

concentration. There were also determined leukocyte differential count, morphologic analysis of blood cells, atypic cells count in Pappenheim–Kryukov stain. Cytochemical status of leukocytes was studied respectively to such parameters as neutrophil peroxidase activity with Löele method; neutrophil chloroacetate esterase activity with method of Moloney, McPherso, Fliegelman; neutrophil lipid content with Askerman method; lymphocyte succinate dehydrogenase activity with Narcissov method. Quantitative and qualitative parameters were studied in dynamics in same rats on 1, 3, 7, 14 and 21 day after carbendazim treatment. Data were statistically analyzed using Student t-test; differences were considered reliable with $P \leq 0,05$.

Results. It was shown that carbendazim causes normochromic anaemia with decrease in reticulocytes and erythrocytes count and haemoglobin level; causes acanthocytosis in erythrocytes; causes leuko- and neutrophilopaenia with compensatory leukocytosis and appropriate lymphocytopaenia in terminal stages of research; causes appearance of atypic forms of lymphocytes, hypersegmented neutrophils, shadow cells; leads to thrombocytopenia. Carbendazim inhibits the activity of succinate dehydrogenase in lymphocytes, peroxidase, chloroacetate esterase and decreases lipid content in neutrophils. These affects were accompanied by increase in atypic forms of lymphocytes and neutrophil stab cells count.

Conclusions

1. Carbendazim in dosage 750 mg/kg in acute experiment conditions in Wistar rats causes anaemia and affects erythropoiesis due to its cytotoxic activity;

2. Carbendazim causes thrombocytopenia and affects thrombopoiesis;

3. Leukopenia, neutrophilopenia and morphological changes in leucocytes are linked with toxic effect of carbendazim on the process of granulocytopoiesis. Granulocytopoiesis is restored hereinafter due to compensatory reactions of blood system;

4. In abovementioned experimental conditions carbendazim inhibits the activity of succinate dehydrogenase, peroxidase, chloroacetate esterase and decreases lipid content in leucocytes. The revealed changes are reversible.

Prospects for further research. Important question for future research is the study of interrelation of morphological and biochemical changes in blood and also in tissues and organs of mammals under influence of carbendazim.

Key words: carbendazim, peripheral blood, acute oral toxicity, rats.

Рецензент – проф. Костенко В. О.

Стаття надійшла 16.05.2018 року

DOI 10.29254/2077-4214-2018-2-144-122-126

УДК 628.544:628.39+544 – 14(045)

Малишевська О. С.

ЕКОЛОГО-ГІГІЄНИЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРНИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Івано-Франківський національний медичний університет (м. Івано-Франківськ)

o16r02@gmail.com

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами. Робота виконана у рамках держбюджетної теми з джерелом фінансування від МОЗ «Розробка новітньої технології утилізації полімерних побутових відходів на основі механічного рециклінгу» (2017-2019 рр.), № державної реєстрації 0117U004237.

Вступ. Починаючи з моменту виникнення пакувальних полімерних матеріалів актуальною була і досі залишається проблема їх переробки. Загальна кількість пластику, коли-небудь виробленого в усьому світі, становить 7,94 мільярда тон. Промислове виробництво пластику почалося в 1950-х роках і відтоді тільки зростає. Загальний обсяг виробленого пластику у 2015 році становив 6,14 млрд т. Частка відходів полімерної упаковки в побутових відходах у світі на 2016 рік склала 16,2 % від загальної маси відходів, а за об'ємом – 64-71 % [1].

За даними служби статистики України за останні 25 років частка полімерів у твердих побутових відходах зросла з 1,7 % до 13,76 %, у результаті чого в країні накопичено близько 39 млн. т відходів цього типу. Крім того до цієї маси щорічно додається ще близько одного мільйона тон. У той же час у 2015 році лише 5,4 % полімерних відходів з 10,3 тис. т були перероблені, 7,2 % – спалені, а 83,7 % – опинилися на по-

лігонах захоронення твердих побутових відходів або стихійних сміттєзвалищах [2].

Часто в процесі експлуатації полігонів захоронення твердих побутових відходів (ТПВ) виникає процес їх самозаймання викликаний не лише підвищенням температури в тілі відходів під час розкладання органічних решток, а й контактом полімерів з рядом хімічних речовин у процесі ущільнення під тиском новими відходами.

