

ГІГІЄНІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ УМОВ ПРАЦІ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БІОПАЛИВА З ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ СИРОВИНИ

Стеренбоген М. Ю.¹, Чудновець А. Я.²

¹Національна медична академія післядипломної освіти імені П. Л. Шупика, м. Київ

²Державна установа «Інститут медицини праці Національної академії медичних наук України», м. Київ

Вступ. Українська галузь твердого біопалива активно розвивається сьогодні завдяки безперервному зростанню попиту на альтернативні види палива. Виробництво більшої кількості енергії з біомаси пов'язано з рішенням деяких технічних проблем, у тому числі з проблемою запобігання забруднення навколишнього середовища. Відходи сільського та лісового господарств, міські відходи можуть виявитися додатковими джерелами енергії та використовуватися як сировина для виробництва рідкого та газоподібного палив.

Мета дослідження – вивчення гігієнічних особливостей умов праці при виробництві біопалива з відходів сільськогосподарської сировини (соломи, деревини).

Матеріали та методи дослідження. Проведено вивчення параметрів мікроклімату, концентрації пилу в повітрі робочої зони, дисперсного складу пилу виробничого середовища, мікроелементного складу пилу, мікробного забруднення сировини при виконанні технологічних процесів на підприємствах з виробництва біопалива з відходів сільськогосподарської сировини (соломи, деревини).

Результати. Встановлено, що параметри температури та вологості на більшості робочих місць не відповідають нормативним показникам, концентрації мікроорганізмів у відходах рослинної сировини (соломи та тирси деревини) коливалися в межах від $6,0 \cdot 10^3$ КУО/г до $1,8 \cdot 10^5$ КУО/г. Гранули з соломи ріпаку становили $7,5 \cdot 10^3$ КУО/г. Сировинний матеріал соломи пшениці містив $7,5 \cdot 10^4$ КУО/г, сировинний матеріал дерев'яної стружки – $1,7 \cdot 10^4$ КУО/г, а сировинний матеріал соломи ріпаку – $1,8 \cdot 10^5$ КУО/г. Дисперсний аналіз пилу показав, що в повітрі робочої зони загальна кількість частинок коливалася від 3200 на початку роботи до 14 000 у кінці зміни. Найбільша кількість часток була розміром від 20–25 мк до 35–40 мк. При вивченні вмісту хімічних елементів у повітрі робочої зони виявлено достовірно вищу концентрацію металів у повітрі робочих приміщень: Na, K, Ca, Cd, Cu.

Висновки. Солома різних сільськогосподарських рослин та відходи лісового господарства в разі використання у вигляді гранул та пелетів (брикетів) є перспективною сировиною як біопаливо для України. Під час переробки рослинної сировини на тверде паливо має місце комбінована дія фізичних, хімічних та біологічних факторів виробничого середовища. Наявність у виробничому середовищі високих концентрацій пилу та хімічних елементів в ультрадисперсному стані можна вважати потенційним фактором ризику у виникненні професійно обумовлених і професійних захворювань для працівників підприємств з виробництва гранул та пелетів із рослинної сировини.

Ключові слова: гігієна праці, біопаливо, відходи сільськогосподарської сировини

Вступ

Сьогодні існує багато альтернативних джерел енергії. Поновлювані джерела, такі як біомаса, сонячна, геотермальна, вітрова, океанічна (хвилева та термальна), використовуються не в повному обсязі. Виробництво більшої кількості енергії з біомаси пов'язано з вирішенням деяких технічних проблем, у тому числі з проблемою запобігання забруднення навколишнього середовища. Відходи сільського та лісового господарств можуть виявитися додатковими джерелами енергії та використовуватися як сировина для виробництва рідкого та газоподібного палив.

Як паливо соломі використовують давно. Елементарний склад соломи і теплота її згоряння ($13\text{--}16$ МДж/кг) не надто відрізняються від відповідних показників для деревини ($7,2\text{--}18,4$ МДж/кг), хоча теплота згоряння соломи нижча, ніж у сухої деревини. З іншого боку, з урахуванням звичайної для соломи вологості нижче ніж 20 %, теплота згоряння соломи виявляється вище, ніж у тріски деревини, яка сьогодні широко використовується в окремих регіонах України. Солома – відтворений ресурс і вона підтримує баланс двоокису азоту в атмосфері: скільки CO_2 виділиться при її спалюванні, стільки потім буде спожито протягом

наступного літа в ході росту зернових. Відходи деревини є також перспективним джерелом для виробництва біопалива. У різних видах дерев азоту, сірки, вологи й золи менше, ніж у сільськогосподарських культурах, однак, завдяки високому вмісту лігніну деревина відрізняється великим енерговмістом [6].

