

ECOLOGICAL-AND-HYGIENIC ESTIMATION OF CEMENT COMPOSITIONS FILLED WITH RECYCLED POLYMERIC WASTE

Malyshevska O.S., Harkavyi S.I.

ЕКОЛОГО-ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА ЦЕМЕНТНИХ КОМПОЗИЦІЙ, НАПОВНЕНИХ ПЕРЕРОБЛЕНИМИ ПОЛІМЕРНИМИ ВІДХОДАМИ

¹МАЛИШЕВСЬКА О.С.,
²ГАРКАВИЙ С.І.

¹Івано-Франківський національний медичний університет, м. Івано-Франківськ

²Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця МОЗ України, м. Київ

Ключові слова:
комунальна гігієна,
переробка відходів,
полімерні відходи,
гігієнічна оцінка.

Будівельна галузь України, за даними інформаційно-аналітичної агенції Personal Analytical Unit [1], у 2017 році за обсягом будівельних робіт зросла на 34,14% порівняно з 2016 роком і склала 63,47 млрд. грн., а відсоток наповнювачів у будівельних матеріалах досяг 27% (14-14,6 млн. т). Заміна наповнювачів у будівельних матеріалах полімерами лише на 1% дозволить утилізувати 14-14,6 тис. т полімерних відходів щорічно

(за 2016 рік в Україні утворилось 11,9 тис. т полімерних відходів), тим самим вирішити проблему накопичення полімерних відходів на полігонах і неупорядкованих звалищах. Економічний ефект від впровадження розробки складе понад 3 млрд. грн. лише у будівельній галузі за рахунок економії наповнювачів.

Полімерні відходи становлять близько 82% від об'єму усіх відходів споживання, що вивозять на полігони 176437

ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ, НАПОЛНЕННЫХ ПЕРЕРАБОТАННЫМИ ПОЛИМЕРНЫМИ ОТХОДАМИ

¹Малышевская О.С., ²Гаркавый С.И.

¹Ивано-Франковский национальный медицинский университет, г. Ивано-Франковск

²Национальный медицинский университет им. А.А. Богомольца МЗ Украины, г. Киев, Украина

Цель – провести эколого-гигиеническую оценку строительных материалов, изготовленных из цементных композиций, наполненных переработанными полимерными отходами.

Материалы и методы исследования.

Проведен анализ гигиенических свойств строительных материалов, изготовленных из цементно-песчаных композиций. Композиции наполнены механически переработанными полимерными отходами. Результаты инструментальных исследований, проведенных в натуральных условиях в сертифицированных лабораторных центрах ДВНЗ «Ивано-Франковский национальный медицинский университет» с использованием оборудования и участием специалистов ГУ «Ивано-Франковский областной лабораторный центр МОЗ Украины» для НИР № 0117U004237, позволили установить влияние различных агрессивных сред на химическую деструкцию цементных композиций, наполненных полимерами.

Исследования проводились с использованием отходов ПЭТФ, ПВХ и смеси ПЭ+ПП; шлако-портландцемента; песка мытого; устройства для механической активации полимерных отходов; миксерного смесителя; весов лабораторных; химических реактивов и необходимого оборудования для проведения титрования. Расчеты проведены согласно СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии», ДСТУ 4079-2001 «Определение общего содержания хлоридов». Подготовку цементно-песчаной смеси и исследования физико-механических свойств образцов проводили по методикам стандартов EN 12390-5, EN 206-1.

Результаты и их обсуждение. Результатами исследований установлено, что наименьшее коли-

чество продуктов деструкции выделяется из образцов изделий, наполненных ПЭТФ 2-8% от общей массы наполнителя, когда происходит резкое уменьшение массы образцов за счет вымывания СаО в условиях углекислотной и расширительной коррозии, а также в дождевой и дистиллированной воде. Ускорение разрушения исследуемого образца отмечено в магниевой среде; ПВХ 2-6% происходит резкое уменьшение массы образцов в условиях всех смоделированных коррозионных сред, а также в дождевой и дистиллированной воде; смесь ПЭ + ПП, 0,25-1,2% в условиях всех смоделированных агрессивных сред, в дождевой и дистиллированной воде. Повышение устойчивости образцов цементных композиций, наполненных переработанными полимерами, в агрессивных средах, по нашему мнению, обусловлено появлением более плотного структурообразования с большим количеством низкоосновных гидросиликатов кальция и твердых растворов гидроалюмосиликатного состава.

