

Історія медицини

УДК: 613.6-628.5-614.7-504-628.1

ПАМ'ЯТІ ПУТІЛІНОЇ Н.Т., ПЕРШОВІДКРИВАЧА
ЕВОЛЮЦІЙНОЇ ТЕОРІЇ МІКРОБНОГО МЕТОДУ
ЗНЕФЕНОЛЮВАННЯ СТІЧНИХ ВОД*Ходош Е.М.^{1,2}, Щербань М.Г.¹, Яковенко О.К.^{3,4},
Безродна А.І.¹, Шмуліч О.В.¹*¹Харківський національний медичний університет, Харків, Україна²Комунальне неприбуткове підприємство «Міська клінічна лікарня № 13»
Харківської міської ради, Харків, Україна³Комунальне підприємство «Волинська обласна клінічна лікарня»
Волинської обласної ради, Луцьк, Україна⁴Волинський національний університет ім. Лесі Українки, Луцьк, Україна

Фенолвмісні стічні води характеризуються надзвичайно різноманітною сумішшю органічних речовин, в окисленні яких має брати участь не окрема чиста культура мезофільних бактерій, а комплекс мікроорганізмів, спільна діяльність яких забезпечує повне біологічне очищення стічних вод. Біохімічний (мікробний) метод Путіліної Н.Т. задовольняє вимогам очищення водних стоків від фенолу без попереднього розведення. Використання в роботі вченої методів спрямованої мінливості мікроорганізмів дало можливість виростити високоактивні, стійкі, непатогенні чисті культури мезофільних фенолруйнівних мікробів, здатних руйнувати фенол у стічних водах до концентрацій, що не викликають хлорфенольний запах після хлорування при початковій кількості фенолу 200–1000 мг/л. Однак методом очищення стічних вод може бути не тільки мікробним, але і активним мулом. Обидва методи являються біологічними, але способи застосування біології відповідно різні і значно протилежні. У процесі обговорення мікробного методу, на шляху його становлення, було достатньо критики, яка залежала від неякісної роботи аеротенків, проте, як підкреслювала Путіліна Н.Т., «погана експлуатація загалом не може попірати метод».

Ключові слова: фенол, коксохімічні стоки, мезофільні мікроби, мікробне очищення, аеротенки, біологія.



Цитуйте українською: Ходош ЕМ, Щербань МГ, Яковенко ОК, Безродна АІ, Шмуліч ОВ. Пам'яті Путіліної Н.Т., першовідкривача еволюційної теорії мікробного методу знефенолювання стічних вод. Експериментальна і клінічна медицина. 2024;93(2):89-96. <https://doi.org/10.35339/ekm.2024.93.2.ksy>

Cite in English: Khodosh EM, Shcherban MG, Yakovenko OK, Bezrodna AI, Shmulich OV. In memory of Putilina N.T., the pioneer of the evolutionary theory of the microbial method of wastewater dephenolization. Experimental and Clinical Medicine. 2024;93(2):89-96. <https://doi.org/10.35339/ekm.2024.93.2.ksy> [in Ukrainian].

CC BY-NC-SA

Відповідальний автор: Ходош Е.М.
✉ Україна, 61124, м. Харків,
пр. Гагаріна, 137.
E-mail: gen.khodosh@gmail.com

Corresponding author: Khodosh E.M.
✉ Ukraine, 61124, Kharkiv,
Gagarin Ave., 137.
E-mail: gen.khodosh@gmail.com

За словами Василя Ключевського, історія не вчить, а карає за її незнання. Карає та підбиває, безумовно, логічні підсумки. У той же час, логіка подій працює повільніше, ніж ми хотіли б. Тому ми згадали ці висловлювання, щоб відтворити неперевершений освітній рівень першовідкривача наукового методу та цілісну картину видатного відкриття. Мова йде про мікробний метод очищення фенольних стічних вод.

З усіх методів, що застосовуються для очищення фенольних стічних вод, біологічні методи заслуговують на найбільшу увагу. В останні роки поряд з детально вивченим методом спільного очищення фенольних та господарсько-побутових стічних вод активним мулом (в аеротенках та на біофільтратах) для знефенолювання стічних вод коксохімічних заводів використовується мікробний метод, розроблений Ніною Тихонівною Путиліною (1952) [1]. Процес очищення стічних вод цим методом здійснюється комплексом високоактивних специфічних культур фенолруйнівних мікробів. І цей метод став використовуватись на багатьох коксохімічних та металургічних підприємствах колишнього СРСР.