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 та менше ніж 0,1 % сірки.

Матеріали та методи дослідження

Об'єкт дослідження — підприємства та робочі місця працюючих при виробництві біопалива з відходів сільськогосподарської сировини (соломи, деревини). Дослідження проводили в Київській та Чернігівській областях у теплий період року.

При проведенні гігієнічних досліджень вивчали параметри мікроклімату, концентрацію пилу в повітрі робочої зони, дисперсний склад пилу виробничого середовища, мікробне забруднення сировини.

Гігієнічна оцінка мікроклімату й вмісту пилу в повітрі робочої зони була проведена відповідно до ГОСТу 12.1.005-88 «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования», ДСНЗ.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», «Методические указания по измерению концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия № 4436-87». Прилади, які були використані, — електроаспіратор ЕА1-1/20, термометр СП-64, психрометр аспіраційний МВ-4М, ваги лабораторні ВЛР200. Проведено 48 вимірів.

Поряд зі стандартними гігієнічними дослідженнями були проведені дослідження дисперсного складу пилу, а особливо його ультрадисперсної складової, а також були проведені дослідження мікроелементного складу пилу.

Концентрацію наночастинок металів у повітрі робочої зони вимірювали на приладі ДАС-2707 (Росія). Проведено 4905 замірів.

Розрахунок гранично допустимих рівнів впливу для певних речовин в ультрадисперсному стані здійснювали за допомогою коефіцієнтів, рекомендованих Британським Інститутом Стандартів.

Дослідження проводили співробітники лабораторії гігієни праці в електрозварювальному виробництві і токсикології зварювальних аерозолів.

Уміст хімічних елементів у пробах визначали за допомогою багатоелементного методу аналізу — атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою (АЕС-ІЗП) на приладі «Optima 2100 DV» фірми Perkin-Elmer (США). Аналіз вмісту хімічних елементів у повітрі робочої зони (у водному розчині) та аналіз вмісту хімічних елементів у сільськогосподарській сировині, гранулах та пелетах проведено в лабораторії аналітичної хімії та моніторингу токсичних речовин.

Оцінку санітарно-мікробіологічного стану повітряного середовища робочих приміщень при переробці рослинної сировини на біопаливо проводили відповідно до ГОСТу 12.1.005-88 (Санітарно-гігієнічний норматив для бактеріальних аерозолів тваринницьких і птахівницьких приміщень). Проби було відібрано апаратом Кротова. Усього проаналізовано 36 проб.

Статистичну обробку всіх даних проводили на ПК з використанням Microsoft Windows XP.

Гігієнічні та мікробіологічні дослідження проводили на підприємстві з переробки рослинної сировини на ВП НАУ «Агростанція», яка розташована в Київській області. Гігієнічні дослідження другого етапу проводили на підприємстві з переробки деревини в Ніжинському районі Чернігівської області.

Проби відбирали в зоні дихання оператора з переробки рослинної сировини — соломи ріпаку, соломи пшениці та тирси деревини на гранули.

Результати дослідження та їх обговорення

При проведенні досліджень мікроклімату встановлено, що параметри температури та вологості на більшості робочих місць не відповідають нормативним показникам (табл. 1). На робочому місці температура повітря перевищувала нормативні значення на 2–3 °С, що пов'язано з технологічними особливостями гранулювання. Вологість повітря на цій ділянці була нижчою, ніж нормативна й дорівнювала 42–36 %, знижуючись під час виробничого процесу. Концентрація пилу в повітрі робочої зони коливалася залежно від сировини. Найбільша концентрація пилу була визначена при переробці соломи пшениці й становила $(8,2 \pm 1,2)$ мг/м³, що перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК) у 2,1 разу. Перевищення вмісту пилу в повітрі робочої зони було визначено при переробці тирси деревини й становило $(7,8 \pm 1,3)$ мг/м³, перевищення ГДК — у 1,3 разу.

Таблиця 1

Результати гігієнічних досліджень мікроклімату та концентрації пилу при виконанні основних технологічних операцій у разі переробки рослинної сировини на гранули (ВАТ «Агростанція»)

№ п/п	Робоче місце оператора	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Концентрація пилу в повітрі робочої зони, мг/м ³		
				min	max	M ± m
1	Переробка соломи ріпаку	24,9	42,7	3,3	5,3	4,3 ± 1,0
2	Переробка соломи ріпаку, гранулювання	25,8	39,6	4,2	6,4	5,3 ± 1,1
3	Переробка соломи пшениці	26,4	38,8	4,6	8,2	6,3 ± 1,9
4	Переробка соломи пшениці, гранулювання	26,7	38,2	5,2	7,9	6,5 ± 1,2
5	Переробка тирси деревини	27,3	37,6	5,4	7,8	6,4 ± 1,3
6	Переробка тирси деревини, гранулювання	27,7	36,3	4,8	7,2	6,0 ± 1,1

Примітка. Гранично допустима концентрація зернового пилу – 4 мг/м³, пилу деревини – 6 мг/м³.