Выводы и перспективы. Гигиеническими исследованиями установлено, что продуктом деструкции образцов цементно-песчаных композиций, наполненных полимерами, является смесь неорганического аморфного осадка, основную массу которого составляют СаО, Са(ОН)₂, Са(НСО₃)₂ 97,4-98,2% от общей массы осадка, а также Mg(ОН)₂, Al₂(ОН)₃. Образовавшиеся продукты деструкции являются нетоксичными, нерастворимыми или малорастворимыми простыми неорганическими соединениями, которые не оказывают отрицательного влияния на окружающую среду и человека. Основным направлением дальнейших научных исследований планируется изучение влияния на образование продуктов деструкции в агрессивных средах поверхностно-активных веществ, нанесение которых предусматривается на поверхность полимерных наполнителей для улучшения их сцепления с компонентами цементной матрицы.

Ключевые слова: коммунальная гигиена, переработка отходов, полимерные отходы, гигиеническая оценка.

сміттєвозів. Отже, за рік використання на 80% зменшиться обсяг забруднення довкілля, який супроводжує процес захоронення відходів (збирання, транспортування, розвантаження та укладання), що покращить санітарно-гігієнічну, екологічну й епідемічну ситуацію та рівень захворюваності населення у межах полігонів та місць тимчасового накопичення побутових відходів і зменшить обслуговуючий автопарк на 140830 одиниць техніки до 35607 сміттєвозів, тобто у 5 разів [2].

Впровадження результатів науково-практичних досліджень дозволить практично реалізувати концепцію Закону України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року», Закону України «Про упаковку та відходи упаковки». Забезпечити виконання вимог ратифікованих Україною Директив 94/62/ЄС «Про упаковку та відходи від упаковки»; 2000/76/WE «Про спалювання відходів»; 75/442/ЄЕС «Про відходи»; 2006/12/ЄС «Про відходи»; 1999/31/ЄС «Про відходи рамова»; 2008/98/ЄС «Про захоронення відходів»; 91/689/ЄС «Про небезпечні відходи»; 99/61/ЄС «Про всеохоплююче запобігання забрудненню та його контроль»; 2008/99/ЄС «Про охорону навколишнього природного середовища та кримінальну відповідальність»; 2000/76/ЄС «Про спалювання відходів»; 2004/12/ЄС «Про упаковку та відходи від упаковки»; 2010/75/ЄС «Про промислові викиди (комплексне попередження забруднення та контроль)».

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Світовою науковою спільнотою доведено, що механічна переробка полімерних відходів

виключає деструктивні зміни у полімерах, у зв'язку з чим унеможливується утворення шкідливих, високотоксичних речовин з подразнювальною, канцерогенною та мутагенною дією, яке спостерігається у процесі використання інших методів переробки полімерів [3-7]. Окрім цього, саме механічна переробка полімерних відходів є найменш ресурсовитратним способом їх утилізації. Нами проведено низку успішних експериментальних досліджень, які підтверджують можливість застосування механічно перероблених полімерних відходів в якості наповнювачів до цементно-піщаних композицій [8]. Тому наступним кроком запланованих досліджень є гігієнічна оцінка створених нами композицій з метою встановлення безпеки їх для людини і довкілля.

Мета. Проведення еколого-гігієнічної оцінки будівельних матеріалів, виготовлених із цементних композицій, наповнених переробленими полімерними відходами.

Матеріали та методи дослідження. Проведено аналіз гігієнічних властивостей полімервмісних будівельних матеріалів, виготовлених із цементно-піщаних композицій, наповнених переробленими полімерними відходами, у натурних умовах сертифікованими лабораторними центрами ДВНЗ «Івано-Франківський національний медичний університет» з залученням фахівців ДУ «Івано-Франківський обласний лабораторний центр МОЗ України». Встановлено вплив різних агресивних середовищ на їх хімічну деструкцію.