У середині минулого століття розробка біологічного способу руйнування фенолу у стічних водах велася у двох напрямках: Кабаєва М.М. та Базякіна Н.А. пропонували проводити спільне очищення фенольних стічних вод з міськими стічними водами на біологічних станціях. Путиліна Н.Т. та Єгорова О.М. запропонували використовувати для розкладання фенолу чисті культури фенолруйнівних мікробів. Єгорова О.М. виділила високоактивні культури термо-

фільних бактерій, здатних руйнувати фенол при температурі 50–60°C. Майже у цей час, але незалежно від Єгорової О.М., дослідниками Путиліною Н.Т., Хохолкіною О.О. та Мухіною Е.В. у Харківській філії Українського інституту комунальної гігієни було розпочато роботу з вирощування та виділення чистих культур мезофільних фенолруйнівних мікробів (при температурі 8–46°C) для знефенолювання стічних вод (1945–1949).

Використання в роботі методів спрямованої мінливості мікробів дало можливість виростити високоактивні, стійкі, непатогенні чисті культури мезофільних фенолруйнівних мікробів, здатних розкласти фенол у стічних водах до концентрацій, що не викликають хлорфенольний запах після хлорування при початковій кількості фенолу 200–1000 мг/л. Вирощені Путиліною Н.Т. та співавторами культури перевірялися в Українському інституті мікробіології та епідеміології імені І.І. Мечнікова (нині Інститут мікробіології та імунології ім. І.І. Мечнікова НАМН України) та були визнані непатогенними. Робота проводилася комплексно: Державним інститутом проектування коксохімічних заводів, Харківською філією Українського інституту комунальної гігієни та харківським коксохімічним заводом. Основним апаратом, в якому відбувався процес знефенолювання, був аеротенк ємністю 75 л.

Проведена робота показала, що застосування способу збагачення аеротенків чистими культурами фенолруйнівних мікробів («мікробний спосіб») можна рекомендувати для перевірки його на новозбудованій промисловій установці. У 1951 р. вперше цей спосіб був застосований на двох промислових під-

приємствах – смолорозгінному та коксохімічному.

Цікава полеміка Путіліної Н.Т. («До питання про очищення фенольних стічних вод» (1957) [2]) з її опонентами по методам знефенолювання, проф. Жуковою А.І., проф. Калябіною М.М. та Роговською Ц.М., які стверджували, що біологічний метод з активним мулом досконалий і повністю вирішує проблему очищення фенольних вод, і що немає необхідності шукати чогось кращого.

Але на думку Путіліної Н.Т., при роботі установок з активним мулом поліпшення показників якості очищеної води йде здебільшого за рахунок розведення стічних вод іншими водами. Опоненти Путіліної Н.Т. ігнорували фізико-хімічний склад стічних вод, що надходять безпосередньо в аеротенки. Аеротенки промислових установок могли приймати воду для очищення з концентрацією легких фенолів не вище 150 мг/л, а переважно з концентрацією 50–80 мг/л або нижче. Для досягнення таких низьких концентрацій фенолу стічну воду з його концентрацією 1000–3000 мг/л необхідно було розбавляти в 20–30 разів господарсько-побутовими стічними і чистими водами. Тому фактично при використанні такого методу у водойми потрапляло у 20–30 разів більше забруднень, ніж показали опоненти Путіліної Н.Т.

Путіліна Н.Т. аргументовано спростовує висновки своїх опонентів у публічній площині, показує методологічні помилки. Сучасна наука на жаль не часто використовує метод публічних наукових дискусій з обговоренням чужих статей. Найчастіше автори просто публікують та доводять правоту власних досліджень. У радянські часи потрібна була велика мужність для публічного відстоювання власної наукової позиції.

У дослідженнях Путіліної Н.Т. йдеться про необхідність пошуку надійного методу знефенолення замість багатократ-

ного розведення до безпечних концентрацій. Останній підхід вчена розглядала як маскування забруднення [3]. Було доведено, що мікробний метод дозволить досягти повного очищення стоків від фенолу без попереднього розведення. Метод передбачає два етапи очищення. На першому етапі шляхом масивного засіву води аеротенків спеціально вирощеними мікробами руйнуються токсичні речовини (фенол, роданісти та ціаністи сполуки). Після чого стічні води набувають здатності до самоочищення на другому етапі. Для другого етапу необхідні додатковій споруді, названі у роботах Путіліної Н.Т. біофільтрами. Після такого очищення води можуть скидатися на загальну станцію біологічної очистки спільно з господарсько-побутовими водами.

