувствительны. Ртуть в концентрации $0,1 \text{ ммоль}\cdot\text{л}^{-1}$ полностью подавляла рост бактерий из всех исследуемых районов.

Из сред с максимально возможной концентрацией тяжелых металлов изолировали 50 культур бактерий, обнаруживших высокий уровень резистентности к соответствующему металлу. Изучение фенотипических свойств показало, что все изолированные бактерии представлены грам-отрицательными, палочковидными, подвижными формами.

Таблица.

Таксономический состав (%) бактерий, резистентных к тяжелым металлам

Ион	Концентрация, (ммоль \cdot л $^{-1}$) *	Pseudomonas	Alteromonas	Alcaligenes	Deleya	Marinomonas	Aeromonas
Pb^{2+}	1,00	54,5	9,1	—	9,1	9,1	18,2
Hg^{2+}	0,05	44,5	22,2	22,2	11,1	—	—
Cd^{2+}	0,50	58,3	16,7	—	16,7	—	8,3

Примечание: * — концентрация иона металла в среде, с которой производили выделение культур бактерий.

Как видно из результатов, представленных в таблице, все исследованные культуры бактерий отнесены к 6 родам (Pseudomonas, Alteromonas, Alcaligenes, Deleya, Marinomonas, Aeromonas). Среди них в природных популяциях доминируют бактерии рода Pseudomonas. Доля псевдомонад среди высокорезистентных бактерий составляет для свинца — 54,5%, кадмия — 58,3%, ртути — 44,5%. Значительная часть членов природных популяций относится к родам Alteromonas и Deleya.

УДК 576.8:620.193

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА КОРРОЗИОННО-ОПАСНЫЕ ГРУППЫ МИКРООРГАНИЗМОВ ПОЧВЫ

Исследованы биоцидные свойства гетероциклических соединений, полученных на основе N-изопропил-N-фенил-2-хлорацетамида, по отно-

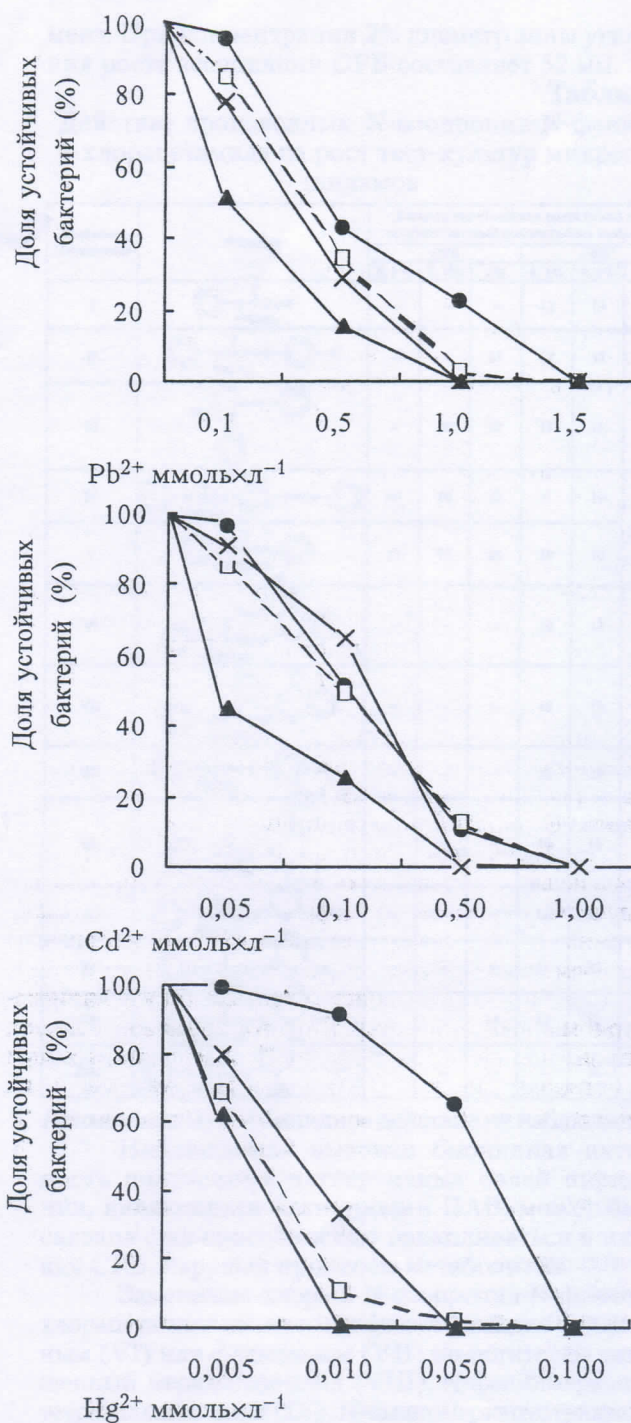


Рис. Доля устойчивых бактерий, выросших на средах с различными концентрациями тяжелых металлов

Н. В. Смыкун, В. А. Янченко,
А. П. Третьяк, И. Н. Курмакова
Черниговский государственный педагогический
университет им. Т. Г. Шевченко

шению к коррозионно-опасным группам микроорганизмов: сульфатредуцирующим и железобактериям. Установлено высокое биоцидное действие

четвертичных солей пиридиния. Показана возможность переработки некондиционного пестицида Рамрод с получением ингибиторов-биоцидов.