Дослідження проводилися з використанням відходів поліетилентетрафталат (ПЕТФ) – пляшок, полівінілхлориду (ПВХ) та суміші поліетилену і поліпропілену (ПЕ + ПП); шлако-портландцементу (ШПЦ) М-400 Івано-Франківського цементного заводу; піску митого річкового фракції 0,5-1,0 мм; шредера – смужкорізу; шаблевого різача для паперу; пристрою для механічної активації полімерних відходів; міксерного змішувача; вагів лабораторних 4 класу точності ТВЕ-0,3-0,005; хімічних реактивів та необхідного обладнання для проведення титрування; форм для виготовлення зразків згід-

но EN 12390-1.

Розрахунки проведено згідно з СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии» [9], ДСТУ 4079-2001 «Визначення загального вмісту хлоридів» та методик, наведених у джерелах [10-12]. Підготовку цементно-піщаної суміші та дослідження фізико-механічних властивостей виготовлених зразків проводили за методиками стандартів EN 12390-5 і EN 206-1 [13, 14].

Відходи нарізали на електричному шредері – смужкорізі з такими розмірами фракції: ширина – 1,0-2,5 мм, довжина – 10-15 мм. За довжиною смужки нарізали різачом для паперу. Після цього їх механічно активували у створеному нами пристрої відповідно до запатентованої методики [15] і одержали вихід волокнисто-розшарованого шорсткуватого матеріалу у межах 99,6%.

Згідно з методикою підготовані полімерні відходи додавали до сухої суміші із піску та цементу такого складу: пісок – цемент – вода (3:1:0,4) – перероблений механічним шляхом полімерний наповнювач (ПЕТФ, ПЕ+ПП, ПВХ) 0,25-19%, від загальної маси піску (з кроком 0,25-1%). Контрольна суміш складалась із цементу (500 г), піску (1500 г), води (250 мл). Суміш перемішували змішувачем і, не припиняючи процесу, додавали воду. Після цього суміш перемішували, залишали на 5 хвилин і знову перемішували для зпобігання передчасного схоплення суміші. Потім суміш укладали шарами у створені для цього спеціальні форми розміром 30 x 30 x 30 мм, ущільнювали металевим стрижнем і піддавали вібрації.

Для визначення втрати міцності зразків, наповнених різними типами та кількістю полімерних відходів, під дією різних видів корозії ми моделювали три типи водних агресивних середовищ та два порівняльні: карбонатне – 10% розчин H_2CO_3 ; магnezіальне – 10% розчин MgCl_2 ; розширювальне – 10% розчин Na_2SO_4 ; дистильована вода; дощова вода.

Досліджувані зразки занурювали на 28 днів в ємності з розчинами. Втрати іонів Ca^{2+} шляхом титрування розчину середовища фіксувалася кожні 3

ECOLOGICAL-AND-HYGIENIC ESTIMATION
OF CEMENT COMPOSITIONS FILLED
WITH RECYCLED POLYMERIC WASTE

¹Malyshevska O.S., ²Harkavyi S.I.

¹Ivano-Frankivsk National Medical University,

²National O.O. Bohomolets Medical University, Kyiv

Objective: We conducted ecological-and-hygienic assessment of the building materials made of cement compositions filled with recycled polymer waste.

Materials and methods: We used building materials made of cement-sand compositions filled with mechanically recycled polymer waste. The data of the instrumental research were obtained by the specialists and with the equipment of the Ivano-Frankivsk Region Laboratory Centre, MPHU for the research work N 0117U004237 under field conditions at the certified laboratory centres of Ivano-Frankivsk National Medical University. Those data determined the impact of various aggressive media on the chemical destruction of the cement compositions filled with polymers. The investigations were carried out with the application of PET waste, PCH, and PE + PP mixtures; slag Portland cement; washed sand; device for mechanical activation of polymer waste; homo-mixer; laboratory balance; chemical reagents, and equipment for titration. The calculations were carried out according to SanNR 2.03.11-85 «Protection of building structures from corrosion», SSU 4079-2001 «Determination of total chloride content». The preparation of the cement-sand mixture and the study of physical-and-mechanical properties of the samples were made according to the standards EN 12390-5 and EN 206-1.

