

І.В. Леонець, магістр**О.М. Сідоров, аспір.****Д.С. Янович, магістр****С.О. Заруцький, аспір.***Житомирський державний технологічний університет***О.М. Чала, к.т.н., с.н.с.***Інститут гідромеханіки НАНУ*

Взаємодія фарбових матеріалів з поверхнею природного каменю

Антропогенна діяльність викликає забруднення повітря та є одним із основних факторів, що відповідає за розпад археологічних та історичних кам'яних пам'яток. За останні два століття спостерігається швидке зростання темпів розпаду кам'яних пам'яток, особливо у європейських і північноамериканських країнах. Головною причиною цього стала спадщина антропогенної діяльності, яка пов'язана з промисловою революцією. Раніше виробы з природного каменю також зазнавали змін у характеристиках, але в іншому часовому масштабі, тобто геологічному масштабі часу. Розвиток промисловості, розширення і концентрація міського ландшафту призвели до прискорення процесів розпаду. Останнім часом набуло широке поширення графіті, що може також серйозно пошкодити кам'яні матеріали і призвести до матеріальних втрат і, навіть, до втрати у вартості. В публікації була проведена оцінка шкідливого впливу перманентних маркерів на облицювання природного каменю. У дослідженні розглянуто Покостівське, Корнинське, Капустинське, Межирічинське родовища природного каменю. Було визначено крайові кути розтікання фарби на спиртовій та водній основі на полірованій поверхні каменю. Також було виміряно кути змочування поверхні для води. У результаті проведених досліджень було виявлено гідрофобність полірованої поверхні природного каменю. Встановлено величину розтікання фарби після її нанесення на камінь. З'ясовано, що розтікання залежить від кольору фарби.

Ключові слова: природний камінь; графіті; фарба; кут розтікання; тензіометр.

Вступ. Природний камінь є одним із найважливіших матеріалів, який використовується в будівництві. На території України природний камінь знайшов широке застосування в облицюванні цоколів будівель та парканів, які часто піддаються забрудненню, одним із яких є забруднення фарбою. Нині немає чіткої класифікації каменю з його взаємодії з фарбовими матеріалами (ФМ) і, як наслідок, не розроблено методів для превентивного захисту різного виду облицювального каменю.

Первинні компоненти, які містяться у більшості фарбових матеріалів, а саме барвник або пігмент і єднальний компонент, можуть залишатися на поверхні, або проникати в товщу каменю на різну глибину. Це залежить від ряду факторів: в'язкість розчинника, пористість поверхні каменю, міжфазна напруга тверда поверхня/рідина. Таким чином, після видалення фарби можуть залишатися так звані плями «привиди», які неможливо видалити без надмірного пошкодження поверхні каменю, що несе за собою великі збитки.

Графіті є постійно зростаючою проблемою в різних регіонах світу і стає спільною загрозою культурної спадщини. Графіті – зображення або написи, видряпані, написані або намальовані фарбою або чорнилом на стінах та інших поверхнях. До графіті належить будь-який вид вуличного розфарбовування стін, на яких можна знайти все: від просто написаних слів до вишуканих малюнків.

В історичній науці цей термін використовується давно, але у більш вузькому значенні. Коли заходить мова про древні епіграфічні пам'ятки, то розділяють поняття «графіті» і «діпінті». Якщо останнє означає написи фарбою, то «графіті» – видряпані написи (сам термін безпосередньо походить від італійського дієслова *graffiare* – «дряпати»).

Нині широке поширення отримав спрей-арт, тобто малювання графіті за допомогою аерозольної фарби [1, 2, 3]. Це візуально спотворює і може завдати фізичної шкоди історичним поверхням кладки, особливо там, де такі поверхні досить пористі. Однак варто сказати, що існує художня форма графіті: мистецтво графіті, тобто графіті з історичними, естетичними чи культурними цінностями, які мають бути збережені.

Терміном «графіті» стали називати будь-яку форму графіки, зроблену на поверхні актом вандалізму. Вивченням естетичного вигляду каменю, впливу фарби на поверхню каменю займалося багато вчених [4–10], але досі залишаються маловивченими українські родовища природного каменю.

Мета роботи полягає у визначенні характеру взаємодії облицювального каменю з ФМ на прикладі найбільш поширених гранітів Житомирської області. До них належать Покостівське, Корнинське, Капустинське, Межиріччинське родовища граніту.