Гігієнічні дослідження другого етапу проводили на підприємстві з переробки деревини в Ніжинському районі Чернігівської області. Потужність підприємства 0,5 т/день (табл. 2).

В основі технології виробництва паливних гранул, як і паливних брикетів, лежить процес пресування подрібнених відходів деревини, соломи та ін.

Дерев'яні паливні пелети – це невеликі циліндричні пресовані вироби діаметром 4–12 мм, довжиною 20–50 мм, перероблені з висушених залишків деревообробного та лісопильного виробництва: тирса, стружка, борошно, тріска та пил деревини. Сировина (тирса, тріска) надходить у дробарку, де її подрібнюють до стану муки. Отримана маса поступає в сушарку, з неї – у прес-гранулятор, де борошно деревини пресують у гранули. Стиснення під час пресування підвищує температуру матеріалу, лігнін, що міститься в деревині, розм'якшується і склеює

частки в щільні циліндрики. Готові пелети охолоджують, пакують у великі біг-беги (по декілька тонн) або дрібну упаковку від декількох кілограмів до декількох десятків кілограмів.

Увесь процес виробництва умовно можна розділити на кілька етапів: загрузка, подрібнення, сушіння, додрібнення, водопідготовка, пресування, охолодження, фасовка та упаковка.

При проведенні досліджень мікроклімату установлено, що параметри температури та вологості на більшості робочих місць відповідають нормативним показникам. Вологість повітря на цій ділянці була нормативною й дорівнювала 70–74 %, знижуючись під час виробничого процесу. Підвищення температури повітря може відбуватися при інтенсивному сушінні сировини.

Концентрація пилу в повітрі робочої зони коливалася залежно від технологічної операції.

Таблиця 2

Результати гігієнічних досліджень мікроклімату та концентрації пилу при виконанні основних технологічних операцій на підприємстві з переробки деревини в Ніжинському районі Чернігівської області

№ п/п	Робоче місце оператора	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Концентрація пилу в повітрі робочої зони, мг/м ³		
				min	max	M ± m
1	Подрібнення тирси деревини	14,2	74,0	5,7	10,5	8,5 ± 2,3
2	Сушіння тирси	18,4	68,0	5,2	6,1	5,5 ± 0,9
3	Додрібнення тирси деревини	14,4	72,5	4,2	11,2	7,9 ± 2,4
4	Пресування	16,4	71,5	5,3	7,9	6,6 ± 1,3
5	Фасовка	17,2	70,2	4,6	5,9	5,3 ± 1,1

Примітка. Гранично допустима концентрація пилу деревини – 6 мг/м³.

Найбільша концентрація пилу була визначена при подрібненні тирси деревини – сосни і становила $(8,5 \pm 2,3)$ мг/м³, перевищення ГДК – у 1,4 рази.

У результаті мікробіологічних досліджень було встановлено, що концентрації мікроорганізмів у відходах з рослинної сировини, а саме соломи та дерев'яної стружки, коливалися в межах від $6,0 \cdot 10^3$ КУО/г до $1,8 \cdot 10^5$ КУО/г (табл. 3). Гранули з соломи ріпаку становили $7,5 \cdot 10^3$ КУО/г. Змішані гранули з соломи ріпаку та пшениці становили $1,6 \cdot 10^4$ КУО/г. Змішані гранули з соломи пшениці та дерев'яної стружки становили $6,0 \cdot 10^3$ КУО/г. Сировинний матеріал соломи пшениці містив $7,5 \cdot 10^4$ КУО/г, сировинний матеріал дерев'яної стружки – $1,7 \cdot 10^4$ КУО/г, а сировинний матеріал соломи ріпаку – $1,8 \cdot 10^5$ КУО/г. Дослідження показали, що готовий продукт у гранулах має менші концентрації мікроорганізмів, ніж сировинний матеріал. Це пов'язано з технологією виробництва, де при виготовленні гранул використовується високий температурний режим та тиск.

У результаті мікробіологічних досліджень при виробництва пелетів з відходів тирси сосни було встановлено, що виробничий пил та сировинний матеріал тирси сосни контамінований бактеріальною флорою в концентрації від $2,5 \cdot 10^3$ КУО/г до $5,0 \cdot 10^4$ КУО/г. Готова продукція була контамінована в концентраціях від $1,0 \cdot 10^2$ КУО/г до $1,5 \cdot 10^2$ КУО/г (табл. 4).

