

БІОЛОГІЧНИЙ ФАКТОР ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БІОПАЛИВА З ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ СИРОВИНИ ЯК ГІГІЄНИЧНА ПРОБЛЕМА

Чудновець А. Я.¹, Стеренбоген М. Ю.²

¹Державна установа «Інститут медицини праці Національної академії медичних наук України», м. Київ

²Національна медична академія післядипломної освіти імені П. Л. Шупика, м. Київ

Вступ. Сьогодні перед Україною гостро постало питання в забезпеченні держави альтернативними джерелами енергоресурсів. Українська галузь твердого біопалива активно розвивається останніми роками. Наукові дослідження за кордоном з даної проблеми спрямовані, в основному, на удосконалення технології отримання біопалива та оцінку його якості. Вивчаються гігієнічні аспекти умов праці робітників у разі виробництва біопалива з відходів рослинної сировини на всіх технологічних етапах, зазначається роль біологічного фактора як фактора ризику для здоров'я працюючих.

Матеріали та методи дослідження. Аналітичний огляд наукових публікацій було проведено з використанням закордонних профільних видань, текстової бази даних PUB MED, бази даних Національної наукової медичної бібліотеки та Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського.

Результати. При виробництві біопалива з відходів деревини та соломи працівники підпадають під вплив комбінованої дії багатокомпонентного аерозолю, який складається з органічної рослинної частки, неорганічної частини (грунту та піску) та хімічних сполук (алкалоїдів, сапонінів, смол, ефірних олій, глікозидів). Встановлено, що загальні рівні концентрації пилу на робочих місцях залежать від технології виробництва, типів обладнання, виду та якості сировини, що оброблюється. При виконанні основних технологічних операцій, які супроводжуються значним пилоутворенням, спостерігається перевищення ГДК пилу в повітрі робочої зони. Наведені чинники викликають зниження функції легенів, бронхіальну гіперчутливість і респіраторні захворювання, такі як органічний пиловий токсичний синдром, алергічний альвеоліт, астму, хронічні обструкції дихальних шляхів, зокрема, хронічний бронхіт, синдром подразнення слизової оболонки і риніти. При переробці деревини – ялини, сосни, липи, берези, клена, бука, дуба в робітників виникають алергічні реакції, що супроводжуються кровотечею з носа, слабкістю, втратою апетиту, блювотою, захворюваннями шкіри. Особливо важливим чинником, що діє на працівників при виробництві біопалива з відходів рослинної сировини, являється мікробний чинник. Мікробіологічна компонента складається з широкого спектра бактерій, мікроскопічних грибів та продуктів їхньої життєдіяльності ендо- та мікотоксинів. Встановлено, що зразки соломи були значно більше контаміновані бактеріями, ніж тирса деревини, дерев'яні гранули та брикети, концентрації ендотоксинів (ЕТ) у соломі також були значно вищими, ніж в інших видах сировини. Перевищення становило від 2 до 50 разів, а інколи доходило і до 100 разів. Концентрації мікроскопічних грибів у соломі також були значно вищими, ніж в іншій сировині. Високі концентрації грибів та ендотоксинів зафіксовані й у разі механічної переробки соломи. У пилу тирси деревини та соломи були також виявлені мікроскопічні гриби та мікотоксини, які можуть чинити інфекційну, алергенну та канцерогенну дію.

Висновки. При виробництві біопалива з відходів деревини та соломи працівники підпадають під вплив комбінованої дії багатокомпонентного аерозолю, який може складатися з органічної рослинної частки, неорганічної частини (частки ґрунту та піску) та хімічних сполук (алкалоїдів, сапонінів, смол, ефірних олій, глікозидів). Встановлено, що концентрації пилу на робочих місцях залежать від технології виробництва, типів обладнання, виду та якості сировини, яка оброблюється. Значне перевищення ГДК пилу спостерігається при виконанні основних технологічних операцій, що супроводжуються значним пилоутворенням (завантаження, подрібнення, фасування). Особливо важливим чинником, що діє на працівників при виробництві біопалива з відходів рослинної сировини, являється мікробний чинник. Його складова тісно пов'язана з виробничими факторами й залежить від загального рівня пилу, фізичних та хімічних факторів. Мікробіологічна компонента складається з широкого спектра бактерій, мікроскопічних грибів та продуктів їхньої життєдіяльності ендо- та мікотоксинів, які у виробничому середовищі можуть чинити негативний вплив на здоров'я працюючих. Наявність у виробничому середовищі перерахованих вище факторів впливу можна вважати потенційним фактором ризику у виникненні професійно обумовлених і професійних захворювань для працівників підприємств з виробництва біопалива з рослинної сировини.

Ключові слова: гігієна праці, біопаливо, солома, тирса деревини, органічний пил, мікроорганізми, вплив на здоров'я

Вступ

Сьогодні перед Україною гостро постало питання в забезпеченні держави альтернативними джерелами енергоресурсів. Розвиток виробництва біопалива обумовлений, насамперед, подорожчанням викопних ресурсів, загрозами глобальної зміни клімату, зростаючою емісією вуглекислого газу в атмосферу і т. д. Використання біопалива з біомаси не викликає збільшення концентрації вуглецю в атмосфері, забезпечує зниження споживання енергії та може сприяти рішенню екологічних проблем.

Українська галузь твердого біопалива активно розвивається останніми роками. За даними «Українського біопаливного порталу», у секторі виробництва твердопаливних брикетів з деревини, а також пелетів із соломи, кількість виробників інтенсивно зростає з кожним роком. Українські компанії сумарно виробляють близько 1,5 млн т різних видів паливних брикетів та пелетів за один рік, а експорт твердого біопалива з нашої країни забезпечує до 10 % загальної потреби ЄС у даній продукції [37, 39].

Наукові дослідження за кордоном з даної проблеми спрямовані, в основному, на удосконалення технології отримання біопалива та оцінку його якості. Вивчаються гігієнічні аспекти впливу умов праці на робітників при виробництві біопалива з відходів рослинної сировини на всіх технологічних етапах, зазначається роль біологічного фактора як фактора ризику для здоров'я працюючих [5, 25].

Мета дослідження — проаналізувати та узагальнити дані літератури сучасного стану виробництва біопалива з відходів сільськогосподарської сировини (деревини та соломи), та оцінити вплив біологічного фактора на здоров'я працюючих.

Матеріали та методи дослідження

Аналітичний огляд наукових публікацій було проведено з використанням закордонних профільних видань, текстової бази даних PUB MED, бази даних Національної наукової медичної бібліотеки та Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського.

Результати дослідження та їх обговорення

Відходи сільськогосподарської сировини — деревину та солому — як паливо з біомаси використовують

давно. Ця технологія успішно використовується в Європі, США, Канаді, а останнім часом і в Китаї [25, 30].

Деревина та солома — відтворений ресурс, підтримує баланс двоокису вуглецю в атмосфері: скільки CO_2 виділиться при спалюванні, стільки потім буде спожито протягом наступного літа в ході росту рослин. Елементарний склад соломи й теплота її згоряння (13–16 МДж/кг) не надто відрізняються від відповідних показників для деревини (7,2–18,4 МДж/кг), хоча теплота згоряння соломи нижча, ніж сухої деревини. Фахівці підрахували: якби в Україні переробляли на біопаливо хоча б 70 відсотків соломи, яка часто гниє на полях, можна було б компенсувати кілька мільярдів кубометрів експортованого газу.

Рівень забруднення навколишнього середовища при спалюванні відповідного палива залежить від вмісту в ньому азоту та сірки. Згідно з нечисленними даними, у деревах міститься менше ніж 1,5 % азоту і менше ніж 0,1 % сірки. Вміст кальцію, фосфору, калію та магнію, очевидно, не досягає таких кількостей, які могли б негативно позначитися на процесі виробництва енергії; одержувана саме зола може бути використана як добриво. Природно, виробництво енергії буде ефективніше при меншій кількості в сировині вологи й золи. У деревах волога становить приблизно 55 %, а зола — близько 2,5 % і менше [37].

