

AFTERPURIFICATION AND TRANSFORMATION OF THE ALCOHOL PRODUCTION WASTE IN SOIL

Chornokozinsky A.V., Salo T.L., Natalchuk A.M., Vashkulat N.P.

ДООЧИСТКА І ТРАНСФОРМАЦІЯ У ҐРУНТІ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА СПИРТУ



**ЧОРНОКОЗИНСЬКИЙ А.В.,
САЛО Т.Л.,
НАТАЛЬЧУК О.М.,
ВАШКУЛАТ М.П.**

ДУ "Центральна науково-дослідна лабораторія якості води та ґрунтів" (ЦНЛ) Інституту гідротехніки і меліорації УААН, ДУ "Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва АМН України", м. Київ

УДК 628.35:361:631.67

Проблема утилізації відходів, зокрема стічних вод спиртових заводів, останніми роками набуває все більшого значення [1-3]. Вирішення цієї проблеми надасть можливість запобігти забрудненню сільськогосподарських земельних угідь, навколишнього середовища у районах розташування спиртових заводів. Зокрема, у ряді випадків мелясна барда не утилізується і разом зі стічними водами скидається у відстійники, де гниє і забруднює водні об'єкти та повітря. Однією з альтернатив утилізації стічних вод (барди) спиртового виробництва є використання їх на полях для зрошення та удобрювання сільськогосподарських культур, які використовуються на корм тваринам [4]. Відомо, що вбирна здатність ґрунту сприяє трансформації та знешкодженню органічних сполук і токсичних речовин стічних вод у ґрунті. Найефективнішою детоксикаційною властивістю щодо знешкодження

токсичних речовин і хімічних сполук характеризуються ґрунти супіщані, суглинисті, найменш ефективною — важко суглинисті та глинисті. У зв'язку з цим ефективність природної доочистки стічних вод залежить від механічного складу та вбирної здатності активного шару ґрунту (0-60 см). Залежно від вказаних параметрів ґрунтом затримується від 50% до 90% різноманітних органічних сполук, 10-50% важких металів та мікроелементів, суттєво знижується БСК₅ — до 70% [5]. Таким чином, у результаті природної доочистки ґрунтом відбувається певна трансформація та знешкодження біогенних та хімічних забруднювачів, які зосереджені у стічних водах та в інших відходах спиртового виробництва.

Слід відзначити, що найбільше значення має поглинання, що здійснюється під дією поверхневих сил молекулярного та іонно-електростатичного походження, яке зумовлене властивістю мікроорганізмів і кореневої системи рослин адсорбувати розчинні у воді корисні поживні речовини. При цьому одночасно з процесами мінералізації відбувається гуміфікація органічних речовин стічних вод, що підвищує вміст гумусу та потенційну родючість ґрунту. Висока кількість поживних речовин у відходах спиртових заводів обумовлює необхідність використання їх для зрошення та удобрювання сільськогосподарських культур.

З метою поліпшення якості стічних вод, які направляються для поливу та зменшення навантаження на ґрунтово-вбирний комплекс, провадилися експериментальні дослідження з технології очищення стічних вод спиртового виробництва за допомогою біогазової уста-

ДООЧИСТКА И ТРАНСФОРМАЦИЯ В ПОЧВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА СПИРТА

**Чорнокозинский А.В., Сало Т.Л., Натальчук А.М.,
Вашкулат Н.П.**

В статье рассматривается возможность утилизации отходов (сточных вод) производства спирта на сельскохозяйственных угодьях с целью орошения и удобрения кормовых культур. В результате исследований установлено, что в процессе трансформации органо-биогенных веществ улучшается питательный режим почв, повышается урожайность. Наиболее экологически приемлемыми для орошения и удобрения являются сточные воды спиртовых заводов, очищенные с помощью новейших современных методов (биохимическое окисление органических загрязнений иммобилизованными анаэробными микроорганизмами). Неочищенные сточные воды, согласно разработанной технологии, предлагается использовать только с целью удобрения один раз в 2-4 года. Эффективное развитие технологий использования отходов спиртовых заводов в сельском хозяйстве способствует не только ресурсосбережению, но и предотвращает загрязнение окружающей среды.

© Чорнокозинський А.В., Сало Т.Л., Натальчук О.М.,
Вашкулат М.П. СТАТТЯ, 2010.