Results and discussion: The results of the research showed that the smallest amount of the destruction products was extracted from the sam-

ples filled with PET (2-8% of the total weight of the filler) when there was a sharp decrease in the mass loss in samples due to the washing of CaO under conditions of carbon dioxide and extensible corrosion and as well as in rain and distilled water. Acceleration of the destruction of studied sample was noted in the magnesian medium; with PVC-6%, there is a sharp decrease in the mass loss of the samples under conditions of all simulated corrosive media, as well as in rain and distilled water; with PE + PP mixture 0.25-1.25%, under conditions of all simulated aggressive media and in rain and distilled water. In our opinion, an increase in the stability of samples of cement compositions, filled with recycled polymers in aggressive media, is due to the formation of more dense structure with a large amount of low basic calcium hydrosilicates and solid solutions of hydroalumosilicate composition.

Conclusions and prospects: Hygienic investigations have shown that the product of destruction of the samples of cement-sand compositions, filled with polymers, is a mixture of inorganic amorphous sediment, its main mass consists of CaO, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 97.4-98.2% of the total mass sediment, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Al}_2(\text{OH})_3$. Formed products of destruction are non-toxic insoluble or slightly soluble simple inorganic compounds that do not affect adversely the environment and human being. A study of the impact of the destruction products' formation in the aggressive media of the surfactants, applied on the surface of polymer fillers to improve their adhesion to the components of the cement matrix, will be the main direction of the subsequent research.

Keywords: municipal hygiene, waste recycling, polymer waste, hygienic estimation.

доби. Після 28 діб зразки промивали дистильованою водою і зважували. Таким чином була остаточно зафіксована кількість втрата маси зразка.

Для дослідження стійкості зразків до кислотної корозії використовували метод титрування, заснований на законі еквівалентів. Коли розчин відомої концентрації додають в інший розчин до завершення хімічної реакції між розчиненими у них речовинами, така операція називається титруванням. Момент титрування, в який досягається стехіометрична еквівалентність поєднаних речовин, називається точкою еквівалентності титрування. Для її встановлення під час проведення кислотно-основного титрування використовують органічні барвники кислотно-основні індикатори – фенолфталеїн, який є безбарвним у кислому розчині та стає малиновим в основному.

Для проведення дослідження зразки у формі куба з гранями 3 см (об'ємом 27 см³) уміщува-

ли в ємність 200 мл, заливали 150 мл розчину кислоти (10% HCl, 10% H₂SO₄, 10% HNO₃, 10% H₃PO₄).

Концентрацію кислоти визначали за формулою 1:
 $a = \Delta V \cdot 0.0028 \cdot [250 - 5(n-1)] / F$, (1)

де a – кількість CaO, яка перейшла у розчин, г/м²; V – об'єм 0,1 Н розчину NaOH, витраченого на титрування розчину, мл; 0,0028 – кількість CaO, еквівалентна 1 мл 0,1 Н розчину NaOH; n – тривалість вилугування на добу; F – площа поверхні зразка, м².

Проводили графічну обробку експериментальних даних шляхом побудови залежності $a = f(n)$.

Для дослідження кінетики вилугування теж використовували метод титрування, описаний вище.

За зміною концентрації соляної кислоти визначали кількість CaO, що перейшла із цементного каменя у розчин, яку розраховували за формулою:

$a = \Delta V \cdot 0.0028 \cdot [250 - 5(n-1)] / F$, (2)

де a – кількість CaO, що перейшла у розчин, г/м²; V – об'єм 0,1 Н розчину KOH, витраченого на титрування розчину, мл; 0,0028 – кількість CaO, еквівалентну 1 мл 0,1 Н розчину KOH; n – тривалість вилугування на добу; F – площа поверхні зразка, м².

Проводилася графічна обробка експериментальних даних шляхом побудови залежності $a = f(n)$.

Гравіметричний (ваговий) метод дослідження застосовувався паралельно з методом титрування для визначення корозійної стійкості зразків цементно-піщаних сумішей у різних агресивних середовищах і полягав у вимірюванні втрати маси зразка на електронних вагах до і після перебування в агресивному середовищі залежно від часу.

Результати досліджень та їх обговорення. Досліджувалися деструктивні зміни та втрата маси у зразках, виготовлених із цементних композицій, наповнених переробленими полімерними відходами, після

застосування розробленої технології переробки, різних видів та різної кількості доданих відходів.

Результатами досліджень встановлено, що збільшення кількості досліджуваних полімерних відходів, доданих у цементні композиції, зменшує вуглекислотну та розширювальну корозію виробів для усіх видів полімерного наповнювача; магnezіальну – для зразків, наповнених відходами ПВХ та

сумішшю із ПЕ + ПП; збільшує магnezіальну корозію для зразків наповнених ПЕТФ.