Деревина містить алкалоїди, сапоніни, смоли, ефірні олії, глікозиди і т. п. Окремі види порід дерев можна розділити за вмістом токсичних речовин на три групи: біологічно індиферентні (дуб, бук, клен, береза, липа), біологічно активні (сосна, туя, ебенове та червоне дерево), токсичні або сильно алергізуючі (тис, самшит, особливо американський ін.). До останньої групи слід віднести й більшість тропічних порід [1, 2].

Хімічні сполуки, які можуть визивати алергічні реакції, як правило, знаходяться у внутрішніх частинах або серцевині дерева [4]. Пил деревини при вдиханні здатний зменшити чисельність миготливого епітелію й послабити нюхову чутливість у носових проходах. Це може призвести до подразнення, частого чхання, запалення, носових кровотеч і інфекції носових пазух [6].

Дані літератури щодо впливу пилу в разі виробництва біопалива з деревини досить незначні. За даними зарубіжних дослідників, галузі, які мають високий ризик негативного впливу пилу деревини, — це

деревопереробка, деревообробка в меблевій промисловості, професійна діяльність столярів і теслярів. Пил деревини утворюється при таких технологічних операціях, як розпилювання, обтісування, стругання або шліфування деревини. Вплив на людський організм залежить від часу контакту, розміру частинок та породи дерев [15].

Результати досліджень вітчизняних і зарубіжних учених показали, що пил деревини — небезпечна речовина, що викликає широкий спектр негативних наслідків [8, 15]. Навіть короточасний контакт людини з пилом викликає сильну алергічну реакцію, яка супроводжується подразненням слизових оболонок, сильною нежиттю, слізотечею та кровотечею з носа; найчастіше локалізується на різних ділянках шкіри й виявляється у вигляді свербіжу, може викликати запалення всіх шкіряних покривів [17, 20].

У літературі описані захворювання шкіри, викликані пилом дерев, звичних для нашого регіону, таких як ялина, сосна, липа, береза, клен, бук, дуб. При переробці такої деревини в робітників виникають алергічні реакції, що супроводжуються кровотечею з носа, слабкістю, втратою апетиту, блювотою і та ін. Учені поки не прийшли до єдиної думки щодо шкідливості та небезпечності розглянутого фактора. Накопичена інформація дозволяє говорити про негативний вплив на здоров'я людини та потребує обґрунтування щодо віднесення пилу деревини до речовин 3 класу безпеки [17, 33].

Дерматити, пов'язані з впливом пилу деревини, представляють загальну небезпеку для здоров'я. У процесі переробки деревини в повітря робочої зони потрапляють більшість хімічних та сенсibiliзуючих чинників. Найбільша кількість дерматитів відмічена в працівників підприємств з виготовлення пиломатеріалів [27].

Було виявлено, що залежно від технології виробництва, застосовуваних типів обладнання, запиленість повітря на робочих місцях перевищує ГДК в 1,1–7,0 разу, що в більшості випадків означає шкідливі умови праці з класом безпеки 3.1–3.3. За даними обстеження понад 50 найбільших підприємств галузі, значення цього показника протягом зміни досягає 6,6–42,0 мг/м³, а під час обробки — 60–90 мг/м³ (ГДК для деревного пилу встановлена в межах 6 мг/м³). З'ясувалося також, що пил деревини залежно від породи дерева й виду обробки містить 58–89 % часток з розміром менше ніж 10 мкм. Отже, за період роботи людина підпадає під значне пилове навантаження [4, 35].

Несприятливі наслідки для здоров'я, пов'язані з впливом пилу, включають дерматити, алергічні респіраторні ефекти слизової оболонки та не алергічні респіраторні ефекти. Наведені чинники викликають зниження функції легенів, бронхіальну гіперчутливість і респіраторні захворювання, такі як органічний пиловий токсичний синдром, алергічний альвеоліт, астму, хронічні обструкції дихальних шляхів, зокрема, хронічний бронхіт, синдром подразнення слизової оболонки та риніти [7, 8, 16, 26].

Національний інститут з охорони праці та промислової гігієни (NIOSH) розглядав вплив пилу листяних порід і пилу м'якої деревини як потенційний канцерогенний чинник для людини. Було виділено три типи раку, пов'язаних з впливом пилу деревини — враження слизової порожнини — синуса носа, слизової порожнини матки, враження легенів та хвороба Ходжкіна. Встановлено, що в робітників, які працюють на млинах, виробляють пиломатеріали та в робітників лісопилок був вище рівень лімфом, лейкозів порівняно з контрольною групою [26, 27, 31].

Є відомості про поширеність серед робітників деревообробної промисловості носових поліпозів, пухлин нижньої щелепи, аденокарцином параназальних синусів [12, 31].

Лімітуючі показники для пилу деревини (ГДК), що містять менше ніж 2 % SiO₂, дорівнюють 6 мг/м³; 2–10 % — 4 мг/м³, більше 10 % — 2 мг/м³.

У Чехії лімітуючі показники для пилу біологічно індиферентної деревини рекомендовані на рівні 10 мг/м³, біологічно активної (дратівної дії) — 5 мг/м³, токсичної та алергізуючої — 1 мг/м³. У США для пилу деревини лімітуючий показник для листяних порід становить 1 мг/м³ і 5 мг/м³ для хвойних порід. Національний інститут з охорони праці та промислової гігієни (NIOSH) встановив ліміт рекомендованої експозиції (REL) для пилу деревини, м'яких та твердих порід (крім західного червоного кедра), на рівні 1 мг/м³ при тривалості робочої зміни 10 год і робочого тижня — 40 год (NIOSH, 1992 р.). У РФ прийнятий документ (СанПиН 1.2.2353-08 «Канцерогенные факторы и основные требования к профилактике канцерогенной опасности»), де пил деревини твердих порід дерев (дуба, бука, берези, ясеня та ін.) віднесено до хімічних канцерогенних факторів, а ГДК пилу, що містить менше ніж 2 % SiO₂ дорівнює 6 мг/м³ [3, 4, 23, 33].

Деякі країни, наприклад, Польща, запропонували обмеження для біоаерозолів на промислових підприємствах. Ці значення значно вищі (у 1000

разів), ніж ті, що запропоновані для непромислових робочих місць [10].

Працівники підприємств з переробки різних видів деревини можуть піддаватися впливу великої кількості алергенних і імунотоксичних агентів, до яких належать і мікроорганізми, що контамінують деревину [21].

Наукові дослідження, що були проведені на підприємствах з переробки деревини, виявили в повітрі робочої зони широкий видовий спектр мікроорганізмів (грамнегативні бактерії, мікроскопічні гриби) та продукти їхньої життєдіяльності (ендотоксини, β -1,3; D-глюкани, мікотоксини). Ці біологічно активні речовини добре відомі як потенційні чинники багатьох захворювань. Наукові дослідження з даної проблематики були проведені на різних континентах: Африка, Австралія, Європа і Північна Америка [13].

Дослідження показують, що концентрації та видовий склад мікроорганізмів при переробці деревини можуть варіювати значною мірою залежно від виду деревини, що обробляється, регіону та місця її зростання, технології виробництва та інших умов. Забруднення повітря робочої зони при переробці деревини мікроорганізмами значною мірою залежить від ураження мікроорганізмами деревини, тобто первинної інфікованості, що визначає кількість та якість мікроорганізмів, що контамінують деревину залежно від виду рослини та умов зростання, та вторинної інфікованості, що формується в процесі зберігання, транспортування, технології виробництва та ін. [21, 22].