Ключевые слова: биокоррозия, гетероциклические соединения, ингибиторы-биоциды, сульфатредуцирующие бактерии, железобактерии.

Новые биоциды для защиты от биокоррозии можно создавать как за счет химической модификации уже известных токсикантов, так и за счет синтеза новых соединений. Показано влияние пестицидов на процесс биокоррозии стали в почве, в том числе на динамику коррозионно-опасных групп микроорганизмов. Действующим веществом пестицида Рамрод является N-изопропил-N-фенил-2-хлорацетамид, замещением хлора в котором получен ряд гетероциклических соединений, содержащих триазольный, пиридиниевый и бензольный циклы с различными заместителями. Некоторые из них проявляют высокие ингибирующие свойства в кислых хлоридных средах и являются синергетическими добавками в композиции на основе отходов регенерации капролактама для защиты стали от кислотной коррозии.

Цель работы – определить биоцидное действие полученных соединений на коррозионно-опасные группы микроорганизмов и проанализировать влияние химической структуры на биоцидную активность для оценки возможности переработки некондиционного пестицида Рамрод в ингибиторы-биоциды.

Материалы и методы. Исследовали антибактериальные свойства гетероциклических соединений, полученных на основе N-изопропил-N-фенил-2-хлорацетамида (I). Состав и строение веществ подтверждены современными методами физико-химического анализа.

Биоцидные свойства веществ определяли методом диффузии в агар. Для этого бумажные диски, пропитанные 0,1%, 0,2% и 2%-ными спиртовыми растворами исследуемых веществ накладывали на поверхность агаризованной среды, засеянной тест-культурой микроорганизмов. В качестве тест-культур использовали накопительные культуры сульфатредуцирующих бактерий (СРБ) на среде Постгейта «В» и железобактерий (ЖБ) на среде Калиненко, выделенных из почвы в зоне контакта с корродирующей поверхностью стальной конструкции. Устанавливали минимальную концентрацию вещества, при которой угнетается рост бактерий тест-культуры.

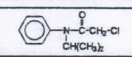
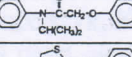
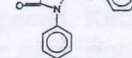
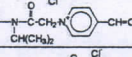
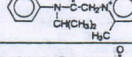
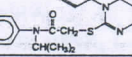
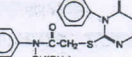
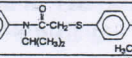
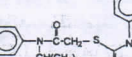
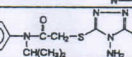
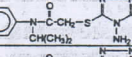
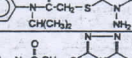
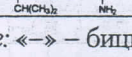
Результаты и их обсуждение. Биологическая активность соединений представлена в таблице.

Ассоциация СРБ не проявляет чувствительности к N-изопропил-N-фенил-2-хлорацетамиду (табл.), несмотря на наличие хлора и фенильного радикала в его структуре. Замещение хлора на бромфенольный радикал (II) и полученные вещества III, содержащего иминотриазольный цикл с двумя фенильными заместителями конденсацией I с дифенилтиомочевинной, повышает биоцидные свойства соединений. Модификация I в четвертичные соли пиридиния (IV–V) позволяет получить биоциды сильного действия. Наибольшее антибактериальное действие проявляет соединение IV, являющееся γ-замещенной солью пиридиния, содержащей ненасыщенный фраг-

мент. При концентрации 2% диаметр зоны угнетения роста ассоциации СРБ составляет 52 мм.

Таблица.

Действие производных N-изопропил-N-фенил-2-хлорацетамида на рост тест-культур микроорганизмов

Условное обозначение	Формула	Диаметр зон угнетения роста (в мм) при соответствующей концентрации вещества					
		СРБ			ЖБ		
		0,1%	0,2%	2%	0,1%	0,2%	2%
I		–	–	–	12	13	14
II		–	–	25	12	12	13
III		–	20	20	11	11	11
IV		20	20	52	9	10	13
V		17	17	20	10	10	12
VI		–	–	–	10	10	11
VII		–	–	–	10	10	10
VIII		–	–	–	12	13	14
IX		–	–	–	10	10	10
X		–	–	–	11	11	12
XI		–	–	–	11	12	12
XII		–	–	14	11	11	12
XIII		–	–	–	10	12	12

Примечание: «–» – биоцидное действие не наблюдается.

Наблюдаемая высокая биоцидная активность полученных четвертичных солей пиридиния, являющихся катионными ПАВ, может быть связана с их способностью накапливаться в клетках СРБ, нарушая процессы метаболизма.

Замещение хлора в N-изопропил-N-фенил-2-хлорацетамиде на меркаптобензопиридон с аллильным (VI) или фенильным (VII) заместителем, замещенный меркаптоанилид (VIII), N-фенилмеркапто-триазольный цикл (IX), N-аминомеркапто-триазольный цикл с различными заместителями (X–XIII) не приводит к появлению биоцидного действия.

По отношению к ассоциации ЖБ все исследованные соединения проявляют слабо выраженное биоцидное действие.

Таким образом, обнаружена высокая биоцидная активность γ-замещенной четвертичной соли пиридиния, содержащей ненасыщенный фрагмент и полученной замещением хлора в молекуле N-изопропил-N-фенил-2-хлорацетамида, по отношению к сульфатредуцирующим бактериям, являющихся коррозионно-опасными микроорганизмами. Это открывает возможности переработки некондиционного пестицида Рамрод с получением ингибиторов-биоцидов.