Дослідження показали наявність високого ступеня забрудненості сировинного матеріалу, а саме тирси пліснявими грибами в усіх зразках, що досліджували. Більшість зразків на визначення мікроскопічних грибів давали суцільне зростання, що не дало

Таблиця 3

Кількісний склад мікроорганізмів у зразках соломи та дерев'яної стружки

№ зразка	Вид сировини	КУО (у 1 г твердої речовини)
Зразок 1	Гранули з соломи ріпаку	$7,5 \cdot 10^3$
Зразок 2	Гранули з соломи ріпаку та соломи пшениці	$1,6 \cdot 10^4$
Зразок 3	Гранули з соломи пшениці та дерев'яної стружки	$6,0 \cdot 10^3$
Зразок 4	Солома пшениці	$7,5 \cdot 10^4$
Зразок 5	Дерев'яна стружка	$1,7 \cdot 10^4$
Зразок 6	Солома ріпаку	$1,8 \cdot 10^5$

Таблиця 4

Кількість мікроорганізмів у досліджуваних зразках тирси сосни

№ зразка	Вид сировини	КУО (у 1 г твердої речовини)
Зразок 1	Тирса деревини (МПА)	$2,5 \cdot 10^3$
Зразок 2	Тирса деревини (Сабуро)	Суцільне заростання
Зразок 3	Виробничий пил (МПА)	$5,0 \cdot 10^4$
Зразок 4	Виробничий пил (Сабуро)	Суцільне заростання
Зразок 5	Пелети (МПА)	$1,0 \cdot 10^2$
Зразок 6	Пелети (Сабуро)	$1,5 \cdot 10^2$

можливості встановити їхні кількісні показники. Це свідчить про значну забрудненість мікроскопічними грибами сировинного матеріалу та виробничого середовища. Пелети мають дещо менші концентрації мікроорганізмів, ніж сировина, що пов'язано з температурним режимом виготовлення пелет.

Таким чином, проведені мікробіологічні дослідження показали, що тирса деревини значною мірою забруднена мікроорганізмами, а саме мікроскопічними грибами, які в процесі виробництва потрапляють у повітря робочої зони й можуть слугувати фактором ризику для здоров'я працюючих.

Відносно видового складу мікроорганізмів, що контамінують сировину, за дослідженнями А. М. Madsen з співавторами 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. Забрудненість мікроскопічними грибами становила $2,5 \cdot 10^8$ КУО/кг. Тирса деревини була найменш забрудненою. 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 солімі 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. За результатами досліджень А. М. Madsen було також встановлено, що зразки соломи були значно більше контаміновані бактеріями, ніж тирса деревини, дерев'яні гранули та брикети [5]. 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.

Високі концентрації грибів та ендотоксинів зафіксовані й у разі механічної переробки соломи. У пилу деревинної стружки та соломи були також виявлені мікотоксини, що продукуються грибами *A. fumigatus*.

Під час обробки пелетів з деревини на початковому етапі запиленість повітря була меншою, ніж під час обробки соломи та гранул. 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 ендотоксину і ЛПС, згідно з даними літератури, були виявлені в солом'яному пилу [4, 5].

Таким чином, мікроорганізми, які контамінують рослину сировину, їхній кількісний та якісний склад при потраплянні в повітря робочої зони при певних видах технологічних операції, таких як завантаження, подрібнення, змішування сировини, можуть слугувати фактором ризику для здоров'я працюючих [8].

Для більш детального аналізу пилу був проведений дисперсний аналіз пилу, а також його ультрадисперсної складової під час проведення переробки різної рослинної сировини на біопаливо. Протягом 2 год повітря робочої зони було досліджено на наявність та кількість частинок від 5 мікронів до 200. Превалювали частки розміром 40–60 мікронів.

Загальна кількість частинок, яка була в повітрі робочої зони, коливалася від (3184 ± 123) на початку роботи до $(13\ 133 \pm 156)$ при переробці тирси деревини.

При переробці соломи ріпаку в повітрі робочої зони загальна кількість часток варіювали від (3184 ± 123) до (5690 ± 145) у 1 см^3 . Найбільша кількість часток була розміром від 20–25 мк до 35–40 мк. При переробці соломи пшениці загальна кількість часток

коливалась від (5200 ± 218) до (6400 ± 275) у 1 см^3 . Найбільша кількість часток була розміром від 20–25 мк до 40–45 мк.