Первинна інфекція, що розвивається в деревині, як правило носить бактеріальну контамінацію, яка описана як «Піонерські організми», а у вторинній інфекції перевагу складають мікроскопічні гриби, які можуть в кінцевому підсумку призвести до розпаду деревини [36].

Дослідження шести видів заготовленої деревини, що виконані в США, показали, що кора зазвичай містить велику кількість грампозитивних бактерій і цвіль, а внутрішня деревина (заболонь і серцевина) містить велику кількість грамнегативних бактерій та дріжджів [11]. Вторинна інфекція ушкоджує деревину при подальшій обробці (тирса, дошки), або зберіганні в умовах, які сприяють зростанню мікроорганізмів. Це характеризується рясним зростанням цвілі, а при обробці такої сировини потрапляє в зону дихання й часто викликає респіраторні захворювання працівників [11, 18].

Наукові дослідження з вивчення умов праці, що проводились на підприємствах з переробки різних видів деревини, показали, що робітники даної галузі піддаються впливу мікроорганізмів, концентрації яких у повітрі робочої зони коливаються в межах $10^3 - 10^7$ КУО/м³ [10, 18, 19].

Багато досліджень зауважують на те, що концентрації мікроорганізмів на підприємствах з обробки деревини зростають значною мірою за рахунок вторинної інфікованості сировини при її зберіганні [10, 19, 21], а також високі концентрації мікроорганізмів виявлялися на сільськогосподарських підприємствах, що переробляли деревину на корм для тварин та тваринницьких ферм [11, 28].

Сьогодні відсутній міжнародно визнаний норматив, значення ГДК. Тому отримані науковцями результати досліджень можна порівнювати лише з рекомендаціями конкретних авторів. Мальмросом та співавт. запропоноване значення OEL для загальної кількості мікроорганізмів, що становить $10 \cdot 10^3$ КУО/м³ у повітрі робочої зони [49]. Для грамнегативних бактерій значення OEL становить $10 \cdot 10^3$ КУО/м³, запропоноване P. Malmros та ін. [24]. Однак наукові дослідження багатьох авторів, які були проведені на підприємствах з переробки деревини, показали значне перевищення рекомендованих показників. Аналіз літератури дозволив зробити висновок, що на підприємствах з переробки хвойної деревини, ці показники були вищими, ніж на підприємствах з переробки листяної деревини. Це свідчить, що ризик від впливу мікроорганізмів, як правило, більший на лісопилних заводах, з переробки хвойних порід дерев порівняно з переробкою листяної деревини [22].

Проведено дослідження, у ході якого було показано, що при переробці бука концентрації грамнегативних бактерій у повітрі робочої зони значною мірою перевищували концентрації даного виду бактерій при обробці соснової деревини [21, 23].

Були також проведені дослідження на підприємстві з переробки соснового лісу та переробки дуба. Найбільші концентрації сапрофітної мікрофлори, тобто найбільший ступінь ризику, було виявлено на робочих місцях керувальника та розпилювальника при переробці сосни. До того ж ризик було пов'язано з первинною інфекцією, що зберігається в соснових колодах контамінованих мікроорганізмами, які в процесі обробки колод, разом з тирсою та значним пилоутворенням, надходять у зону дихання працівників. Мікробіологічні дослідження

показали, що повітря робочої зони контаміноване мікроскопічними грибами *Aspergillus fumigatus* і коринебактеріями. *Aspergillus fumigatus* є відомим небезпечним агентом, який може викликати алергічний альвеоліт, астму та аспергільоз легенів [28].

На робочому місці робітників, що займаються розпилюванням соснової деревини, у повітрі робочої зони переважали, в основному, грамнегативні бактерії. Домінуючі штами належали до *Enterobacter sp.* [19] та ідентифіковані до приналежності роду *Rahnella*, тісно пов'язаного з *Enterobacter* [22]. Екологічне становище цього роду, що включає дотепер тільки один вид *Rahnella aquatilis*, ще мало відомі. Мікробіологічні дослідження соснової деревини показали, що його концентрація може досягати рівня 10^9 КУО на 1 г. Ці бактерії також були виділені з деревини європейського бука (*Fagus Sylvatica*), ялиці (*Abies Alba*) і норвезької ялинки (*Picea Excelsa*) [19, 21, 22].

Серед видів *Rahnella*, виділених з дерева, частина з них має типові властивості *Rahnella aquatilis*, але більшість штамів виявляє різні властивості, що свідчить про ще не встановлені та не вивчені види. Було також виявлено, що штами *Rahnella*, що контамінують деревину, можуть продукувати ендотоксини, які мають сильну біологічну активність [19].

В інгаляційному експерименті на кроликах, ендотоксин *Rahnella* викликав сильну імунологічну відповідь, що супроводжувалось значним зростанням рівнів цитокінів [13, 19].

Наявність цих бактерій, які продукують сильний ендотоксин, може пояснити, принаймні частково, зростання бронхіальної чутливості в працівників, що переробляють деревину сосни [26, 27].

Деревина сосни є однією з найпоширеної промислової деревини в Європі і, отже, проблема захисту працівників даної галузі від виробничого пилу, контамінованого ендотоксинами, що виробляє вид *Rahnella*, є дуже важливим.

Вдихання ендотоксину може викликати неспецифічну запальну реакцію в легенях. Крім ендотоксинів виду *Rahnella SPP*, при переробці хвойних і листяних дерев у повітря робочої зони потрапляють види ендотоксинів, що продукуються грамнегативними бактеріями видів *Pantoea agglomerans*, *Enterobacter SPP.*, *Klebsiella SPP.*, *Pseudomonas SPP* [9, 10, 19].

Ендотоксини, що потрапляють у повітря в процесі руйнування мембранної оболонки бактерій, як правило мають розмір 30–50 нм у діаметрі [15].

При переробці хвойних порід дерев були виявлені високі концентрації ендотоксинів, значення яких перевищували в 1,5–40,0 разу від рекомендованих значень OEL 0,1–0,2 мкг/м³, запропонованих Rylander, що становить потенційну небезпеку для здоров'я [10].

P. Malmgros і співавт. запропонували значення 5 нг/м³ [24]. Ці значення були вище порівняно з результатами, отриманими U. Alwis з співавт. [1] і J. Mandryk та ін. [26] на австралійських лісопилнях. Це може бути пов'язано як з географічними відмінностями, так і більш високотехнологічним процесом виробництва.

Дослідженнями, проведеними під час переробки колод дуба, що зберігалися на відкритому повітрі протягом 6–9 місяців, було встановлено значне мікробне забруднення, пов'язане з вторинною інфекцією сировинних дощок, колонізованих формами *Penicillium citrinum*. Це створює ризик виникнення алергічних захворювань у працівників при вдиханні повітряних спор [21].

На лісопилному підприємстві, при обробці порід хвойних дерев, було проведено дослідження вивчення мікробного фактора в повітрі робочої зони. Було показано, що на початковій стадії переробки, поперечній різці довгих колод на відкритому повітрі, концентрація мікроорганізмів у повітрі була дуже низькою. А в процесі розпилювання концентрація мікроорганізмів у повітрі робочої зони збільшилася приблизно в шість разів до рівня $4,2 \cdot 10^4$ КУО/м³. У видовому складі явно переважали мікроорганізми видів коринебактерії (в основному *Corynebacterium SPP.*), що становили майже 50 % від загальної кількості мікроорганізмів, і мікроскопічні гриби. Про потенційно патогенні властивості коринебактерій, пов'язаних з органічним пилом, відомо недостатньо. Тим не менш, було зареєстровано випадки алергічного альвеоліту, викликаного *Arthrobacter globiformis* і *Brevibacterium*. Пептидоглікан, що виробляється цими бактеріями, може викликати ОДЦ [22].