З рисунка 1 видно, що за кількості доданого ПЕТФ наповнювача до цементних композицій від 2% до 8% відбувається різке зменшення втрати маси зразків за рахунок вимивання СаО в умовах вуглекислотної та розширювальної корозії, а також у дощовій і дистильованій водах. Зі збільшенням кількості наповнювача відбувається незначне збільшення втрати маси зразків, однак вони не досягають значень контрольної суміші. Для зразків, наповнених ПЕТФ, в умовах магnezіального середовища зафіксовано корозійну втрату маси зразків, що пришвидшується зі збільшенням кількості доданих ПЕТФ.

З рисунка 2 видно, що за кількості доданого ПВХ наповнювача у цементні композиції від 2% до 6% теж відбувається

різке зменшення маси зразків за рахунок вимивання СаО під дією змодельованих корозійних середовищ, а також у дощовій і дистильованій воді. Зі збільшенням кількості наповнювача від 7% до 16% має місце незначне збільшення втрати маси зразків порівняно з контрольними.

З рисунка 3 видно, що за кількості доданого ПЕ+ПП наповнювача у цементні композиції від 0,25% до 1,25% відбувається також різке зменшення втрати маси зразків за рахунок вимивання СаО в умовах змодельованих агресивних середовищ та у дощовій і дистильованій воді. Зі збільшенням кількості наповнювача спостерігається незначна втрата маси зразків для магnezіальної та розширювальної корозії порівняно з контрольними.

Відомо, що структура зразків із цементно-піщаних композицій складена хаотично розташованими дрібно- та крупнопористими агломераціями відкритого типу. Такі композиції добре вбирають та пропускають крізь себе воду, взаємодіють з розчиненими у воді сполуками, тому для них характерним є вимивання в агресивних середовищах розчинних сполук, представлених іонами Са⁺.

На нашу думку, поясненням підвищення стійкості зразків із цементних композицій, наповнених переробленими полімерами, в агресивних середовищах та зменшення втрати їхньої маси є поява особливого структуроутворення – цементного каменя, що зафіксовано низкою проведених мікроскопічних та рентгенівських досліджень. Структуроутворення характеризується більшою щільністю зі значною кількістю низькоосновних гідросилікатів кальцію та твердих розчинів гідроалюмосилікатного складу. Ці особливості цементної матриці пояснюють її високу корозійну стійкість у водних середовищах, для яких характерні критичні значення рН лужного і кислотного характеру та їхньою стабільністю у часі.

Тому цементні композиції, наповнені полімерними відходами, можна рекомендувати для застосування у різних агресивних середовищах, наприклад

□ для облаштування каналі-

Рисунок 1
Вплив кількості доданих ПЕТФ наповнювачів на корозійну втрату маси зразків за 28 днів для різних агресивних середовищ

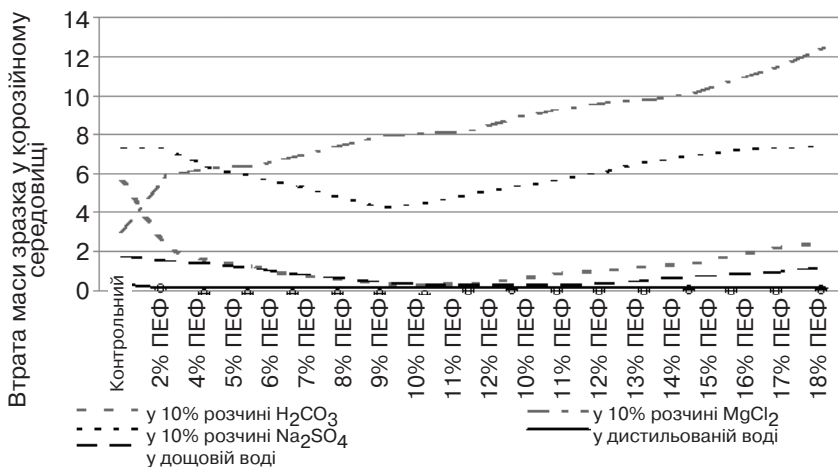
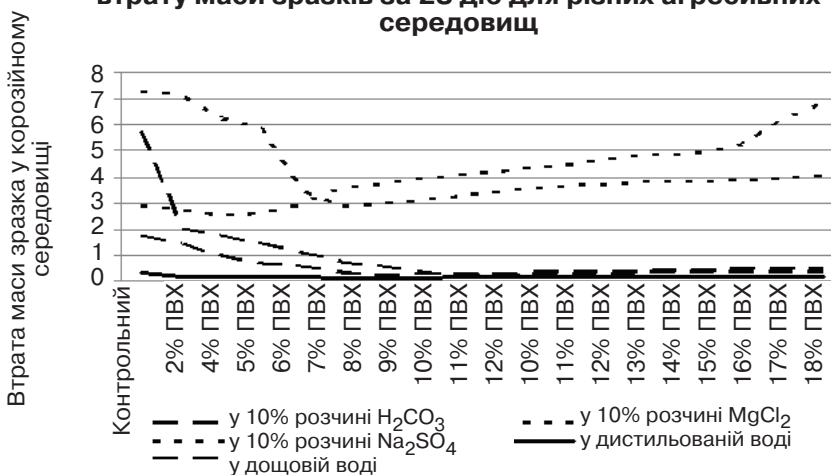