Результати експерименту Путіліної Н.Т., проведеного на Кадіївській установці, були перевірені експертами Головної державної санітарної інспекції. Очистка нерозведених фенольних стічних вод була успішною [4].

Критики методу Путіліної Н.Т. вважали, що чистоту мікробних культур, призначених для знефенолювання, неможливо підтримувати, проте Путіліна Н.Т. ніколи не стверджувала і не збиралася доводити, що в аеротенках вона хоче зберігати чистоту культури. У цьому їй не було необхідності, оскільки внесені мікроби повинні були лише зберігати здатність до руйнації фенолу. Свою думку Путіліна Н.Т. неодноразово пояснювала в опублікованих роботах. Чистоту культур на її думку необхідно було зберігати лише до рівня запобігання зараження води хвороботворними мікробами, які могли б потрапити до водопроводу.

Автори мікробного (біохімічного) знефенолювання стверджували, що немає різниці між біологічним (з активним мулом) та біохімічним (мікробним) методами. По суті ці методи обидва біоло-

гічні, але способи застосування біології абсолютно різні і багато в чому протилежні.

В економічних розрахунках Путіліною Н.Т. була показана вартість грама зруйнованого фенолу, а не вартість кожного кубічного метра очищеної води.

Путіліна Н.Т. не вважала, що проведена нею робота досконала та закінчена, але вона була впевнена, що обраний шлях є правильний, і що мікробному методу належить майбутнє. Слід зазначити, що аж до 2019 року в Google ми знайшли десятки робіт [5–8], автори яких посилаються на основну класичну роботу Путіліної Н.Т. «Обесфенолювання стічних вод коксохімічних заводів шляхом застосування чистих культур фенолруйнівних мікробів», опубліковану в 1952 році в журналі «Гігієна та Санітарія».

Що відомо про Ніну Тихоновну Путіліну. Вона жила у Харкові на вул. Гаршина, 6, у квартирі 26, зі своєю двоюрідною сестрою Антоніною Миколаївною Путіліною. Син останньої, Микола Іванович Путілін (1910–1982), був випускником Харківського медичного інституту 1932 року. Згодом він став доктором медичних наук та професором Харківського медичного інституту. Надалі завідував кафедрою нормальної фізіології, був проректором з науки у Київському медичному інституті (1960–1982). Путілін М.І. був учнем Георгія Володимировича Фольборта (рис. 1),



Рис. 1. Фольборт Г.В.

який з 1926 до 1946 рр. завідував кафедрою нормальної фізіології Харківського медичного інституту, а з 1946 до 1960 рр. був завідувачем аналогічної кафедри Київського медичного інституту. Зокрема, він створив вчення про фізіологію виснаження та відновлення, розкривши основні закономірності цих процесів, які незабаром стали відомі як Правила Фольборта. Путілін М.І. є автором понад 150 наукових праць, присвячених енергетиці фізіологічних процесів, фізіології травлення та вищої нервової діяльності (рис. 2).



Рис. 2. Путілін М.І.

Про Путіліну Н.Т. нам також відомо, що вона народилась у 1893 р. шостою дитиною в родині протоієрея Тихона Івановича Путіліна (1845–1912) (рис. 3).

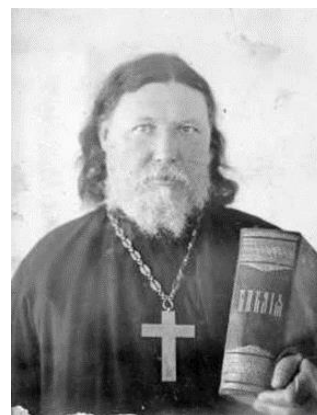


Рис. 3. Путілін Т.І.

Під час Другої світової війни Путіліна Н.Т. із сестрою жили у Харкові

у цій же квартирі. В 1945 році Ніна Тихонівна Путіліна захистила дисертацію кандидата біологічних наук, значна частина якої була присвячена мікробіологічним характеристикам водойм та стічних вод.

У 1947–1959 рр. Путіліна Н.Т. працювала в Харківській філії Київського державного інституту комунальної гігієни на базі санітарно-гігієнічного відділу «Українського державного інституту охорони здоров'я», створеного у Харкові за ініціативою академіка АМН СРСР Марзєєва О.М. (рис. 4).



Рис. 4. Марзєєв О.М.