Узагальнені мікробіологічні дослідження показали, що видовий склад мікроорганізмів при переробці деревини був наступний:

— Грамнегативні бактерії: *Acinetobacter calcoaceticus*, *Alcaligenes faecalis*, *Enterobacter spp.*, *Pantoea agglomerans* (synonyms: *Erwinia herbicola*, *Enterobacter agglomerans*), *Pseudomonas spp.*, *Rahnella aquatilis*, *Rahnella spp.*;

- Бацили: *Bacillus cereus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus spp.*;
- Коринебактерії: *Arthrobacter globiformis*, *Arthrobacter spp.*, *Brevibacterium linens*, *Brevibacterium helvolum*, *Corynebacterium pseudodiphtheriticum*, *Corynebacterium xerosis*, *Corynebacterium spp.*, *Microbacterium lacticum*;
- Інші мезофільні бактерії: *Lactobacillus spp.*, *Micrococcus luteus*, *Micrococcus spp.*, *Nocardia spp.*, *Rhodococcus spp.*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus spp.*, *Streptococcus lactis*, *Streptococcus spp.*, *Streptomyces albus*, *Streptomyces spp.*;
- Термофільні актиноміцети: *Saccharomonospora viridis*, *Saccharopolyspora rectivirgula** (synonyms: *Faenia rectivirgula*, *Micropolyspora faeni*), *Thermoactinomyces vulgaris**;
- Гриби: *Alternaria alternata**, *Aspergillus candidus**, *Aspergillus fumigatus**, *Aspergillus repens*, *Botryotrichum spp.*, *Botrytis cinerea*, *Candida spp.**, *Cephalosporium glutineum*, *Geotrichum candidum*, *Monosporium olivaceum*, *Monosporium spp.*, *Mucor spp.**, *Paecilomyces spp.*, *Penicillium citrinum**, *Penicillium spp.**, *Rhinocladiopsis spp.* (A3), *Rhizopus nigricans**, *Rhodotorula spp.*, *Trichoderma album*, *Trichoderma viride**, *Trichothecium roseum*.

Таким чином, було зроблено висновок, що при переробці деревини працівники на робочих місцях піддаються впливу мікроорганізмів, які контамінують повітря робочої зони, створюючи ризик для органів дихання. Найбільший ризик представляють види алергенних грибів, що розвиваються на корі колод хвойних порід та при зберіганні деревини, а також ендотоксини, що продукуються грамнегативними бактеріями роду *Rahnella* [21, 22].

Дослідження вітчизняних та закордонних авторів підтверджують, що виробничий пил органічного походження, до якого відноситься пил деревини та соломи, уражений значними концентраціями мікроорганізмів, а видовий спектр мікроорганізмів представлений багатьма видами бактерій та мікроскопічних грибів [21, 32, 38]. Автори вказують на те, що непатогенна сапрофітна мікробна флора, яка контамінує виробниче середовище при переробці рослинної сировини, може становити потенційну загрозу для розвитку респіраторних захворювань, кишкових розладів, дерматозів різної етіології,

негативно впливати на нервову систему, слугувати ризиком негативного впливу на здоров'я працівників [10, 34, 38].

При дослідженні зразків сухого пилу з зернової соломи було виявлено $1,9 \cdot 10^8$ КУО/м³, 93 % з яких становлять бактерії. Відношення кількості бактерій до числа грибів коливалося від 30 : 1 до 3 : 1. У відібраних зразках частіше виявлялися гриби роду *Penicillium*, *Aspergillus* та *Mucor* [34, 38].

При вивченні мікрофлори зразків соломи та сіна під час збирання й після 4–5 місяців зберігання було встановлено, що відібрані зразки найчастіше засіяні спорами грибів родів *Alternaria tenuis*, *Aspergillus fumigatus*, *Mucor*, *Penicillium sporotrichiella*, *pidue* – *Fusarium chaetoniium*, *Scopulariopsis*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Slachylobotris*. Доведено, що в разі зволоження соломи під час збирання або зберігання зростає як видовий склад флори грибів, так і ступінь ураженості. Наймасовіший вид *Alternaria tenuis* вражав до 85 % сіна і до 100 % соломи [11].

Мікробіологічний аналіз 7 видів сировини – соломи, свіжої та висушеної трави, макухи, зерна показав, що найбільша зараженість пліснявими грибами встановлена для соломи, зерна та сухої трави. Усього було виділено 55 штамів різних видів грибів. Серед них представники *Trichoderma* і *Alternaria* переважали в зразках зерна, *Aspergillus* – у сіні, *Fusarium* – у макусі. Штам *Aspergillus niger* виявлялися в усіх досліджених продуктах, *Alternaria alternata* – в усіх зразках, крім свіжої трави. Частіше за інші види виявляли представників *Aspergillus flavus*, *Aspergillus terreus*, *Penicillium cuclopium*. Автори роблять висновок, що зараження сировини мікроскопічними грибами або їхніми метаболітами може слугувати причиною респіраторних, кишкових і нервових захворювань людини [14, 18, 26].

Встановлені також сезонні варіації популяції аеробних бактерій і концентрацій ЕТ в органічному пилу з відходів рослинної сировини. Бактеріальний аналіз пилу показав, що грамнегативні бактерії не переважають над загальною кількістю мікроорганізмів [28]. Зниження рівнів загальної кількості мікроорганізмів спостерігається в серпні, а підвищення починається з листопада. Концентрації грамнегативних бактерій збільшуються до березня й зменшуються до жовтня. Вид *Enterobacter* домінував серед грамнегативних бактерій у січні, *Pseudomonas* однаково виявлявся в усі періоди року. *Klebsiella citrobacter* і *Serratia* також були ідентифіковані, але

концентрації виду *Klebsiella* збільшувалися взимку й зменшувалися в літню пору року. Концентрації ЕТ у респірабельній частині пилу коливалися від 0,23 нг/мг до 4,28 нг/мг. Концентрації ЕТ знижувалися в січні й збільшувалися у вересні та жовтні. Статистичний аналіз показав кореляційну залежність між концентрацією ЕТ і видами бактерій. Концентрації ЕТ не залежали від концентрацій респірабельного пилу [11, 28].

Вивчаючи вміст ЕТ при переробці зернової соломи, було встановлено, що рівні загальної пилу у виробничих приміщеннях коливалися від 8,6 мг/м³, а рівні пилового навантаження, що визначаються персональними пробовідбірниками, становили від 11,2 мг/м³ до 69,4 мг/м³. Концентрації ЕТ були дуже значні й досягали до 4296,2 EU/м³, що в 47 разів перевищувало допустимі рівні. Мінімальні концентрації ЕТ становили 365,5 EU/м³. Автор зазначає, що допустимий поріг ЕТ — 90 ЕТ/м³ викликає гострі порушення легеневої функції й виявлені концентрації ЕТ у даних виробничих умовах можуть слугувати професійним ризиком для робітників [10, 28].

У науковій літературі описуються випадки розвитку в робітників, що контактують з органічної пилом, пилового токсичного синдрому. Як повідомляють автори, синдром може розвиватися при одноразовому впливі органічної пилу, що містить високі концентрації ЕТ [10, 11, 16].

Дослідженнями на невеликих фермерських підприємствах, що переробляють солому, зерно та сміття, встановлено, що виробничий пил широко контамінований мікроорганізмами та ендотоксинами може призвести до захворювання дихальних шляхів і подразнення очей [16].