При переробці тирси деревини загальна кількість часток в повітрі була максимальною – від 10 до 13 тис в см^3 і коливалася від (1635 ± 220) (20–25 мк), (1512 ± 190) (25–30 мк), (1470 ± 180) (30–35 мк) і (1200 ± 156) (40–45 мк).

Великі частки (понад 10 мкм) відносно швидко випадали в осад під дією сили тяжіння, більш дрібні частинки падали з меншими швидкостями, долаючи опір повітряного середовища (5–10 мкм), а самі дрібні (менше ніж 5 мкм) тривалий час перебували в повітрі. При вдиханні в легенях людини затримуються частинки пилу розміром від 0,2 до 7,0 мкм [1–3].

При вивченні вмісту хімічних елементів у повітрі робочої зони агростанції виявлено достовірно вищу концентрацію таких металів у повітрі робочих приміщень – Na, K, Ca, Cd, Cu (табл. 5). Повітря відбирали у водний розчин, а потім аналізували (табл. 6). При порівнянні з прийнятими ГДК для сполук цих елементів високим був уміст натрію та кадмію в повітрі робочих приміщень [7].

За розрахунком гранично допустимих рівнів впливу для певних речовин в ультрадисперсному стані рекомендованих Британським Інститутом Стандартів виявлено, що в повітрі робочої зони ГДК (розрахована по BSI-PD 6699-2: 2007) Mg перевищує в 2,3 разу, Al – 4,5, Cd – 5300, Zn – 360, Cu – 17 разів, As та Se – понад 2000 разів.

Наявність у виробничому середовищі високих концентрацій хімічних елементів в ультрадисперсному стані можна вважати потенційним фактором ризику у виникненні професійно обумовлених і професійних захворювань для працівників підприємств з виробництва гранул та пелет з рослинної сировини.

Висновки

1. Солома різних сільськогосподарських рослин та відходи лісового господарства в разі використання у вигляді гранул та пелетів (брикетів) є перспективною сировиною як біопаливо для України. В основі технології виробництва паливних гранул і пелетів лежить процес пресування подрібнених відходів соломи та деревини в умовах підвищеного тиску та високої температури.

Таблиця 5

Уміст хімічних елементів у повітрі при переробці соломи рапсу, пшениці, тирси деревини, $M \pm m, n = 3$

Хімічний елемент	Уміст у контрольному приміщенні, мг/м ³	Уміст у робочому приміщенні, мг/м ³	Гранично допустима концентрація, мг/м ³
Na	0,0053 ± 0,0001	0,79 ± 0,02*	0,5 (оксиду)
K	0,002 ± 0,001	0,220 ± 0,013*	10 (солі)
Ca	0,054 ± 0,001	0,190 ± 0,007*	0,3
Mg	< 0,00002	< 0,00002	0,05
Al	< 0,0006	< 0,0006	2,0
Cd	< 0,00007	0,0035 ± 0,0003*	0,0003
Pb	< 0,0007	< 0,0007	0,05
Zn	0,0130 ± 0,0002	0,0120 ± 0,0002	0,05
Fe	< 0,00007	< 0,00007	6,0
Cu	< 0,00007	0,0011 ± 0,0001*	1,0
As	< 0,002	< 0,002	0,003
Se	< 0,002	< 0,002	0,05
P	< 0,003	< 0,003	0,2 (оксиди)

Примітка. * $p < 0,05$.

Таблиця 6

Уміст хімічних елементів у повітрі при переробці соломи рапсу, пшениці та тирси деревини у водному розчині, $M \pm m$

Хімічний елемент	У водному розчині перед аспірацією, мг/л	У водному розчині після аспірації, мг/л
Na	0,0080 ± 0,0001	1,19 ± 0,02
K	0,003 ± 0,001	0,330 ± 0,013
Ca	0,081 ± 0,0001	0,290 ± 0,007
Mg	< 0,00003	< 0,00003
Al	< 0,0009	< 0,0009
Cd	< 0,0001	0,0053 ± 0,0003
Pb	< 0,001	< 0,001
Zn	0,0020 ± 0,0002	0,0180 ± 0,0002
Fe	< 0,0001	< 0,0001
Cu	< 0,0001	0,0017 ± 0,0001
As	< 0,003	< 0,003
Se	< 0,003	< 0,003
P	< 0,004	< 0,004

- Під час переробки рослинної сировини на тверде паливо має місце комбінована дія фізичних, хімічних та біологічних факторів виробничого середовища, які, у деяких випадках, перевищують нормативні значення.
- При проведенні досліджень на підприємстві з переробки рослинної сировини на гранули встановлено, що параметри температури та вологос-

ті на більшості робочих місць не відповідають нормативним показникам, температура та вологість повітря перевищує нормативні показники. Це пов'язано з технологією сушіння сировини, на окремих робочих місцях температура перевищує нормативні на 2–5 °С.