У 1944 р. установу було переведено до міста Києва. У 2020 році на її базі відкрили Державну установу «Інститут гігієни та медичної екології імені О.М. Марзєєва НАМН України», яку у наступному перейменували у ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України».

Як відомо, академік Марзєєв О.М. один із перших розпочав вивчення забруднення атмосфери та води. Результати його досліджень водойм Донбасу були покладені в основу генеральної схеми водопостачання та каналізації регіону. На основі розроблених ним рекомендацій здійснювалася реконструкція та будівництво гідротехнічних споруд на Дніпрі.

У повоєнні роки у Інституті була створена мікробіологічна дослідницька група, до якої увійшли Локшина С.С., Путіліна Н.Т. та Альбова Є.О. Група присвятила значну увагу бактеріологічній безпеці питної води Сіверського Донцю, проводила мікробіологічні дослідження води на Дніпрі та його електростанціях (Київській, Дніпровській та Кременчуцькій), води Південно-Українського каналу [9].

Не буде перебільшенням сказати, що наукове досягнення Путіліною Н.Т. виявилось епохальним, отже вона розробила мікробіологічний (біохімічний) метод двоступеневої очистки стічних вод промислових підприємств від небезпечних токсикантів (фенолів, роданидів та ціанідів) з використанням мікроорганізмів, ефективність якого незаперечна і сьогодні [10]. Її широкий науковий кругозір, глибоке біологічне розуміння мети дослідження сприяли успіху. Путіліна Н.Т. одна із небагатьох могла писати і говорити простою ясною мовою пропагандиста науки, надавати найскладнішим думкам загальнодоступну форму, що було відомою ознакою наукової школи Марзєєва О.М.

У подальшому мікробний метод очистки промислових стоків вдосконалювала Юровська Є.М., яка встановила, що бактерії з фенолруйнівною дією здатні розщеплювати поліциклічні ароматичні вуглеводні, зокрема бензапірен. Цією проблемою займалися Думанський А.В. (Інститут колоїдної хімії та хімії води), Ярошенко В.О., Горваль А.К. та ін. [11–13].

Як мислитель, дослідник та вчений Путіліна Н.Т. залишається з нами. Час не відвернув від неї увагу, не захлеснув саму пам'ять про неї. Мікробний (біохімічний) метод знефенолювання стічних вод має застосування і в даний час, оскільки став більш простим, дешевим, ефективним і не вимагає попереднього

розведення стічних вод водопровідною водою. Ми згадали лише людину, яка пішла з життя, однак особистість першо-

відкривача лише яскравіше змушує згадувати велич цього вченого.

Конфлікт інтересів відсутній.

Література

1. Путіліна НТ. Знефенолювання стічних вод коксохімічних заводів шляхом застосування чистих культур фенолруйнівних мікробів. Гігієна та санітарія. 1952;12:8-11.
2. Путіліна НТ. Про біологічні методи очищення фенольних стічних вод. Гігієна та санітарія. 1957;(5):74-6.
3. Путіліна НТ. Мікроби, що застосовуються на промислових очисних спорудах для знефенолювання стічних вод. Мікробіологія. 1959;28(5):757-62.
4. Путіліна НТ, Квітницька НН, Костовецький ЯІ. Мікробний метод знефенолювання стічних вод. Київ: Здоров'я; 1964. 87 с.
5. Горшкова ОГ, Гудзенко ТВ, Волювач ОВ, Конуп ІП, Беляєва ТО. Очищення води від фенолу та йонів важких металів асоціацією бактерій роду *Pseudomonas*. Мікробіологія і біотехнологія. 2018;(2):70-80. Доступно на: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MiB_2018_2_8
6. Лур'є ЮЮ, Рибніков АІ. Хімічний аналіз виробничих стічних вод. СРСР: Хімія; 1974. 336 с.
7. Юровська ОМ. Експериментальні дослідження з обезфенолювання стічних вод газогенераторних станцій фенолруйнівними мікробами. Гігієна і санітарія. 1962:8-12.
8. Гудзенко ТВ, Конуп ІП, Волювач ОВ, Горшкова ОГ, Беляєва ТО, Чабан ММ. Видалення фенолу з води бактеріями *bacillus subtilis* onu551, налиплими на носії різної природи. Мікробіологія та біотехнологія. 2019;(1):36-47. Доступно на: <https://www.researchgate.net/publication/332931245>
9. Альбова ЄО. Санітарно-бактеріологічне дослідження харчових продуктів. Київ: Здоров'я, 1968. 168 с.
10. Сурмашева ОВ, Ніконова НО, Корчак ГІ, Міхієнкова АІ, Олійник ЗА, Горваль АК, та ін. Основні напрямки розвитку санітарної мікробіології в Україні. ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзеєва НАМН України». С. 321-9. В: Сузір'я мікробіологічних наукових закладів України. Ред. Ширококов ВП, Понятовський ВА. Вінниця: Нова Книга; 2019. 416 с.
11. Горваль АК. Аналіз якості фасованої питної води, яку споживає населення України за мікробіологічними показниками. Методичні перспективи. 2005;(1):108-12.
12. Сердюк АМ, Полька НС, Сурмашева ОВ, Таран ВВ, Росада МО, та ін. Національний огляд поточної ситуації в галузі управління біоцидами в Україні. Київ: МВЦ «Медінформ»; 2017. 278 с.
13. Росада МО. Наукові засади гігієнічної оцінки небезпеки для населення мікробіологічного забруднення лікувально-профілактичних та побутових закладів. [Автореф дис док мед н, спец. 14.02.02 – Епідеміологія]. Київ; 2018. 17 с.