Що стосується використання рослинної сировини у виробництві, то А. М. Madsen, з співавт. проводили дослідження на підприємствах з виробництва біопалива, за результатами яких було показано, що солома значною мірою контамінована мезофільними актиноміцетами, які становлять $1,4 \cdot 10^7$ КУО/кг соломи та термофільними актиноміцетами, що становлять $2,7 \cdot 10^4$ КУО/кг. Концентрації ендотоксинів також були вищими для соломи. Запиленість у плані LPS соломи було між 10 і 59 нмоль/кг біопалива. Забрудненість мікроскопічними грибами становила $2,5 \cdot 10^8$ КУО/кг. Солома також мала значний вміст ергостеролу й ергостерину порівняно з брикетами деревини. Тирса деревини була найменш забруднена. Розмір частинок пилу з соломи та тирси

становив 0,75–10,00 мкм. Концентрації мікроорганізмів значно відрізнялися в зразках соломи та тирси від $8,0 \cdot 10^4$ до $3,1 \cdot 10^6$ КУО/мг, і в середньому становили $1,3 \cdot 10^5$ КУО/мг. Концентрація мікроскопічних грибів виду *A. fumigatus* у пилу соломи становила $1,6 \cdot 10^3$ КУО/мг пилу. Мікроскопічні гриби виду *Cladosporium* зр. були домінуючими в соломі й концентрація їх становила $7,8 \cdot 10^4$ КУО/мг пилу. Мікроскопічні гриби виду *Verticillium* зр. виділялися в кількості $3,6 \cdot 10^4$ КУО/мг пилу. Вид *Eurotium* зр. був виділений з пилу соломи в концентрації $1,9 \cdot 10^3$ КУО/мг. Мікробний аналіз пилу деревної тирси показав, що він контамінований мікроорганізмами дещо меншими концентраціями, які становлять $6,5 \cdot 10^4$ КУО/мг пилу [10, 19].

За результатами дослідження також встановлено, що зразки соломи були значно більше контаміновані бактеріями, ніж тирса деревини, дерев'яні гранули та брикети. До того ж концентрації ендотоксинів у соломі також були значно вищими, ніж в інших видах сировини. Перевищення становило від 2 до 50 разів, а інколи доходило й до 100 разів. Концентрації мікроскопічних грибів у соломі також були значно вищими, ніж в іншій сировині.

У пилу деревинної стружки та соломи були також виявлені мікотоксини, що продукуються грибами *A. fumigatus*. Ці мікотоксини вважають причетними до виникнення захворювання «легень фермера». У працівників, що піддаються впливу цих мікотоксинів, виробляються антитіла до цих грибів [32].

Види грибів *Verticillium* зр. та *Cladosporium* зр., являються домінуючими в органічному пилу сировини. Вплив цих грибів викликає хвороби органів дихання. Це також стосується й виду *Eurotium* зр. Вологість повітря впливає на викид пилу в повітря робочої зони. Дослідження показує, що сировина, яка має більшу вологість (пелети), спричиняє меншу запиленість повітря та викид мікроорганізмів у зону дихання [1, 2, 8].

Спостереження за процесом виробництва показало, що під час обробки пелети з деревини на початковому етапі давали меншу запиленість повітря, ніж солома та гранули. Але в подальшому процесі запиленість повітря при обробці пелетів зростала, а при обробці соломи та гранул зменшувалася. Ці спостереження важливі для розрахунку запиленості повітря робочої зони та прогнозування впливу на здоров'я працівників з урахуванням тривалості часу та експозиції. Найвищі концентрації ендотоксинів і ЛПС були виявлені в солон'яному пилу.

За шведськими та датськими розрахунками допустимий рівень пилу становить 3 мг/м^3 . За розрахунками, у процесі обробки 3 мг/м^3 соломи, солом'яний пил теоретично може містити концентрації ендотоксинів, що становлять 2860 і 10840 EU/м^3 , концентрації мікроскопічних грибів, що становлять від $0,5 \cdot 10^6$ до $9,0 \cdot 10^6 \text{ КУО/м}^3$, концентрації бактерій – від $7,0 \cdot 10^6$ і $1,4 \cdot 10^6 \text{ КУО/м}^3$. Приведені рівні ендотоксинів набагато вищі, ніж нормативи голландців, які становлять OEL 200 EU/м^3 або ендотоксину OEL $10\text{--}1000 \text{ EU/м}^3$ [28, 29].

Таким чином, за даними проведеного аналізу закордонних та вітчизняних досліджень, можна зробити висновок, що при виробництві біопалива з відходів деревини та соломи, працівники підпадають під вплив комбінованої дії багатокомпонентного аерозолу, який може складатися з органічної рослинної частки, неорганічної частини (частки ґрунту та піску) та хімічних сполук (алкалоїдів, сапонінів, смол, ефірних олій, глікозидів). Загальні рівні концентрації пилу на робочих місцях залежать від технології виробництва, застосовуваних типів

Література

1. Dust exposures in the wood processing industry / Alwis U., Mandryk J., Hocking A. D. [et al.] // *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* – 1999. – V. 60 (5). – P. 641–647.

2. Symptoms, airway responsiveness, and exposure to dust in beech and oak wood workers / Bohadana A. B., Massin N., Wild P. [et al.] // *Occup. Environ. Med.* – 2000. – V. 57. – P. 268–273.

3. Brouwer D. H. Personal exposure in the workplace: exploring sampling techniques and strategies / D. H. Brouwer, J. H. Gijssberg, M. W. Lurvink // *Ann. J. Occup. Hyg.* – 2004. – V. 48, № 5. – P. 439–453.

4. Carton M. Occupational exposure to wood dust. Health effects and exposure limit values / Carton M., Goldberg M., Luce D. // *Rev. Epidemiol. Sante Publique.* – 2002. – V. 50 (2). – P. 159–178.

5. Aktualne problemy higieny przyprodukcji biopaliw z surowcow rolniczych za pomoca nowoczesnych technologii / W. G. Capko, M. Yu. Sterenbogen, A. J. Czudnowiec, W. W. Papacz // *Praktyczne problemy zwiazane z ochrona pracy w rolnictwie.* – Lublin, 2013. – P. 119–126.

6. De Haar C. Ultrafine but not fine particulate matter causes airway inflammation and allergic airway sensitization to co-administered antigen in mice / De Haar C // *Clin. Exp. Allerg.* – 2006. – V. 36, № 11. – P. 1469–1479.

7. Delfino R. J. Potential role of ultrafine particles in associations between airborne particles mass and cardiovascular health / R. J. Delfino, C. Sioutas, S. Malik // *Environ. Health Perspect.* – 2005. – V. 113, № 8. – P. 934–946.

обладнання, оброблюваного виду та якості сировини. Перевищення ГДК пилу спостерігається при виконанні основних технологічних операцій (завантаженні, подрібненні, фасуванні), які супроводжуються значним пилоутворенням.

Особливо важливим чинником, що діє на працівників при виробництві біопалива з відходів рослинної сировини, є мікробний чинник. Його складова тісно пов'язана з виробничими факторами й залежить від загального рівня пилу, фізичних та хімічних факторів. Мікробіологічна компонента складається з широкого спектра бактерій, мікроскопічних грибів та продуктів їхньої життєдіяльності – ендо- та мікотоксинів, які у виробничому середовищі можуть чинити інфекційну, алергенну та канцерогенну дію [5, 10, 34].

Наявність у виробничому середовищі перерахованих вище чинників можна вважати потенційним фактором ризику у виникненні професійно обумовлених і професійних захворювань для працівників підприємств з виробництва біопалива з рослинної сировини [38, 39].

8. De Zotti R. Asthma and rhinitis in wooding workers / De Zotti R., Gubian F. // *Allergy Asthma Proc.* – 1996. – V. 17. – P. 199–203.

9. Dutkiewicz J. Bacteria and fungi in organic dust as a potential health hazard / Dutkiewicz J. // *Ann. Agric. Environ. Med.* – 1997. – № 4. – P. 11–16.

10. Biological agents as occupational hazards – selected issues / Dutkiewicz J., Cisak E., Sroka J. [et al.] // *Ann. Agric. Environ. Med.* – 2011. – V. 18 (2). – P. 286–293.