AFTERPURIFICATION AND TRANSFORMATION OF THE ALCOHOL PRODUCTION WASTE IN SOIL
Chornokozinsky A.V., Salo T.L., Natalchuk A.M., Vashkulat N.P.

A possibility of waste utilization (waste water) of the alcohol production on the agricultural land for the irrigation and fertilizer of forage crops is considered in the article. As a result of the research it has been determined that in the process of transformation of organic-and-biogenic substances a nutritional soil regime improves, crop capacity increases. Waste

water of the distilleries, purified with the help of the latest methods (biochemical oxidation of the organic contamination with immobilized anaerobic microorganisms), is the most ecologically appropriate for irrigation and fertilizer. According to the elaborated technology, it is proposed to use the non-purified waste water only for the fertilizer once in 2-4 years. Effective development of the technology for the use of the waste from the distilleries promotes not only the resource preservation but prevents the environmental contamination.

новки на основі біореактора UASB (біохімічне окислення органічних забруднювачів іммобілізованими анаеробними мікроорганізмами).

Трансформація стічних вод спиртових заводів у ґрунті та вплив стічних вод на його агрохімічні і фізико-хімічні показники вивчали в умовах мікропольових дослідів, а також лізиметричних досліджень. Лізиметричний дослід проводився у стаціонарних насипних металевих лізиметрах висотою 1,5 м, діаметром 1,2 м. Досліди були закладені на двох типах ґрунтів — чорноземах типових малогумусних та сірих лісових ґрунтах. Дослідження здійснювали на двох культурах — соняшнику та кукурудзі на силос. Норма поливу встановлювалася залежно від водопотреби культури. Удобрювальний осінній полив неочищеними стічними водами під кукурудзу на силос становив 400 м³/га, а під соняшник — 300 м³/га один раз на 2-4 роки. Зрошувальний полив очищеними стічними водами під кукурудзу становив 1500 м³/га (кожен полив по 500 м³/га), а під соняшник відповідно 1200 м³/га і 400 м³/га. Повторність дослідів чотириразова.

Схема дослідів включала такі варіанти: контроль (без зрошення); удобрювальний полив неочищеними стічними водами + фосфорні добрива; зрошення очищеними стічними водами + фосфорні добрива.

Оскільки стічні води спиртоводріжджового виробництва у більшості випадків мають низький вміст загального фосфору, тому для збалансованого живлення рослин у схему дослідів було додано фосфорні добрива (на зрошувальних варіантах).

У результаті проведених досліджень (2002-2007 рр.) встановлено, що стічні води за-

водів спиртоводріжджового виробництва належать до категорії стічних вод з високою удобрювальною цінністю. Дослідження стічних вод спиртових заводів у розрізі окремих областей (Київської, Харківської, Житомирської, Тернопільської, Вінницької, Полтавської та ін.) показало, що кількість загального азоту у неочищеній стічній воді, яка переважно перебуває в аміачній та нітратній формах, сягає 1,6 г/дм³ (табл. 1).

З удобрювальних органіко-біогенних елементів у стічних водах спиртових заводів найбільше міститься калію (до 18 г/дм³). Невід'ємний компонент живлення рослин — фосфор міститься у стічних водах у недостатній кількості (0,03-1,04 г/дм³). Тому у досліді удобрювальний полив стічними водами провадився з доунесенням фосфорних добрив у відповідності з потребою рослин у цьому елементі живлення.

Як видно з табл. 1, вміст органіко-біогенних речовин у відходах виробництва спирту (стічних водах) не є стабільним і при використанні їх для зрошення та удобрювання сільськогосподарських угідь необхідний постійний нагляд за їх

трансформацією у ґрунті та якістю вирощуваної продукції (корм для тварин).

Значна кількість сполук азоту (1,09-1,63 г/дм³), особливо калію (2,8-18,2 г/дм³), свідчить про низьку якість очистки стічних вод.