- Концентрація пилу в повітрі робочої зони коливалася залежно від сировини. Найбільша концентрація пилу була визначена при переробці соломи пшениці й становила $(8,2 \pm 1,2)$ мг/м³, що перевищує ГДК у 2,1 разу. Перевищення вмісту пилу в повітрі робочої зони було визначено при переробці тирси деревини й становило $(7,8 \pm 1,3)$ мг/м³, перевищення ГДК у 1,3 разу.
- У результаті мікробіологічних досліджень було встановлено, що концентрації мікроорганізмів у відходах рослинної сировини (соломи та тирси деревини) коливалися в межах від $2,6 \cdot 10^4$ КУО/г до $7,5 \cdot 10^6$ КУО/г. У зразках тирси сосни концентрації коливалися від $1,3 \cdot 10^4$ КУО/г до $2,5 \cdot 10^6$. Найзабрудненішими виявилися зразки соломи ріпаку та тирси сосни. Концентрації мікроорганізмів у гранулах коливалася від $1,3 \cdot 10^2$ КУО/г до $1,6 \cdot 10^4$ КУО/г. У пелетах концентрації мікроорганізмів коливалися від $1,5 \cdot 10^2$ КУО/г до $3,6 \cdot 10^3$ КУО/г. У тирсі сосни спостерігали суцільній зріст пліснявих грибів, що вказує на високу ступінь забруднення грибовою флорою.

6. Дисперсний аналіз пилу під час проведення переробки різної рослинної сировини на гранули та пелети показав, що в повітрі робочої зони загальна кількість частинок коливалася від (3184 ± 123) на початку роботи до (13133 ± 534) при переробці тирси деревини. При переробці соломи ріпаку в повітрі робочої зони загальна кількість часток варіювали від (3184 ± 123) до (5690 ± 145) у 1 см^3 . Найбільша кількість часток була розміром від 20–25 мк до 35–40 мк. При переробці соломи пшениці загальна кількість часток коливалася від (5200 ± 218) до (6400 ± 275) у 1 см^3 . Найбільша кількість часток була розміром від 20–25 мк до 40–45 мк. При переробці тирси деревини загальна кількість часток у повітрі була максимальною – від 10 до 13 тис. у 1 см^3 і коливалася від (1635 ± 220) (20–25 мк), (1512 ± 190) (25–30 мк), (1470 ± 180) (30–35 мк) і (1200 ± 156) (40–45 мк).
7. При визначенні вмісту хімічних елементів у зразках соломи рапсу виявлено більший вміст натрію, алюмінію, кальцію порівняно з вмістом цих елементів у соломі пшениці, що пов'язано з будовою стебла рапсу. У той самий час у гранулах рапсу вміст магнію, калію, марганцю, цинку та заліза був достовірно вищим за виявлений вміст цих елементів у змішаних гранулах пшениці та рапсу, що свідчить про концентрування певних елементів під час формування гранул.
8. При виготовленні пелетів з тирси деревини сосни вміст мікроелементів у пилу виробничого середовища свідчить, що окрім органічного компонента деревини присутні й неорганічні складові. Про це свідчить значна кількість кремнію (Si) $(48,46 \pm 0,22)$ мкг/г у сировині, $(131,95 \pm 5,10)$ мкг/г – у сухій тирсі і $(717,32 \pm 6,50)$ мкг/г у виробничому пилу. Аналогічна картина спостерігається й з залізом (Fe) $(125,39 \pm 8,0)$ мкг/г у сировині, $(194,68 \pm 1,0)$ мкг/г – у сухій тирсі і $(2025,91 \pm 65,0)$ мкг/г у виробничому пилу та алюмінієм.
9. При вивченні вмісту хімічних елементів у повітрі робочої зони агростанції виявлено достовірно вищу концентрацію металів у повітрі робочих приміщень: Na, K, Ca, Cd, Cu. При порівнянні з прийнятими ГДК для сполук цих елементів високим був вміст натрію та кадмію в повітрі робочих приміщень. Таким чином, пилова складова повітря містить хімічні елементи, серед яких є небезпечні для здоров'я працюючих – кадмій.
10. За розрахунком гранично допустимих рівнів впливу для певних речовин в ультрадисперсному стані рекомендованих Британським Інститутом Стандартів виявлено, що в повітрі робочої зони ГДК (розрахована по BSI-PD 6699-2: 2007) Mg перевищує в 2,3 разу, Al – 4,5, Cd – 5300, Zn – 360, Cu – 17, As і Se понад 2000 разів.
11. Наявність у виробничому середовищі високих концентрацій хімічних елементів в ультрадисперсному стані можна вважати потенційним фактором ризику у виникненні професійно обумовлених і професійних захворювань для працівників підприємств з виробництва гранул та пелетів з рослинної сировини. Подальші дослідження дадуть змогу розробити спеціальні профілактичні заходи, спрямовані на попередження негативного впливу частинок мікророзмірів, інших факторів виробничого середовища на здоров'я працюючих у галузі.