Особливої гостроти проблема захоронення полімерних відходів на звалищах ТПВ (твердих побутових відходів) набула 30.05.2016 року. У результаті ліквідації самозаймання на львівському полігоні ТПВ загинуло 3 рятувальники та один еколог. За висновками комісії з розслідування, причиною трагедії став процес тління відходів. Займання було спричинене розкладанням органічних решток та контактом полімерних відходів з хімічними речовинами, що містяться у інших видах відходів [3].

Але найбільшою проблемою сучасності є не стільки способи утилізації ТПВ, скільки їх наслідки для оточуючого середовища, здоров'я людини і тварин. Відомо, що у процесі горіння полімерів утворюються високотоксичні сполуки типу галогенових діоксинів та фуранів. Під час експлуатації полігонів, крім дуже несприятливого психологічного враження, яке викликає їх зовнішній вигляд, за рахунок само-

займання у довкілля потрапляють хімічні речовини з канцерогенним і мутагенним ефектом. Крім того можуть утворюватися, як нові небезпечні речовини, так і мікроорганізми, які несуть загрозу навколишньому середовищу і здоров'ю тварин та людей. Комахи та птахи сприяють переносу шкідливих мікроорганізмів далеко від місць розташування полігонів [4,5].

З іншого боку, полімерні відходи – це дешева сировина, яку необхідно лише відділити від іншого сміття та переробити.

Таким чином, одним із найбільш радикальних напрямів екологічного захисту і оздоровлення довкілля є переробка полімерних відходів.

Найбільш перспективним є розробка науково-дослідного напрямку основаному на найбільш екологічно безпечному підході до переробки полімерних відходів – механічному рециклінгу. Низкою експериментальних досліджень науковців світу встановлено, що механічна переробка виключає деструктивні зміни у полімерах [6,7], у зв'язку з цим є неможливим утворення небезпечних хімічних речовин, яке спостерігається у процесі використання інших методів переробки полімерів [8-10].

Тому удосконалення і вивчення впливу на об'єкти довкілля безвідходних та маловідходних, екологічно безпечних технологій переробки полімерних відходів, що основані на процесі механічної переробки є одним з найбільш перспективних та безпечних шляхів поведінки з полімерними відходами.

Мета досліджень. Розробити безвідходну технологію переробки побутових полімерних відходів пляшок та упаковки, яка ґрунтується на механічному способі переробки.

Об'єкт і методи досліджень. Об'єктом дослідження є полімерні побутові відходи (пляшки, упаковка) із поліолефінів, полістиролів, вінілхлоридів, поліефірів. Дослідження проводились з використанням: шредера – смужкорізу; шаблевидного різачка для паперу; пристрою для механічної активації полімерних відходів; ваг лабораторних 4 класу точності ТВЕ. Дослідження базувались на натурних і лабораторних методах. Для реалізації поставлених у науковому дослідженні мети і завдань використовували комплекси загальнонаукових і спеціальних методів досліджень: бібліографічний метод аналізу наукової інформації, бібліосемантичний метод аналізу інформації, щодо існуючих підходів до поведінки з ТПВ; методи лабораторного та натурального гігієнічного експерименту. Аналіз запиленості повітря проводили приладом – АФА-ВП-20 ґрунтуючись на вимогах нормативних документів ГОСТ 12.1.005-88. «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони», ГОСТ 12.1.016-79 «Повітря робочої зони. Вимоги до методик вимірювання концентрацій шкідливих речовин (Зі зміною №1); Інструкція МОП «Оточуючі фактори на робочому місці» [11].

Обробка даних проведена на основі статистичних методів (регресійний аналіз, двовимірна статистика з використанням програмного продукту Microsoft Excel 2016), математичного моделювання та теорії імовірності (з використанням програмних продуктів StatSoft STATISTICA 10.0.1011.0 та MathCAD 14).

Результати досліджень та їх обговорення. Перевага нашого дослідження в тому, що ми удосконалюємо технологію механічного рециклінгу, що визнана

найбільш екологічно-безпечною та економічно вигідною технологією переробки полімерних відходів.

У результаті експериментальних досліджень встановлено, що введення механічної активації попередньо подрібненої полімерної сировини у процес переробки полімерних відходів дозволяє зменшити кількість стадій переробки із 11 стадій до 6 стадій. Зокрема з процесу переробки полімерних відходів виключаються стадії:

- сортування відходів полімерів за кольором та за типом;
- видалення кілець, корків та етикеток;
- флотацію;
- повторне подрібнення;
- промивання від мийних засобів.