Рисунок 2
Вплив кількості доданих ПВХ наповнювачів на корозійну втрату маси зразків за 28 днів для різних агресивних середовищ



заційних мереж для відведення стічних вод, улаштування відстійників для виділення із стічних вод завислих речовин;

□ для створення екранів, які перешкоджають розповсюдженню хімічно-агресивних, високотоксичних речовин та їхніх відходів;

□ для екранування шламосховищ, резервуарів нафтопродуктів, гідрозаторів;

□ для основи під полігони твердих побутових, рідких і твердих токсичних відходів;

□ для зведення дамб водосховищ;

□ для улаштування дорожнього покриття автомобільних доріг, які експлуатуються під дією агресивних речовин тощо.

Гігієнічними дослідженнями встановлено, що продуктом деструкції зразків цементно-піщаних композицій, наповнених полімерами, є суміш неорганічного аморфного осаду, основну масу якого складають $\text{CaO} + \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ від 97,4% до 98,2% від загальної кількості осаду, інше – $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Al}_2(\text{OH})_3$. Утворені продукти деструкції є нетоксичними, нерозчинними або малорозчинними простими неорганічними сполуками, що не справляють негативного впливу на довкілля та людину.

Висновки та перспективи подальших досліджень. На підставі отриманих результатів проведених гігієнічних досліджень зразків цементно-піщаних сумішей, наповнених різними видами полімерних відходів, встановлено:

□ продукти руйнування цементно-піщаних зразків представлені неорганічним аморфним осадом, основну масу якого складають $\text{CaO} + \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ від 97,4% до 98,2% від загальної кількості осаду, інше – $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Al}_2(\text{OH})_3$. Даний осад представлений нетоксичними, нерозчинними або малорозчинними простими неорганічними сполуками, що не чинять негативного впливу на довкілля та людину;

□ у зразках цементно-піщаних композицій, наповнених ПЕТФ від 2% до 8% від загальної маси наповнювача, відбувається різке зменшення втрати маси зразків за рахунок вимивання CaO в умовах вуглекислотної та розширювальної

корозії, а також у дощовій і дистильованій водах. Зі збільшенням кількості наповнювача відбувається незначне збільшення втрати маси зразків, однак вони не досягають значень контрольної суміші. В умовах магnezіальної корозії зафіксовано корозійну втрату маси зразків, що пришвидшується зі збільшенням кількості доданих ПЕТФ;

□ у зразках цементно-піщаних композицій, наповнених ПВХ від 2% до 6% від загальної маси наповнювача, відбувається різке зменшення втрати маси зразків за рахунок вимивання CaO в умовах змодельованих корозійних середовищ, а також у дощовій і дистильованій воді. Зі збільшенням кількості наповнювача у складі цементно-піщаної композиції від 7% до 16% спостерігається незначне збільшення втрати маси зразків порівняно з контрольними;