Література

1. Alwis U. Dust exposures in the wood processing industry / U. Alwis, J. Mandryk, A. Hocking. – 1999. – V. 60 (5). – P. 641–647.
2. Symptoms, airway responsiveness, and exposure to dust in beech and oak wood workers / A. B. Bohadana, N. Massin, P. Wild [et al.] // *Occup. Environ. Med.* – 2000. – V. 57. – P. 268–273.
3. Carton M. Occupational exposure to wood dust. Health effects and exposure limit values / M. Carton, M. Goldberg, D. Luce // *Rev. Epidemiol. Sante. Publique.* – 2002. – V. 50 (2). – P. 159–178.
4. Dutkiewicz J. Bacteria and fungi in organic dust as a potential health hazard / J. Dutkiewicz // *Ann. Agric. Environ. Med.* – 1997. – № 4. – P. 11–16.
5. Microbial dustiness and particle release of different biofuels / A. M. Madsen, L. Martensson, T. Schneider, L. Larsson // *Ann Occup. Hyg.* – 2004. – V. 48, № 4. – P. 327–338.
6. Біопалива (технологія, машини і обладнання) / В. О. Дубровін, М. О. Корчемний [та ін.]. – Київ : ЦП «Енергетика і електрифікація», 2004. – 256 с.
7. Важкі метали у ґрунтах Українського Полісся та Київського мегаполісу / А. І. Самчук, І. В. Кураєва, О. С. Єгоров [та ін.]. – Київ : Наукова Думка, 2006. – 108 с.
8. Чудновець А. Я. Біологічний фактор при виробництві біопалива з відходів сільськогосподарської сировини як гігієнічна проблема / А. Я. Чудновець, М. Ю. Стеренбоген // *Укр. журн. з проблем медицини праці.* – № 2 (47). – 2016. – С. 79–90.

Стеренбоген М. Ю.¹, Чудновец А. Я.²

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УСЛОВИЙ ТРУДА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БИОТОПЛИВА ИЗ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ

¹Национальная медицинская академия последиplomного образования имени П. Л. Шупика, г. Киев

²Государственное учреждение «Институт медицины труда Национальной академии медицинских наук Украины», г. Киев

Введение. Украинская отрасль твердого биотоплива активно развивается в последние годы благодаря непрерывному росту спроса на альтернативные виды топлива. Производство большего количества энергии из биомассы связано с решением некоторых технических проблем, в том числе с проблемой предотвращения загрязнения окружающей среды. Отходы сельского и лесного хозяйств, городские отходы могут оказаться дополнительными источниками энергии и использоваться в качестве сырья для производства жидкого и газообразного топлива.

Цель исследования – изучение гигиенических особенностей условий труда при производстве биотоплива из отходов сельскохозяйственного сырья (солома, древесина).

Материалы и методы исследования. Изучали параметры микроклимата, концентрацию пыли в воздухе рабочей зоны, дисперсный состав пыли производственной среды, микроэлементный состав пыли, микробное загрязнение сырья при выполнении технологических процессов на предприятиях по производству биотоплива из отходов сельскохозяйственного сырья (солома, древесина).

Результаты. Установлено, что параметры температуры и влажности на большинстве рабочих мест не соответствуют нормативным показателям, концентрации микроорганизмов в отходах растительного сырья (соломы и опилок древесины) колебались в пределах от $6,0 \cdot 10^3$ КОЕ / г до $1,8 \cdot 10^5$ КОЕ/г. Гранулы из соломы рапса содержали $7,5 \cdot 10^3$ КОЕ/г. Сырьевой материал соломы пшеницы содержал $7,5 \cdot 10^4$ КОЕ/г, сырьевой материал деревянной стружки – $1,7 \cdot 10^4$ КОЕ / г, а сырьевой материал соломы рапса – $1,8 \cdot 10^5$ КОЕ/г. Дисперсный анализ пыли показал, что в воздухе рабочей зоны общее количество частиц колебалось от 3200 в начале работы и достигало 14 000 в конце смены. Наибольшее количество частиц было размером от 20–25 мк до 35–40 мк. При изучении содержания химических элементов в воздухе рабочей зоны выявлены достоверно более высокие концентрации металлов в воздухе рабочих помещений: Na, K, Ca, Cd, Cu.