Створена технологія у кілька разів зменшує потребу в енергетичних та матеріальних ресурсах спрямованих на переробку суміші полімерних відходів. Одночасно інтенсифікується процес переробки даного типу відходів, який покращує:

- еколого-гігієнічні умови проживання населення, шляхом зменшення кількості полімерних відходів, що потребують захоронення;
- гігієнічну обстановку на об'єктах тимчасового зберігання, транспортування та захоронення побутових відходів, що перебуває в більшості випадках у кризовому стані близькому до екологічної катастрофи;
- негативний вплив на довкілля, що викликаний, як полімерними відходами, так і засобами, що використовуються для їх перевезення, сортування, розділення, переробки та захоронення.

Згідно з розробленою технологією спочатку полімерні відходи подрібнюють на електричному шредері – смужкорізі до розмірів фракції: ширина від 1,0 мм до 2,5 мм, довжина від 10 мм до 25 мм. По довжині відходи нарізають різачком гільйотинного типу 1. Якщо відходи сильно забруднені, то подрібнення відбувається у водному середовищі подрібнювача 1. Величину розміру частинок корегують за допомогою розміру ґраток подрібнювача, які утримують матеріал у зоні подрібнення до досягнення ним необхідного розміру і вибирають залежно від потрібних розмірів готового продукту.

Застосування подрібнення у водному середовищі прискорює процес подрібнення, зменшує знос ріжучих елементів та сприяє інтенсифікації відмивання відходів. Після подрібнення відходи подаються шнековим транспортером 7, у фрикційну мийку, обладнану підігрівачем 2, у якій проходить відмивання відходів від етикеток, забруднення та клею, що значно прискорює та покращує гаряча вода і тертя, що створюється у пристрої під час роботи, при необхідності додають мийні засоби чи каустичну соду NaOH. По закінченні відмивання, відходи прямують шнековим транспортером 7 у центрифугу 3, за допомогою якої видалають від 85 % до 95 % етикеток, бруду та вологи, що у вигляді шламу виводять назовні. Із центрифуги 3 відходи потрапляють шнековим транспортером 7, у мийну камеру 4 з гарячою чистою водою, де походить їх остаточне відмивання, а потім шнековий транспортер 7 доправляє їх у сушарку 5, у якій під впливом потоків гарячого повітря із поверхні відходів випаровується надлишкова волога. Останньою стадією переробки відходів у готову продукцію є механічна активація останніх у вертикальному

відцентровому ріжучому пристрою із абразивними внутрішніми стінками 6, у який вони потрапляють за допомогою шнекового транспортера 7 (рис. 1).

Механічна активація полімерної сировини триває до 15 хвилин. У результаті механоактивації підготовані полімерні відходи, в залежності від виду або розшаровуються у вигляді абразивного «попкорну», як відходи ПЕТ, або їх поверхня стає шорохуватою. Для ПЕТ – відходів питома поверхня збільшується від 2 разів до 6 разів у наслідок їх розшарування, у стільки ж зростає і адсорбційна властивість поверхні відходів (рис. 2). Для інших видів полімерних відходів зростає шорсткість їх поверхні.

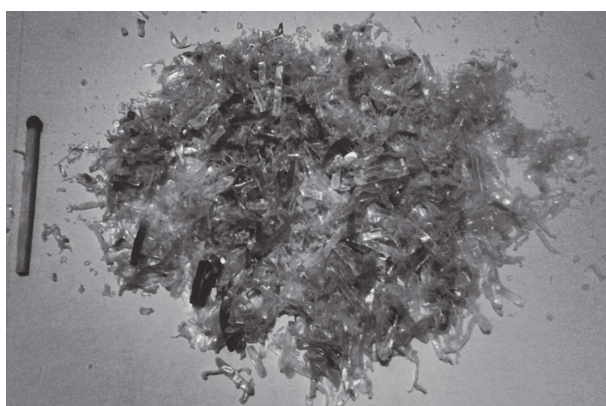


Рис. 2. Продукт механічної переробки ПЕТ – відходів із застосуванням механоактивації.