Дослідженнями виявлено, що при зрошенні неочищеними стічними водами вміст елементів групи азоту у ґрунті збільшується в 1,6-2,0 рази, а очищеними — в 1,3-1,5 рази, що поліпшує азотне живлення рослин. Але при поливі такими стоками, особливо неочищеними, помічена тенденція до збільшення кількості нітратів у ґрунті, що може призвести до погіршення якості вирощуваної продукції. Тому поливи неочищеними стічними водами пропонуються робити з певними інтервалами (2-4 роки) і надалі. Як показали дослідження, вміст нітратів у ґрунті стабілізується. З метою запобігання накопичення надлишку удобрювальних компонентів, які можуть проявити токсичність у ґрунті і проникнути у рослини, на базі експериментальних досліджень нами встановлено показники їхнього граничного вмісту у стічних водах, які наведено у табл. 2.

Таблиця 1
Середній вміст органікобіогенних речовин у стічних водах спиртових заводів, г/дм³

Показник	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005р.	2006 р.	2007 р.
N	0,19	1,63	0,90	1,09	0,86	1,22
P	0,06	0,04	0,05	0,03	0,09	1,04
K	10,06	18,2	12,5	3,30	4,00	2,82
NO ₃ '	0,26	0,28	0,35	0,22	0,32	0,18
NH ₄ '	0,33	1,30	0,42	1,09	0,54	0,33
P ₂ O ₅	0,06	0,03	0,07	0,03	0,12	0,13
K ₂ O	4,55	8,35	6,25	2,40	1,42	3,21

На базі лізиметричних досліджень провадилися спостереження за поживним режимом та динамікою удобрювальних речовин у ґрунті. У результаті лізиметричних досліджень виявлено, що певна частина азоту вимивається з ґрунту разом з фільтраційними водами переважно у найбільш рухомій формі — у вигляді нітратів. З метою зменшення кількості нітратів у ґрунті удобрювальні поливи неочищеними стічними водами здійснювали через два роки. У результаті досліджень встановлено, що вміст їх у фільтраті на цьому варіанті не перевищував одержаних даних варіантів, що зрошувались очищеними стічними водами. Щодо проведення поливів очищеними стічними водами, слід відзначити, що вміст нітратів знаходився у них у межах від 21,8 мг/дм³ (кукурудза) до 29, мг/дм³ (соняшник), тобто не перевищував допустимих норм. У подальші роки досліджень кількість нітратів знизилася до 16,6 мг/дм³ (соняшник) і 18,5 мг/дм³ (кукурудза), тобто були практично однаковими показники їх вмісту незалежно від вирощуваної сільськогосподарської культури.

Як було зазначено вище, з удобрювальних речовин у стічних водах найбільший вміст калію, який значно перевищує допустимі норми. Тому важливе значення має його динаміка, характер накопичення у ґрунтового розчині, ґрунті та рослинах. Дані лізиметричних досліджень свідчать про певне вимивання у більш глибокі горизонти калію — як загально-

го, так і у формі K₂O. Кількість калію у фільтраті лізиметрів при зрошенні неочищеними стічними водами у декілька разів перевищує його вміст у фільтраті на варіанті з поливом водопровідною водою. Так, у фільтраційних водах при зрошенні неочищеною стічною водою максимальний вміст калію (загального) становив 10,8-23,8 мг/дм³, а при зрошенні водопровідною водою — 3,7 мг/дм³. Після перерви у поливах (2 роки) вміст загального калію у фільтраті зменшився до 7,3-9,8 мг/дм³, що свідчить про його вимивання і подальшу міграцію у більш глибокі горизонти ґрунтового профілю (1,5 м). На варіантах зрошення очищеною водою кількість калію, що вимивається, дещо перевищує його вміст у фільтраті, одержаному у лізиметрах після поливу водопровідною водою. У подальших дослідженнях виявлено, що в очищених стічних водах вміст загального калію у 4-6 разів менший, ніж у неочищених. Отож, очищення стічних вод згідно з вказаною технологією очистки дало можливість значно знизити вміст калію у стічних водах спиртового виробництва. Слід зазначити, що поліпшити технологію очистки щодо вмісту калію при дуже високій кількості цього елемента у стічних водах досить проблематично, але поступово його вміст в очищених стічних водах було доведено до межі граничного параметру — 2 мг/дм³ (дані щодо встановлених граничних параметрів відпрацьовані на базі польових дослідів, враховуючи, що кормові культури, у т.ч. трави, потребують значної кількості калію). Калій є важливим матеріалом для живлення рослин і сприяє біосинтезу вуглеводів, жирів, білків, активізує дію ферментів, бере участь у фотосинтезі.