Выводы. Солома различных сельскохозяйственных растений и отходы лесного хозяйства при использовании в виде гранул и пеллет (брикетов) являются перспективным сырьем в качестве биотоплива для Украины. При переработке растительного сырья в твердое топливо имеет место комбинированное действие физических, химических и биологических факторов производственной среды. Наличие в производственной среде высоких концентраций пыли и химических элементов в ультрадисперсном состоянии можно считать потенциальным фактором риска в возникновении профессионально обусловленных и профессиональных заболеваний для работников предприятий по производству гранул и пеллет из растительного сырья.

Ключевые слова: гигиена труда, биотопливо, отходы сельскохозяйственного сырья

Sterenbogen M. Yu.¹, Chudnovets A. Y.²

HYGIENE PECULIARITIES OF WORK CONDITIONS IN PRODUCTION OF BIOFUEL FROM WASTE AGRICULTURAL MATERIAL

¹P. L. Shupik National Medical Academy of Post-graduate Education, Ukraine, Kiev State

²Institution «Institute for Occupational Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kiev

Introduction. Ukrainian industry of solid biofuels is actively developing in recent years due to continuous request for alternative fuels. The production of the most number of the energy from biomass is related on solving some technical problems, including those of preventing the environment pollution. Waste from agricultural and forestry industries, municipal waste can be additional energy sources and used as a raw material for production of liquid and gaseous fuels.

Objective: The study of hygienic peculiarities of work conditions in production of biofuels from waste agricultural material (straw, wood) and developing preventive measures.

Materials and methods. The studies on microclimatic parameters, concentrations of dust in the working zone air, the disperse composition of dust in the work environment, trace element composition of dust, microbial contamination in technological processes at enterprises for biofuel production from waste agricultural materials (straw, wood) have been conducted.

Results. It is established that the parameters of temperature and humidity at most workplaces do not meet the regulatory standards; the concentration of microorganisms in the waste material (straw and wood chips) range from $6,0 \cdot 10^3$ CFU/g to $1,8 \cdot 10^5$ CFU/g. Pellets from rape straw were $7,5 \cdot 10^3$ CFU/g. The raw material from wheat straw contained $7,5 \cdot 10^4$ CFU/g, the raw material from wooden chips – $1,7 \cdot 10^4$ CFU/g and from rape straw – $1,8 \cdot 10^5$ CFU/g. The dust disperse analysis showed

that the air of the working area the general number of particles ranged from 3200 to 14 000. The largest number of particles was in the size from 20–25 microns to 35–40 microns. In the study of chemical elements in the breathing zone of workers it was found significantly higher concentrations of metals in the air of the work employment: Na, K, Ca, Cd, Cu.

Conclusion. The straw from different crops and forest wastes, when used in granules and pellets, can be promising waste as a biofuel for Ukraine. When processing the vegetable raw material into solid fuels the combined effect of physical, chemical and biological factors of the production environment is taking place. The availability of high concentrations of dust and chemical elements in ultra dispersive state in the working zone air can be considered a potential risk factor in occurrence of work-related and occupational diseases for employees of enterprises, engaged in production of granules and pellets from plant material.

Key words: occupational health, energy, waste agricultural products

References

1. Alwis, U., Mandryk, J., Mandryk, J. et al. 1999. «Dust exposure 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. 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.
4. Dutkiewicz, J. 1997, «Bacteria and fungi in organic dust as a potential health hazard», *Ann. Agric. Environ. Med.*, no. 4, pp. 11–16.
5. Madsen, A. M., Martensson, L., Schneider, T., Larsson, L. 2004, «Microbial dustiness and particle release of different biofuels», *Ann Occup. Hyg.*, v. 48, no. 4, pp. 327–338.
6. Dubrovin, V. O., Korchemniy, M. O., et al. 2004, *Biofuels (technology, machinery and equipment)*, Kyiv: TSTI «Energetika ta Elektryfikatsiya», 256 p. (in Ukrainian).
7. Samchuk, A. I., Kuraev, I. V., Egorov, A. S. et al. 2006, *Heavy metals in soils of Ukrainian Polissya and Kyiv megapolis*. Kyiv : Naukova Dymka, 108 p. (in Ukrainian).
8. Chudnovets, A. Ya., Sterenbogen, M. Yu. 2016, «The biological factor in the production of biofuels from waste agricultural materials as a hygienic problem», *Ukrainian Journal of Occupational Health*, v. 47, no. 2, pp. 79–90 (in Ukrainian).

Надійшла: 19 грудня 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 43 66.