Розроблена технологія механічної переробки відходів полімерних пляшок та упаковки є єдиним екологічно чистим та гігієнічно безпечним способом переробки суміші полімерних відходів. На підтвердження екологічності даної технології проведено ряд натурних експериментальних досліджень фахівцями та з використанням обладнання ДУ «Івано-Франківський обласний лабораторний центр МОЗ України» для НДР № 0117U004237 «Розробка новітньої технології утилізації полімерних побутових відходів на основі механічного рециклінгу». Аналіз запиленості повітря проводили приладом – АФА-ВП-20; визначення концентрації хімічних речовин у повітрі відбувалось за допомогою електроаспіратора ЭА-1212, поглиначів Ріхтера та Зайцева, фотоелектроколориметра КФК-2, газового хроматографа марки Кристал 2000 М. Із аналізу таблиці випливає, що у жодній із відібраних для дослідження та аналізу проб повітря не встановлено перевищення за запиленістю та за вмістом хімічних речовин у повітрі робочої зони.

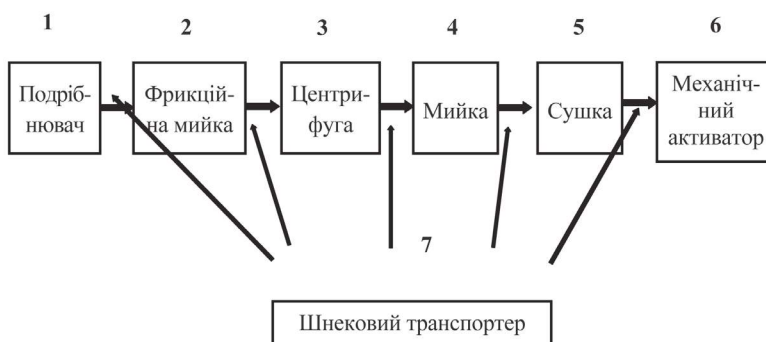


Рис. 1. Кінематична схема технології механічного рециклінгу полімерних відходів зі стадією механічної активації.

У процесі реалізації даної технології одержано продукцію, що готова до використання в якості кінцевого продукту чи сировини для використання у різних галузях народного господарства, що підтверджено охоронними документами [12].

Отриманий продукт, який представлений сумішшю полімерних відходів і володіє збільшеною шорсткою питоною поверхнею з покращеними адсорбційними та адгезивними властивостями, можна застосовувати:

- як наповнювач для м'яких іграшок, матраців, гіпоалергенних подушок;
- як наповнювач у цементно-піщані суміші, що дозволяє замінити вторинне армування металічною сіткою;
- як наповнювач у бетонних сумішей під час спорудження резервуарів питної води, улаштування каналізаційних мереж, спорудження сховищ для зберігання відпрацьованих хімічних речовин і відходів та інших об'єктів спеціального будівництва. Введення у бетонні суміші полімерних відходів під час спорудження резервуарів запобігає міграції води та хімічних речовин із ємностей;

Таблиця.

Кількісний і якісний хімічний аналіз проб повітря робочої зони процесу механічної переробки суміші полімерних відходів

Назва забруднюючої речовини	ГДК, мг/м ³	Клас небезпечності	Середня визначена концентрація, мг/м ³	Методика виконання вимірювання
Формальдегід	0,5	2	не виявлено	хроматогр.
Ацетальдегід	5	3	0,11450	хроматогр.
Оцтова кислота	5	3	0,5833	хроматогр.
Оксид карбону	20	4	0,2574	хроматогр.
Етилен	50	4	сліди	хроматогр., фотометричн.
Пропілен	100	4	сліди	хроматогр., фотометричн.
Оксид етилену	1	2	не виявлено	фотометричн.
Стирол	5	3	не виявлено	хроматогр.
Бензол	5	2	не виявлено	хроматогр., фотометричн.
Бензальдегід	5	3	не виявлено	хроматогр.
Толуол	50	3	не виявлено	хроматогр., фотометричн.
Етилбензол	50	3	не виявлено	хроматогр.
Поліетилен	10	4	1,6667	ваговий
Поліпропілен	10	4	1,452	ваговий
Поліетилентетрафталат	10	4	2,347	ваговий
Полівінілхлорид	6	3	1,92664	ваговий
Полістирол	10	4	0,8337	ваговий

- як багаторазовий легко відновлюваний адсорбент із великою питомою поверхнею у процесі ліквідації розливу нафтопродуктів, механічної очистки для підготовки питної води та очистки каналізаційних стоків комунальних підприємств та ін. [13].