11. Eduard W. Exposure to non-infectious microorganisms and endotoxins in agriculture / Eduard W. // *Ann. Agric. Environ. Med.* – 1997. – V. 4. – P. 179–186.

12. Fabianova E. Occupational cancer in central European countries. / Fabianova E. // *Environmental Health Perspect.* – 1999. – V. 107 (2). – P. 279–282.

13. Gioffre A. Airborne Microorganisms, Endotoxin, and Dust Concentration in Wood Factories in Italy / Gioffre A., Marramao A. // *Ann. Occup. Hyg.* – 2012. – V. 56 № 2. – P. 161–169.

14. Gerberick G. F. Toxicity of T-2 toxin, a Fusarium mycotoxins, to alveolar macrophages in vitro / Gerberick G. F., Sorenson W. G. // *Environ. Research.* – 2005. – V. 32. – P. 269–285.

15. Gradon L. Deposition and retention of ultrafine aerosol particles in the human respiratory system. Normal and pathological cases / L. Gradon, D. Orlicki, A. Podgorski // *Int. J. Occup. Saf. Ergon.* – 2000. – V. 6, № 2. – P. 189–207.

16. Heederik D. Dust-related decline in lung function among animal feed workers / Heederik D., Smid T., Houba R. // *Am. J. Ind. Med.* – 1994. – № 25. – P. 117–121.

17. Upper airway symptoms and function in wood surface coating industry workers / Holmström M., Granstrand P., Nylander-French L.A., Rosen G. // *Am. J. Ind. Med.* – 1995. – V. 28, № 2. – P. 207–209.
18. Kozajda A. Knowledge and the ways of health protection against occupational exposure to biological hazards / Kozajda A., Zielinska-Jankiewicz K., Szadkowska Stanczyk I. // *Part II. Med.Pr.* – 2005. – V. 56 (3). – P. 205–211.
19. Lacey J. Fungal and actinomycete spores as pollutants of the workplace and occupational allergens / Lacey J., Crook B. // *Ann. Occup. Hyg.* – 1998. – № 32. – P. 515–533.
20. Lopez-Rico R. Cereal alpha-amylase inhibitors cause occupational sensitization in the wood industry / Lopez-Rico R. // *Clinical and Experimental Allergy.* – 1998. – V. 28, № 10. – P. 1286–1291.
21. Madsen A. M. Exposure to airborne microbial components in autumn and spring during work at danish biofuel plants / Madsen A. M. // *Annals of Occupational Hygiene.* – 2006. – V. 50, № 8. – P. 821–831.
22. Microbial dustiness and particle release of different biofuels / Madsen A. M., Martensson L., Schneider T., Larsson L. // *Ann Occup. Hyg.* – 2004. – V. 48. (4). – P. 327–338.
23. An environmental impact assessment of exported wood pellets from Canada to Europe / Magelli F., Boucher K., Bi H. [et al.] // *Biomass and Bioenergy.* – 2009. – V. 33, № 3. – P. 434–441.
24. Malmros P. Occupational health problems due to garbage sorting / Malmros P., Sigsgaard T., Bach B. // *Waste Manage Res.* – 1992. – V. 10. – P. 227–234.
25. Markandya A. Energy and Health 2 Electricity generation and health / Markandya A., Wilkinson P. // *Lancet.* – 2007 – V. 370. – P. 979–990.
26. Mandryk J. Work-related symptoms and dose-response relationships for personal exposures and pulmonary function among woodworkers / Mandryk J., Alwis K. U., Hocking A. D. // *Am. J. Ind. Med.* – 1999. – V. 35, № 5. – P. 481–490.
27. Miscetti G. Exposure to wood dust in a group of carpentry craftsmen in secondary wood processing / Miscetti G. // *Med. Lav.* – 1998. – V. 89, № 6. – P. 514–523.
28. Presents of endotoxins in different agricultural environments / Olenchock S. A., May J. J., Pratt D. S. [et al.] // *Am. J. Ind. Med.* – 1990. – V. 18, № 3. – P. 279–284.
29. Palmgren M. S. Separation of mycotoxins – containing sources in grain dust and determination of their mycotoxin potential / Palmgren M. S., Lee L. S. // *Environ. Helth. Perspectives.* – 1986. – № 66. – P. 106–108.
30. Present and future trends in pellet markets, raw materials, and supply logistics in Sweden and Finland" / Selkimäki M., Mola-Yudego, B., Röser D. [et al.] // *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* – 2010. – V. 14, № 9. – P. 3068–3075.
31. Simpson C. L. Wood-dust exposures and cancer of the colon / Simpson C. L. // *Int. J. Occup. Environ. Health.* – 1998. – N 4. – P. 179–183.
32. Sorenson W. G. Mycotoxins as potential occupational hazards / Sorenson W. G. // *Develop. In Ind. Microb.* – 1990. – V. 31. – P. 205–211.
33. Teschke K. Exposures to wood dust in U. S. industries and occupations, 1979 to 1997 / Teschke K. // *Am. J. Ind. Med.* – 1999. – V. 35, № 6. – P. 581–589.
34. Exposure to bioaerosols in the selected agricultural facilities of the Ukraine and Poland / V. G. Tsapko, A. J. Chudnovets, M. J. Sterenbogen [et al.] // *A review.* – *Ann. Agric Environ. Med.* – 2011. – V. 18. – P. 151–159.
35. Whitehead L. W. Health effects of wood dust-relevance for an occupational standard / Whitehead L. W. // *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* – 1982. – V. 43, № 9. – P. 674–680.
36. Zielinska-Jankiewicz K. Knowledge of selected occupational groups about biological agents in the environmental and ways of health protection against occupational exposure to biological hazards / Zielinska-Jankiewicz K., Kozajda A. // *Med.Pr.* – 2003. – V. 54 (5). – P. 399–406.
37. Біологічні ресурси і технологія виробництва біопалива: Монографія / Я. Б. Блюм, Г. Г. Гелетуха, І. П. Григорюк [та ін.]. – Київ : «Аграр Медіа Груп», 2010. – 408 с.
38. Потенційний ризик мікроскопічних грибів для робітників виробництва біопалива / Цапко В. Г., Чудновець А. Я., Стеренбоген М. Ю. [та ін.] // *Укр. журн. з пробл. медицини праці.* – 2012. – № 1 (29). – С. 48–54.
39. Вплив виробничого середовища на формування біологічного фактора в умовах сільськогосподарського виробництва / Цапко В. Г., Чудновець А. Я., Стеренбоген М. Ю., Папач В. В. // *Укр. журн. з пробл. медицини праці.* – 2014. – № 1. – С. 60–65.

Чудновець А. Я., Стеренбоген М. Ю.

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР ПРИ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА ИЗ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ КАК ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

Государственное учреждение «Институт медицины труда Национальной академии медицинских наук Украины», г. Киев

Введение. Сегодня перед Украиной остро встал вопрос в обеспечении государства альтернативными источниками энергоресурсов. Украинская отрасль твердого биотоплива активно развивается в последние годы. Научные исследования за рубежом по данной проблеме направлены, в основном, на усовершенствование технологии получения биотоплива и оценку его качества. Изучаются гигиенические аспекты условий труда рабочих при производстве

биотоплива из отходов растительного сырья на всех технологических этапах, отмечается роль биологического фактора, как фактора риска для здоровья работающих.

Материалы и методы исследований. Аналитической обзор научных публикаций проведен с использованием иностранных профильных изданий, текстовой базы данных PUB MED, базы данных Национальной научной медицинской библиотеки и Национальной библиотеки Украины имени В. И. Вернадского.