Граничні параметри якості стічних вод щодо навантаження сполук азоту, фосфору, калію та їх трансформацію у ґрунті в основному досліджували та перевіряли на основі спосте-

режень за поживним режимом ґрунту, особливо за динамікою їх у ґрунті та рослинах з початку вегетації та її закінчення.

Після проведення удобрювальних поливів стічними водами спиртового заводу чорнозему типового малогумусного відбулися деякі зміни у складі органіобіогенних елементів, переважно у бік поліпшення поживного режиму ґрунту. Вміст гумусу у верхньому шарі ґрунту (0-20 см) перебував у межах 2,5-2,8%, а загального азоту — 0,12-0,18%

При зрошенні неочищеними стічними водами найбільш помітні зміни у ґрунті відбуваються у вмісті рухомих форм поживних речовин — калію (K₂O) та нітратів. Як показали спостереження за динамікою та трансформацією цих хімічних речовин, якась частина калію вимивається у більш глибокі горизонти (що підтверджують лізиметричні дослідження), але значно більша його кількість залишається у ґрунті. При зрошенні неочищеними стічними водами кількість калію різко підвищилася, особливо у шарі ґрунту 0-20 см. Слід відзначити, що калій більш інтенсивно поглинається кореневою системою соняшника, тому вміст його у ґрунті під цією культурою був майже наполовину меншим, ніж під кукурудзою. Так, наприклад вміст калію (K₂O) у шарі ґрунту 0-20 см під кукурудзою становив 132 мг на 100 г ґрунту, а під соняшником — 70 мг, відповідно на контролі (без поливу) — 6-10 мг на 100 г ґрунту.

У результаті призупинення поливів неочищеними стічними водами (2004-2005 рр.) кількість калію у ґрунті (шар 0-40 см) під кукурудзою у 2006 р. зменшилася до 73,0-95,0 мг на 100 г ґрунту, а під соняшником — до 26,8-61,0 мг. Щодо нітратів, то спостерігається їх промивання у більш глибокі горизонти, але більша їхня частина поглинається рослинами, що підтверджується лізиметричними дослідженнями. Будь-якого збільшення вмісту ні-

Таблиця 2

Граничні параметри вмісту удобрювальних речовин у стічних водах спиртово-дріжджового виробництва, г/дм³

Загальний азот (N)	NO ₃ '	NO ₂ '	NH ₄ '	Загальний фосфор (P)	Загальний калій (K)
0,3	0,05	0,004	0,1	не лімітується	2,0

тритного ($N-NO_2'$) та аміачного ($N-NH_4$) азоту у ґрунті не зафіксовано. Аміачний азот, вірогідно, звітряється у процесі зрошення. Рухомий фосфор (P_2O_5) в основному затримується у ґрунті і поглинається рослинами.

Що стосується зрошення очищеними стічними водами, слід відзначити, що майже всі показники хімічного складу очищених стічних вод практично відповідають встановленим граничним параметрам, і поливи цими водами є екологічно безпечними. А щодо неочищених стічних вод — можна зробити висновок, що удобрювальні поливи слід здійснювати з певними інтервалами (2-4 роки), що підтверджується даними тривалих спостережень. Хоча підвищений вміст K_2O на варіантах з поливами очищеними стічними водами ще зберігається, але токсичність калію при такому вмісті його у ґрунті не виявлено, тобто вміст його практично не перевищує граничні параметри.

Таким чином, трансформація органо-біогенних речовин стічних вод спиртових заводів загалом має позитивний характер, про що свідчить динаміка поживного режиму ґрунту. Накопичення нітратів та калійних сполук, яке може виникати у ґрунті при зрошенні неочищеними стічними водами, можна запобігти шляхом дотримання рекомендацій та технології щодо їх застосування. Щоб запобігти міграції хімічних сполук у ґрунті, слід стежити за рівнем залягання ґрунтових вод та облаштування полів зрошення. Найбільш екологічно прийнятним є використання для зрошення сільськогосподарських культур очищених стічних вод спиртових заводів.