Висновки і перспективи подальших досліджень. Розроблена технологія утилізації полімерних відходів, шляхом механічного рециклінгу, є найбільш доцільним в екологічному та гігієнічному відношенні шляхом, який забезпечить покращення санітарно-гігієнічної, медичної та епідеміологічної обстановки у межах впливу полігонів побутових відходів. Впровадження технології забезпечить зменшення техногенного навантаження на довкілля викликане накопиченням відходів, при цьому зменшиться захворюваність населення та підвищиться його

працездатність. Покращення соціально-медичної обстановки зменшить обсяг видатків на медичні, санітарно-технічні, гігієнічні та соціально-економічні заходи, спрямовані на попередження захворювань та усунення факторів ризику викликаних об'єктами зберігання та захоронення відходів.

Проведені дослідження практично вирішують низку санітарно-гігієнічних та екологічних проблем, а їхнє впровадження дозволить: зменшити кількість небезпечних високотоксичних полімерних відходів, які до 85 % депонуються на полігонах твердих побутових відходів (звалищах); зменшити техногенне навантаження на довкілля, викликане накопиченням полімерних відходів; покращити екологічні і гігієнічні умови проживання населення.

Література

1. Jambeck J. Plastic planet. Calculating all plastics produced. UGA-Research [Internet]. 31.07.2017 [cited 2017 July 31]:10-11. Available from: <https://issuu.com/ugaresearch/docs/uga-research-f17-issuu>
2. Environment of Ukraine 2016. Statistical yearbook. State Statistics Service of Ukraine, 2017. Kijv. p. 242. [Internet]. Available from: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publnav_ser_u.htm
3. Gribovitske dump: what next? Ukraine. Deutsche Welle [Internet]. 22.08.2016 [cited 2016 July 22]. Available from: www.dw.com/uk/грибовицьке-звалище-що-далі/a-19488640
4. Drellich J, Payne J, Kim T, Miller J. Selective froth floatation of PVC from PVC/PET mixtures for the plastics recycling industry. Polym. Eng. Sci. 1998;38(1):1378. DOI: 10.1002/pen.10308
5. Garforth A, Ali S, Hernandez-Martinez J, Akah A. Feedstock recycling of polymer wastes. Curr. Opin. Solid State Mater. Sci. 2004;8(1):419-27. DOI: 10.1016/j.cossms.2005.04.003
6. Hopewell J, Dvorak R, Kosior E. Plastics recycling: challenges and opportunities. Phil. Trans. R. Soc. B. 2009;364(1):2115-26. DOI: 10.1098/rstb.2008.0311
7. Perugini F, Mastellone M, Arena U. A life cycle assessment of mechanical and feedstock recycling options for management of plastic packaging wastes. Environ. Progr. 2005;24(1):137-54. DOI: 10.1002/ep.10078
8. Stenmarck Å, Belleza E, Frane A, Busch N, Larsen A. Hazardous substances in plastics: – Ways to increase recycling. Denmark. TemaNord; 2017. 505 p.
9. Mandziuk IA. Tekhnologii retsyklinhu polimervmistykykh vidkhodiv. Khimichna promyslovist Ukrainy. 2006;4(1):14-8. [in Ukrainian].
10. Rodgers M. Large-scale demonstration of viability of recycled PET (rPET) in retail packaging. The Waste & Resources Action Programme. [Internet]. The Old Academy, 21 Horse Fair, Banbury, Oxon OX16 0AH; 2006 [cited 2006 March 31]. 29 p. Available from: <http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/rPETFINALCoca-ColaReduced.pdf>
11. ILO Ambient factors in the workplace [Internet]. An ILO code of practice Geneva, International Labour Office; 2001 [cited 2001 Apr. 13]. 29 p. Available from: [http://www.Codeofpractice/workenvironment/occupational safety/occupational health/ 13.04.1 ISBN 92-2-111628-X](http://www.Codeofpractice/workenvironment/occupational%20safety/occupational%20health/13.04.1ISBN92-2-111628-X)
12. Malyshevska OS, Melnyk OD, vynakhidnyky; Malyshevska OS, Melnyk OD, patentovlasnyk. Sposib pererobky vidkhodiv pliashok polietyilentrefalatu (PETF). Patent Ukrainy № 110282. 2015 Zhovt. 12. [in Ukrainian].
13. Malyshevska OS, Melnyk OD. Mekhanichniy retsyklinh vidkhodiv polietyilentrefalatomykh pliashok. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy. 2014;24(9):149-55. [in Ukrainian].

ЕКОЛОГО-ГІГІЄНИЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРНИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ Малишевська О. С.