Результаты. При производстве биотоплива из отходов древесины и соломы работники подвергаются влиянию комбинированного действия многокомпонентного аэрозоля, который состоит из органической растительной доли, неорганической части (почвы и песка) и химических соединений (алкалоидов, сапонинов, смол, эфирных масел, гликозидов). Установлено, что общие уровни концентрации пыли на рабочих местах зависят от технологии производства, типов оборудования, вида и качества сырья, которое обрабатывается. При выполнении основных технологических операций, сопровождающихся значительным пылеобразованием, наблюдается превышение ПДК пыли. Приведенные факторы вызывают снижение функции легких, бронхиальной гиперчувствительности и респираторные заболевания, такие как органический пылевой токсический синдромом, аллергический альвеолит, астму, хронические обструкции дыхательных путей: хронический бронхит, синдром раздраженной слизистой оболочки и риниты. При переработке древесины – ели, сосны, липы, березы, клена, бука, дуба в рабочих возникают аллергические реакции, сопровождающиеся кровотечением из носа, слабостью, потерей аппетита, рвотой, заболеваниями кожи и т. д. Особенно важным фактором, действующим на работников при производстве биотоплива из отходов растительного сырья, является микробный фактор. Микробиологическая компонента состоит из широкого спектра бактерий, микроскопических грибов и продуктов их жизнедеятельности эндо- и микотоксинов. Было установлено, что образцы соломы были значительно больше контаминированные бактериями, чем опилки древесины, деревянные гранулы и брикеты, концентрации эндотоксинов в соломе также были значительно выше, чем в других видах сырья. Превышение составляло от 2 до 50 раз, а иногда доходило и до 100 раз. Концентрации микроскопических грибов в соломе также были значительно выше, чем в другом сырье. Высокие концентрации грибов и эндотоксинов зафиксированы и при механической переработке соломы. В пыли опилок дерева и соломы были также обнаружены микотоксины, продуцируемые грибами *A.fumigatus*, которые в производственной среде могут оказывать инфекционное, аллергенное и канцерогенное действия.

Выводы. При производстве биотоплива из отходов древесины и соломы работники подвергаются влиянию комбинированного действия многокомпонентного аэрозоля, который может состоять из органической растительной доли, неорганической части (частицы почвы и песка) и химических соединений (алкалоидов, сапонинов, смол, эфирных масел, гликозидов). Было обнаружено, что общие уровни концентрации пыли на рабочих местах зависят от технологии производства, типов оборудования, вида и качества сырья, которое обрабатывается. При выполнении основных технологических операций, сопровождающихся значительным пылеобразованием, наблюдается превышение ПДК пыли. Особенно важным фактором, действующим на работников при производстве биотоплива из отходов растительного сырья, является микробный фактор. Его составляющая тесно связана с производственными факторами и зависит от общего уровня пыли, физических и химических факторов. Микробиологическая компонента состоит из широкого спектра бактерий, микроскопических грибов и продуктов их жизнедеятельности эндо- и микотоксинов, которые в производственной среде могут оказывать инфекционное, аллергенное и канцерогенное действия. Наличие в производственной среде вышеперечисленных факторов влияния можно считать потенциальным фактором риска в возникновении профессионально обусловленных и профессиональных заболеваний для работников предприятий по производству биотоплива из растительного сырья.

Ключевые слова: гигиена труда, биотопливо, солома, опилки древесины, органическая пыль, микроорганизмы, влияние на здоровье

Chudnovets A. J., Sterenbogen M. Y.

BIOLOGICAL FACTORS IN PRODUCTION OF BIOFUEL FROM WASTE OF AGRICULTURAL RAW MATERIALS AS A HYGIENIC PROBLEM

State Institution «Institute for Occupational Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv

Introduction. Today, Ukraine is in a great need of providing alternative sources of energy. So, the branch of solid biofuel is actively developing in recent years. Scientific studies on this problem abroad are focused mainly at improving technologies of receiving biofuel and assessing its quality. We study hygienic aspects of work conditions of individuals, engaged in production of biofuel from waste plant materials at all technological stages, in order to define a role of biological factors as a risk factor for workers' health.

Materials and methods of research. An analytical review of scientific publications has been made, using specific foreign publications, textual databases of PUB MED, databases of the National Scientific Medical Library and the National Library of Ukraine named after V. I. Vernadsky.

Results. In the process of production of biofuels from wood waste and straw workers are exposed to the combined action of a multi-component aerosol, consisting of organic vegetable particles, inorganic parts (soil and sand) and chemicals (alkaloids, saponins, resins, essential oils, glycosides). It is established that the total concentrations of dust at workplace depends on the production technology, types of equipment, type and quality of the processed raw materials. When performing main technological operations, accompanied by a considerable dust formation, exceeding the TLV for dust has been recorded. These factors cause a lung function decrease, bronchial hypersensitivity and respiratory diseases, such as: organic toxic dust syndrome, allergic alveolitis, asthma, chronic airway obstruction, chronic bronchitis syndrome, irritation of the mucosa membrane and rhinitis. When processing wood: spruce, pine, lime, birch, maple, beech, oak, workers are suffered from allergic reactions, followed by bleeding from the nose, weakness, loss of appetite, vomiting, skin diseases, etc. A microbial factor is particularly important, acting on the workers in production of biofuels from waste plant materials. The microbiological component consists of a wide number of bacteria, microscopic fungi and their metabolic products – endo- and mycotoxins. It was found that samples of straw were significantly more contaminated with bacteria than wood sawdust, wood pellets and briquettes; concentrations of endotoxins in the straw were significantly higher than in other types of materials. The increase ranged from 2 to 50 times, and in some cases, reached 100 times. The concentrations of microscopic fungi in straw were also significantly higher than in other raw materials. High concentrations of fungi and endotoxins were recorded in straw mechanical processing. In wood dust and straw there were also found microscopic fungi and mycotoxins, which could cause infectious, allergenic and carcinogenic effects.

Conclusion. When producing biofuels from wood waste and straw, workers can be exposed to a combined action of multi aerosol, which can compose of organic vegetable particles of inorganic parts (particles of soil and sand) and chemicals (alkaloids, saponins, resins, essential oils, glycosides). It was found that dust concentrations at workplace depended on production technologies, types of equipment, type and quality of the processed raw materials. When performing main technological operations, accompanied by the considerable dust formation, exceeding the TLV for dust is recorded, followed by a significant increase of the dust formation (in loading, cracking, packing). The microbial factor is particularly important, acting on workers in production of biofuels from the waste plant materials. Its composition is closely related on production factors and depends on the general level of dust as well as on physical and chemical factors. The microbiological component consists of a great number of bacteria, microscopic fungi and their metabolic products – endo- and mycotoxins, which can cause a negative effect on the health of workers. The effect of the above – mentioned factors can be considered as a potential risk factor in occurrence of work-related and occupational diseases for employees of enterprises, producing biofuels from vegetable raw materials.