Проведені санітарно-екологічні дослідження показали, що при використанні для поливів неочищених стічних вод спостерігається суттєве забруднення ґрунту у санітарно-гігієнічному відношенні. Щодо патогенної мікрофлори (у т.ч. сальмонели), дослідження показали, що у ґрунті на всіх досліджених варіантах вона відсутня, також не виявлено яєць геогельмінтів. Загальна забрудненість ґрунту за показниками ЗМО та титр БГКП на дослідних ділянках (полив очище-

ною та неочищеною стічною водою) майже не відрізнялася від контрольного варіанту (без зрошення), тобто МАФМ були у межах $8,5 \cdot 10^4 - 9 \cdot 10^5$ КУО в 1 г ґрунту, а титр БГКП — 1,0-0,01, що свідчить про відносно безпечний ступінь небезпечності цього середовища.

Таким чином, ці дослідження свідчать, що при щорічному проведенні поливів неочищеними стічними водами може відбуватися певне забруднення ґрунту у санітарно-гігієнічному відношенні. Тому такі поливи пропонується здійснювати з періодичними інтервалами — один раз на 2-4 роки. Загалом, як показали дослідження, зрошення та удобрення стічними водами спиртових заводів не призвело до погіршення якості сільськогосподарської продукції, росту та розвитку рослин. Щодо врожайності вирощуваних сільськогосподарських культур, слід відзначити, що на варіантах поливу неочищеними стічними водами, залежно від сільськогосподарської культури, вона підвищується у середньому на 25-50%, а очищеними — на 20-30%, що відповідає сільськогосподарським вимогам.

Висновки

1. Ресурсозберігаюча та екологічно прийнятна утилізація відходів спиртових заводів у сільському господарстві можлива за умов дотримання рекомендацій з технології використання їх для зрошення та удобрення сільськогосподарських (кормових) культур. Рекомендовано удобрювальний полив неочищеними стічними водами провадити з навантаженнями 300-400 m^3 /га під технічні культури один раз на 2-4 роки, а очищеними стоками — 400-500 m^3 /га (вегетаційний полив — 1200-1500 m^3 /га).

2. Лізіметричними дослідженнями виявлено позитивний вплив удобрювальних речовин на процеси формування азотного та калійного режимів у чорноземному та сірому лісовому ґрунтах. Розроблено параметри упередження їхньої токсичної дії. Встановлено, що вміст загального азоту (N) у стічних водах спиртових заводів не повинен перевищувати 0,3 $г/дм^3$ (або 300 $мг/дм^3$), нітратного — 50 $мг/дм^3$, амонійного — 100 $мг/дм^3$, а кількість загального калію — 2 $г/дм^3$.

3. Розроблена технологія очищення стічних вод виробництва спирту (біохімічне окислення органічних забруднювачів іммобілізованими анаеробними мікроорганізмами), а також природна їх доочистка та трансформація хімічних забруднюючих речовин у ґрунті, що забезпечують екологічно прийнятну утилізацію цих відходів та охорону довкілля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Заболотна Г.М., Кошель М.І. Підбір продуктивної бактеріальної асоціації для біохімічного очищення концентрованих стічних вод спиртзаводів // Праці Міжнародної науково-технічної конференції "Розроблення та впровадження прогресивних ресурсощадних технологій та обладнання у харчову та переробну промисловість". — К., 1997. — 53 с.

2. Кошель М., Каранов Ю., Чабан Н. та ін. Очищення стічних вод спиртзаводів іммобілізованими мікроорганізмами // Харчова і переробна промисловість. — 2000. — № 10. — С. 10.

3. Хоружий В.П., Хамад Ихаб Ахмад. Исследования процессов доочистки сточных вод на волокнистых пенополистирольных фильтрах // Проблемы водопостачання, водовідведення та гідравліки: Науково-технічний збірник. — К.: КНУБА, 2006. — Вип. 6. — С. 75-79.

4. Хрушова Т.Н. Рекомендации по использованию сточных вод спиртовых заводов для орошения сельскохозяйственных культур. РТМ 33.04.012-77. — К.: УкрНИИ ГиМ, 1977. — С. 3-58.

5. Переробка міських стічних вод та використання їх для зрошення кормових та технічних культур. ВІД 33-3.3-01-98. — К.: Держводгосп, 1998. — 62 с. *Надійшла до редакції 25.05.2009.*