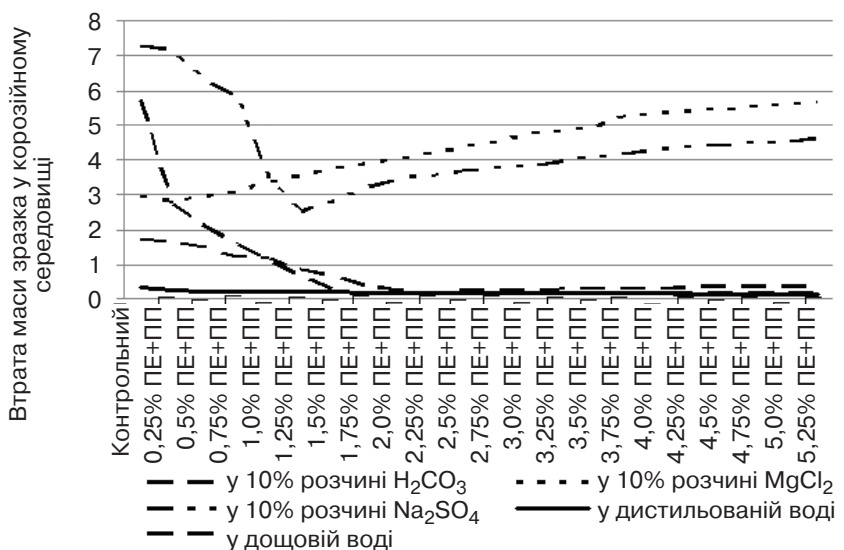
□ у зразках цементно-піщаних композицій, наповнених сумішшю ПЕ+ПП від 0,25% до 1,25% від загальної маси наповнювача, відбувається різке зменшення втрати маси зразків за рахунок вимивання CaO в умовах змодельованих агресивних середовищ та у дощовій і дистильованій водах. Зі збільшенням кількості наповнювача у складі цементно-піщаної композиції має місце незначне збільшення втрати маси зразків для магnezіальної та розширювальної корозії, яке є значно меншим за втрату маси у конт-

рольній групі зразків.

□ підвищення стійкості зразків будівельного матеріалу із цементних композицій, наповнених переробленими полімерами, в агресивних середовищах та зменшення втрати їх маси зумовлене появою особливого структуроутворення – цементного каменя, що зафіксовано низкою проведених мікроскопічних та рентгенівських досліджень. Структуроутворення характеризується більшою щільністю зі значною кількістю низькоосновних гідросилікатів кальцію та твердих розчинів гідроалюмосилікатного складу.

Основним напрямком подальших наукових досліджень буде вивчення впливу на утворення продуктів розпаду в агресивних середовищах поверхнево-активних речовин, нанесення яких передбачається на поверхню полімерних наповнювачів для покращання їх зчеплення з компонентами цементної матриці.

Рисунок 3
Вплив кількості доданих ПЕ+ПП наповнювачів на корозійну втрату маси зразків за 28 днів для різних агресивних середовищ



ЛІТЕРАТУРА

1. Информационно-аналитическое агентство рынка стройматериалов Personal Analytical Unit. Режим доступа : <https://pau.prom.ua>
2. Довкілля України за 2016 рік: стат. зб. Київ : Держ. служба статистики України, 2017. 242 с. URL : http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2013/ibd/ovb/ovb_u/ovb_2018_u_ok.htm
3. Zander N.E., Gillan M., Sweetser D. Composite Fibers from Recycled Plastics Using Melt Centrifugal Spinning. *Materials (Basel)*. 2017. 10 (9). E1044. <https://doi.org/10.3390/ma10091044>.
4. Khan W.S., Asmatulu R., Davuluri S., Dandin V. K. Improving the economic values of the recycled plastics using nanotechnology associated studies. *J. Mater. Sci. Technol.* 2014. Vol. 30. P. 854-859.
5. Lei Gu, Togay Ozbakkaloglu Use of recycled plastics in concrete: A critical review. *Waste Management*. 2016. Vol. 51. P. 19-42. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.005>
6. Sharma R., Bansal P. P. Use of different forms of waste plastic in concrete – A review. *Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol. 112. P. 473-482. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.042>.
7. Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K. M. Rakinul Islam. Effects of waste PET as coarse aggregate on the fresh and harden properties of concrete. *Construction and Building Materials*. 2016. Vol. 125. P. 946-651. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.128>.
8. Malyshevska O.S. Ecological and Hygienic Characteristics of Main Methods of Processing of Polymeric

Domestic Waste. *Modern Scientific Researches*. 2018. № 5, Part 1. P. 100-111. URL : <https://www.sworld.com.ua/msr/msr5-1.pdf>

9. Защита строительных конструкций от коррозии : СНиП 2.03.11-85. Утв. Госстрой СССР. Москва : Госстрой СССР, 1996. 56 с.