Khodosh E.M., Shcherban M.G., Yakovenko O.K., Bezrodna A.I., Shmulich O.V.

IN MEMORY OF PUTILINA N.T., THE PIONEER OF THE EVOLUTIONARY THEORY OF THE MICROBIAL METHOD OF WASTEWATER DEPHENOLIZATION

Phenol-containing wastewater is characterized by an extremely diverse mixture of organic substances, the oxidation of which should not involve a separate pure culture of mesophilic bacteria, but a complex of microorganisms, the joint activity of which ensures complete

biological purification of wastewater. Biochemical (microbial) method by Putilina N.T. meets the requirements for cleaning wastewater from phenol without prior dilution. The use of methods of directed variability of microorganisms in the work made it possible to grow highly active, stable, non-pathogenic pure cultures of mesophilic phenol-degrading microbes capable of destroying phenol in wastewater to concentrations that do not cause a chlorophenol smell after chlorination at an initial amount of phenol of 200–1000 mg/l. However, the wastewater treatment method can be not only microbial, but also activated sludge. Both methods are biological, but the methods of applying biology are correspondingly different and significantly opposite. In the process of discussing the microbial method, on the way of its formation, there was enough criticism, which depended on the poor performance of aerotanks, however, as emphasized by Putilina N.T., "bad exploitation generally cannot undermine the method".

Keywords: *phenol, coke chemical effluents, mesophilic microbes, microbial treatment, aeration tanks, biology.*

Надійшла до редакції 22.04.2024

Відомості про авторів

Ходош Едуард Михайлович – кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри інфекційних і дитячих інфекційних хвороб, паразитології, фтизіатрії та пульмонології Харківського національного медичного університету, завідувач пульмонологічним відділенням № 1 Комунального неприбуткового підприємства «Міська клінічна лікарня № 13» Харківської міської ради.

Адреса: Україна, 61124, м. Харків, пр. Гагаріна, 137.

E-mail: gen.khodosh@gmail.com

ORCID: 0000-0003-0572-4932.

Щербань Микола Гаврилович – доктор медичних наук, професор, заслужений професор Харківського національного медичного університету, в.о. директора Науково-дослідного інституту гігієни праці та профзахворювань Харківського національного медичного університету.

Адреса: Україна, 61022, м. Харків, вул. Трінклера, 6.

E-mail: nserban07@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4127-269X.

Яковенко Олег Костянтинович – кандидат медичних наук, Комунальне підприємство «Волинська обласна клінічна лікарня» Волинської обласної ради, Волинський національний університет ім. Лесі Українки, Луцьк.

Адреса: Україна, Луцьк, 43025, Проспект Волі, 13.

E-mail: olehyakovenko31121977@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9865-4314.

Безродна Анастасія Ігорівна – кандидат біологічних наук, асистент кафедри біологічної хімії Харківського національного медичного університету.

Адреса: Україна, 61022, м. Харків, пр. Науки, 4.

E-mail: ai.bezrodna@knmu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-7543-7165.

Шмуліч Олеся Вадимівна – кандидат медичних наук, доцент кафедри медичної біології Харківського національного медичного університету.

Адреса: Україна, 61022, м. Харків, пр. Науки, 4.

E-mail: ov.shmulich@knmu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-8638-4433.