Резюме. Мета роботи – розробити безвідходну технологію переробки побутових полімерних відходів пляшок та упаковки, яка ґрунтується на механічному способі переробки, що виключає деструктивні зміни у полімерах і унеможливорює утворення небезпечних хімічних речовин.

Введення механічної активації у процес переробки полімерних відходів дозволяє зменшити кількість стадій переробки із 11 стадій до 6 стадій. Створена технологія у кілька разів зменшує потребу в енергетичних та матеріальних ресурсах спрямованих на переробку відходів. Одночасно інтенсифікується процес переробки даного типу відходів.

У результаті впровадження даної технології, вперше в Україні: буде отримано готовий продукт придатний до використання; зменшиться кількість небезпечних високотоксичних відходів, які зберігаються на полігонах до 85 %; зменшиться негативний вплив на довкілля, покращаться екологічні та санітарні умови проживання населення.

Ключові слова: гігієна відходів, санітарія, утилізація пластикових відходів, переробка пластикової упаковки, механічна переробка полімерних відходів.

ЕКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Малишевская О. С.

Резюме. Цель работы – разработать безотходную технологию переработки бытовых полимерных отходов бутылок и упаковки, которая основана на механическом способе переработки исключающем деструктивные изменения в полимерах и образование опасных химических веществ.

Введение механической активации в процесс переработки полимерных отходов позволяет уменьшить количество стадий переработки с 11 стадий до 6 стадий. Разработанная технология в несколько раз уменьшает потребность в энергетических и материальных ресурсах направленных на переработку отходов. Одновременно интенсифицируется процесс переработки данного типа отходов.

В результате внедрения данной технологии, впервые в Украине: будет получено готовый продукт готовый к использованию; уменьшится количество опасных высокотоксичных отходов, которые хранятся на полигонах до 85%; уменьшится негативное влияние на окружающую среду, улучшатся экологические и санитарные условия проживания населения.

Ключевые слова: гигиена отходов, санитария, утилизация пластиковых отходов, переработка пластиковой упаковки, механическая переработка полимерных отходов.

ECOLOGICAL AND HYGIENIC EVALUATION OF POLYMER WASTE MECHANICAL RECYCLING TECHNOLOGY

Malyshevska O. S.

Abstract. The purpose is to develop waste-free technology recycling of household waste plastic bottles and packaging, based on mechanically processing, which eliminates the destructive changes in polymers and prevents the formation of dangerous chemicals.

Methods. The study was based on in-situ and laboratory methods in which complexes of general and special methods of research were used. Among them are the following: method of bibliographical analysis of scientific information, bibliosemanic method concerning analysis of information about current approaches to the treatment of solid waste; methods of laboratory and hygienic field experiments.

Results and conclusions. Usage of mechanical activation in the processing of plastic waste can reduce the number of processing stages from 11 to 6 ones. Established technology reduces the needs for energy and material resources aimed at recycling in several times. At the same time the processing of this type of waste becomes more intensive.

Created technology reduces the needs for energy and material resources necessary for recycling plastic waste mixture in several times. At the same time the processing of this type of waste becomes more intensive which improves: ecological and hygienic living conditions of the population by reducing the amount of plastic waste requiring disposal; hygienic conditions in temporary storage, transportation and disposal of waste, which is in crisis close to environmental disaster in the most of cases; an impact on environment caused by plastic waste and means used for their transportation, sorting, separation, recycling and disposal.

The final product received as a result of this technology introduction is a mixture of plastic waste. It can be used as a filler for soft toys, mattresses, hypoallergenic pillows; as a filler in concrete mixture during construction of drinking water reservoirs, installation of sewage networks, construction of storage facilities for storage of previously used chemicals and waste. Introduction of plastic waste into concrete mixtures during the construction of reservoirs prevents a migration of water and chemicals from containers. It can be used as easily reusable and renewable adsorbent with high surface during oil spills, and as a component of mechanical treatment of drinking water and treatment of sewage systems.

Conclusions. The introduction of developed technology will reduce not only the number of highly dangerous waste stored in landfills by 85% but will reduce impact on the environment and improve environmental and sanitary living conditions of the population as well.

Key words: hygiene of waste, sanitation, recycling of plastic waste, recycling of plastic packaging, mechanical recycling of plastic waste.

Рецензент – проф. Катрушов О. В.

Стаття надійшла 18.04.2018 року