10. Визначення загального вмісту хлоридів. Титрування нітратом срібла з застосуванням хромату як індикатора (метод Мора) : ДСТУ 4079-2001. К. : Держстандарт України, 2002. 6 с.

11. Лещинский М.Ю. Испытание бетона: справочное пособие. М. : Стройиздат, 1980. 360 с.

12. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В. Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. М. : Высшая школа, 1981. 334 с.

13. EN 206-1 Concrete – Part 1: Specification, performance, production and conformity. June 2013.

14. BS EN 12390-5:2009. Testing hardened concrete Part 5: Flexural strength of test specimens. April 2009.

15. Патент № 110282 МПК В29В 17/00, В03В 9/06. Спосіб переробки відходів пляшок поліетилентетрафталату (ПЕТФ) / О.С. Малишевська, О.Д. Мельник (UA). Бюл. № 23, 10.12.2015.

REFERENCES

1. Informatsionno-analiticheskoe agenstvo rynku stroimaterialov Personal Analytical Unit [Information-and-analytical agency of building materials market]. URL : <https://pau.prom.ua> (in Russian)

2. Dovkillia Ukrainy za 2016 rik : stat. zbirn. [Environment of Ukraine for 2016: statistical collection]. Kyiv ; 2017 : 242 p. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2013/ibd/ovb/ovb_u/ovb_2018_u_ok.htm (in Ukrainian).

3. Zander N.E., Gillan M. and Sweetser D. *Materials (Basel)*. 2017 ; 10 (9) : E1044. <https://doi.org/10.3390/ma10091044>.

4. Khan W.S., Asmatulu R., Davuluri S. and Dandin V. K. *J. Mater. Sci. Technol.* 2014. Vol. 30. P. 854-859.

5. Lei Gu and Togay Ozbakkaloglu . *Waste Management*. 2016 ; 51 : 19-42.

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.005>

6. Sharma R. and Bansal P.P. *Journal of Cleaner Production*. 2016 ; 112 : 473-482. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.042>.

7. Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K. M. Rakinul Islam. *Construction and Building Materials*. 2016 ; 125 : 946-651. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.128>.

8. Malyshevska O.S. *Modern Scientific Researches*. 2018 ; 5 ; Part 1 : 100-111. URL : <https://www.sworld.com.ua/msr/msr5-1.pdf>

9. Zashchita sroitelnykh konstruktii ot korrozii : SNiP 2.03.11-85. [Protection of Building Structures Against Corrosion]. Moscow : Gosstroy SSSR ; 1996 : 56 p. in Russian)

10. Vyznachennia zahalnoho vmistu khlorydiv. Tytruvannia nitratom sribla iz zastosuванням khromatu yak indykatora (metod Mora) [Determination of Total Content of Chlorides. Titration with Silver Nitrate with the Use of Chromate as an Indicator (the Mora Method)]. Kyiv : Derzhstandart Ukrainy ; 2002 : 6 p. (in Ukrainian)

11. Leshchinskiy M.Yu. Ispytanie betona : spravochnoe posobie [Testing Concrete : A Handbook]. Moscow : Stroyizdat ; 1980 : 360 p. (in Russian).

12. Gorshkov V.S., Timashev V.V. and Savelev V.G. *Metody fiziko-khimicheskogo analiza viazhushchikh veshchestv* [Methods of Physico-Chemical Analysis of Binders]. Moscow : Vysshaya shkola ; 1981: 334 p. (in Russian)

13. EN 206-1 Concrete – Part 1: Specification, Performance, Production and Conformity. June 2013.

14. BS EN 12390-5:2009. Testing Hardened Concrete Part 5: Flexural Strength of Test Specimens. April 2009.

15. Malyshevska O.S. and Melnyk O.D. Pat. № 110282 (UA) IPC B29B 17/00, B03B 9/06. Sposib pererobky vidkhodiv pliyshok polyethylene terephthalate (PET) [Method of the Recycling of Polyethylene Terephthalate (PET) Bottles]. Published 10.12.2015; Bull. № 23

Надійшла до редакції 17.09.2018