Key words: occupational health, biofuel, straw, wood saw dust, organic dust, microorganisms, effect on health

References

1. Alwis, U., Mandryk, J., Hocking, A. D. [et al.]. 1999, "Dust exposures in the wood processing industry", *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, v. 60, no. 5, pp. 641–647.
2. Bohadana, A. B., Massin, N., Wild, P. [et al.]. 2000, "Symptoms, airway responsiveness, and exposure to dust in beech and oak wood workers", *Occup. Environ. Med.*, v. 57, pp. 268–273.
3. Brouwer, D. H., Gijsberg, J. H., Lurvink, M. W. 2004, "Personal exposure in the workplace: exploring sampling techniques and strategies", *Ann. Jccup. Hyg.*, v. 48, no. 5, pp. 439–453.
4. Carton, M., Goldberg, M, Luce, D. 2002, "Occupational exposure to wood dust. Health effects and exposure limit values", v. 50, no. 2, pp. 159–178.
5. Capko, W. G., Sterenbogen, M. Yu., Czudnowiec, A. J., Papacz, W. W. 2013, "Aktualne problemy higieny przy produkcji biopaliw z surowcow rolniczych za pomoca nowoczesnych technologii", *Praktyczne problemy zwiazane z ochrona pracy w rolnictwie*, Lublin, pp. 119–126.
6. De Haar, C. 2006, "Ultrafine but not fine particulate matter causes airway inflammation and allergic airway sensitization to co-administered antigen in mice", *Clin. Exp. Allerg.*, v. 36, no. 11, pp. 1469–1479.
7. Delfino, R. J., Sioutas, C., Malik, S. 2005, "Potential role of ultrafine particles in associations between airborne particles mass and cardiovascular health", *Environ. Health Perspect.*, v. 113, no. 8, pp. 934–946.
8. De Zotti, R., Gubian, F. 1996, "Asthma and rhinitis in wooding workers", *Allergy Asthma Proc.*, v. 17, pp. 199–203.
9. Dutkiewicz, J. 1997, "Bacteria and fungi in organic dust as a potential health hazard", *Ann. Agric. Environ. Med.*, no. 4, pp. 11–16.
10. Dutkiewicz, J., Cisak, E., Sroka, J. [et al.]. 2011, "Biological agents as occupational hazards – selected issues", *Ann Agric Environ Med.*, v. 18, no. 2, pp. 286–293.
11. Eduard, W. 1997, "Exposure to non-infectious microorganisms and endotoxins in agriculture", *Ann Agric. Environ. Med.*, no. 4, pp. 179–186.
12. Fabianova, E. 1999, "Occupational cancer in central European countries", *Environmental Health Perspect*, v. 107, no. 2, pp. 279–282.
13. Gioffre, A., Marramao, A. 2012, "Airborne Microorganisms, Endotoxin, and Dust Concentration in Wood Factories in Italy", *Ann. Occup. Hyg.*, v. 56, no. 2, pp. 161–169.

14. Gerberick, G. F., Sorenson, W. G. 2005, "Toxicity of T-2 toxin, a Fusarium mycotoxins, to alveolar macrophages in vitro", *Environ. Research*, v. 32, pp. 269–285.
15. Gradon L., Orlicki, Podgorski A. 2000, "Deposition and retention of ultrafine aerosol particles in the human respiratory system. Normal and pathological cases", *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, v. 6, no. 2, pp. 189–207.
16. Heederik, D., Smid, T., Houba, R. 1994, "Dust-related decline in lung function among animal feed workers", *Am. J. Ind. Med.*, no. 25, pp. 117–121.
17. Holmström, M., Granstrand, P., Nylander-French, L.A., Rosen, G. 1995, "Upper airway symptoms and function in wood surface coating industry workers", *Am. J. Ind. Med.*, v. 28, no. 2, pp. 207–209.
18. Kozajda, A., Zielinska-Jankiewicz, K., Szadkowska Stanczyk, I. 2005, "Knowledge and the ways of health protection against occupational exposure to biological hazards", Part II., *Med. Pr.*, v. 56, no. 3, pp. 205–211.
19. Lacey, J., Crook, B. 1998, "Fungal and actinomycete spores as pollutants of the workplace and occupational allergens" *Ann. Occup. Hyg.*, v. 32, pp. 515–533.
20. Lopez-Rico, R. 1998, "Cereal alpha-amylase inhibitors cause occupational sensitization in the wood industry", *Clinical and Experimental Allergy*, v. 28, no. 10, pp. 1286–1291.
21. Madsen, A. M. 2006, "Exposure to airborne microbial components in autumn and spring during work at Danish biofuel plants", *Annals of Occupational Hygiene*, v. 50, № 8, pp. 821–831.
22. Madsen, A. M., Martensson, L., Schneider, T., Larsson, L. 2004, "Microbial dustiness and particle release of different biofuels", v. 48, no. 4, pp. 327–338.
23. Magelli, F., Boucher K., Bi, H. [et al.]. 2009, "An environmental impact assessment of exported wood pellets from Canada to Europe", *Biomass and Bioenergy*, v. 33, no. 3, pp. 434–441.
24. Malmros, P., Sigsgaard, T., Bach, B. 1992, "Occupational health problems due to garbage sorting", *Waste Manage Res.*, v. 10, pp. 227–234.
25. Markandya, A., Willkinson, P. 2007, "Energy and Health. 2. Electricity generation and health", *Lancet*, v. 370, pp. 979–990.
26. Mandryk, J., Alwis, K. U., Hocking, A. D. 1999, "Work-related symptoms and dose-response relationships for personal exposures and pulmonary function among woodworkers", v. 35, no. 5, pp. 481–490.
27. Miscetti, G. 1998, "Exposure to wood dust in a group of carpentry craftsmen in secondary wood processing", *Med. Lav.*, v. 89, no. 6, pp. 514–523.
28. Olenchock, S. A., May, J. J., Pratt, D. S. 1990, "Presents of endotoxins in different agricultural environments", *Am. J. Ind. Med.*, v. 18, no. 3, pp. 279–284.
29. Palmgren, M. S., Lee, L. S. 1986, "Separation of mycotoxins – containing sources in grain dust and determination of their mycotoxin potential" *Environ. Health Perspectives*, no. 66, pp. 106–108.
30. Selkimi, M., Mola-Yudego, B., Rser, D. [et al.]. 2010, "Present and future trends in pellet markets, raw materials, and supply logistics in Sweden and Finland", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 14, no. 9, pp. 3068–3075.
31. Simpson, C. L. 1998, "Wood-dust exposures and cancer of the colon", *Int. J. Occup. Environ. Health*, no. 4, pp. 179–183.
32. Sorenson, W. G. 1990, "Mycotoxins as potential occupational hazards", *Develop. In Ind. Microb.*, v. 31, pp. 205–211.
33. Teschke, K. 1999, "Exposures to wood dust in U.S. industries and occupations, 1979 to 1997", *Am. J. Ind. Med.*, v. 35, no. 6, pp. 581–589.
34. Tsapko, V. G., Chudnovets, A. J., Sterenbogen, M. J. [et al.]. 2011, "Exposure to bioaerosols in the selected agricultural facilities of the Ukraine and Poland: a review", *Ann. Agric Environ. Med.* v. 18, pp. 151–159.
35. Whitehead, L. W. 1982, "Health effects of wood dust-relevance for an occupational standard", *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, v. 43, no. 9, pp. 674–680.
36. Zielinska-Jankiewicz, K., Kozajda, A. 2003, "Knowledge of selected occupational groups about biological agents in the environmental and ways of health protection against occupational exposure to biological hazards", *Med.Pr.*, v. 54, no. 5, pp. 399–406.
37. Blum, Ya. B., Geletukha, G. G., Grygoryuk, I. P. [et al.] 2010, *Biological resources and technology for biofuel production. A monograph*, Kyiv: Agrar Media Group, 408 p. (in Ukrainian).
38. Tsapko, V. G., Chudnovets, A. Ya., Spterenbogem, M. Yu. [et al.]. 2012, "A potential risk from microscopic fungi for workers in biofuel production", *Ukr. J. Occup. Health*, no. 1, pp. 48–54 (in Ukrainian).
39. Tsapko, V. G., Chudnovets, A. Ya., Sterenbogen, M. Yu., Papach, V. V. 2014, "Effect of the work environment on formation of a biological factor in conditions of agricultural production", no. 1, pp. 60–65 (in Ukrainian).

Надійшла: 25 квітня 2016 р.

Контактна особа: Чудновець Алла Ярославівна, кандидат медичних наук, старший науковий співробітник, лабораторія токсикології аерозолів та гігієни праці в зварювальному виробництві, ДУ «Інститут медицини праці НАМН України», буд. 75, вул. Саксаганського, м. Київ, 01033. Тел.: + 38 0 44 289 44 22.