Викладення основного матеріалу. Останнім часом набули широкого поширення перманентні маркери. Саме вплив цих маркерів було розглянуто в публікації. Слово перманентний – має на увазі під собою значення довгої або навіть вічної дії, відповідно, точно так само, як і фарби і лаки, перманентний якісний маркер має властивості, які дозволяють наносити на будь-яку поверхню, – це може бути дерево, пластмаса і, навіть, метал, дуже швидко переходять у стійкий стан і зберігають його протягом тривалого часу. Чорнила цих маркерів відрізняються високою водостійкістю. Їх незаперечним плюсом (хоча, може в деяких ситуаціях і мінусом) є те, що вони висихають відразу після нанесення. Ці моделі рідко використовують для малювання, тому що вони мають широкий стрижень. Такі маркери дозволяють нанести чіткі лінії без розтікання. Вони бувають на спиртовій та водяній основі. Чим більше розчинника у фарбі, тим більша здатність фарби проникати у пористий простір каменю.

Найголовнішим параметром, який характеризує взаємодію кам'яної поверхні з фарбою, є розтікання. Розтіканням називається мимовільний процес течії рідини по твердій поверхні, яка відбувається за рахунок зменшення вільної поверхневої енергії системи. При розтіканні збільшується поверхня розділу фаз тверде тіло/рідина.

Розтікання залежить від співвідношення між силами зчеплення молекул рідини з молекулами (або атомами) змочуваного тіла (адгезія) та силами взаємного зчеплення молекул рідини (когезія).

Якщо рідина контактує з твердим тілом, то існують дві можливості:

- молекули рідини притягуються одна до одної сильніше, ніж до молекул твердого тіла. В результаті сили тяжіння між молекулами рідини збирають її в крапельку. Так поводить ся ртуть на склі, вода на парафіні або на «жирній» поверхні. У цьому випадку говорять, що рідина не змочує поверхню;
- молекули рідини притягуються одна до одної слабше, ніж до молекул твердого тіла. В результаті рідина прагне притулитися до твердої поверхні, розпливається по ній. Так поводить ся ртуть на цинковій пластині, вода на чистому склі або дереві. У цьому випадку говорять, що рідина змочує поверхню.

Поняттям, необхідним для розуміння розтікання, служить контактний кут змочування (φ) (рис. 1), який утворюється між дотичною до краплі фарби та поверхнею каменю. Якщо $\varphi < 90^\circ$, фарба розтікається по поверхні, а при $\varphi > 90^\circ$, фарба не змочує поверхню.



Рис. 1. Схема визначення кута змочування φ рідиною твердої поверхні

Тобто, якщо $\varphi \rightarrow 0$, адгезія фарби з поверхнею каменю покращується. Згідно з другим законом термодинаміки, змочування як мимовільний процес супроводжується зі зменшенням енергії системи, зокрема, вільної поверхневої енергії G_s . На рисунку 2 показано змочування твердої поверхні рідиною.

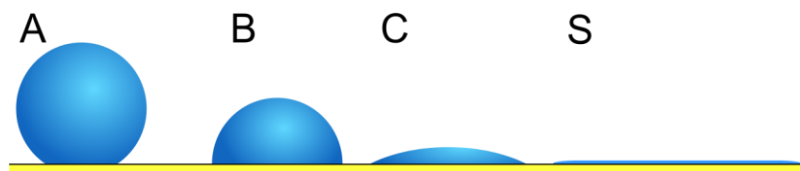


Рис. 2. Змочування твердої поверхні рідиною



A – дуже слабке змочування, крапля практично куляста; B і C – змочування з більшою площею контакту краплі рідини з твердою поверхнею; S – повне змочування, рідина розтікається по поверхні

Для вимірювання крайового кута змочування було використано тензіометр «KSV CAM100». В якості фарби була використана фарба з двох маркерів зеленого кольору на спиртовій та водяній основі.


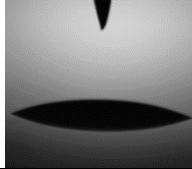




Після проведення експерименту були отримані результати, наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Кути змочування фарби на полірованій поверхні природного каменю

Родовище граніту	Фарба на водяній основі		Фарба на спиртовій основі	
	кут(φ)	фото краплі	кут(φ)	фото краплі
Покостівське	14,59°		11,02°	

Закінчення таблиці 1

Родовище граніту	Фарба на водяній основі	Фарба на спиртовій основі	Родовище граніту	Фарба на водяній основі
	кут(φ)	фото краплі	кут(φ)	фото краплі
Капустинське	21,90°		17,99°	
Корнинське	16,05°		19,88°	
Межирічинське	18,94°		21,83°	

Також було виміряно кути розтікання води на поверхні природного каменю, які наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Кути розтікання води на поверхні природного каменю

Родовище граніту	Кут змочування(φ)
Корнинське	39,21°
Межирічинське	46,99°
Покостівське	38,17°
Капустинське	40,36°

З рисунку 3 видно, що найменший кут розтікання має Покостівський гранодіорит, найбільший кут краєвий розтікання має Межиріченське родовище гранітів.

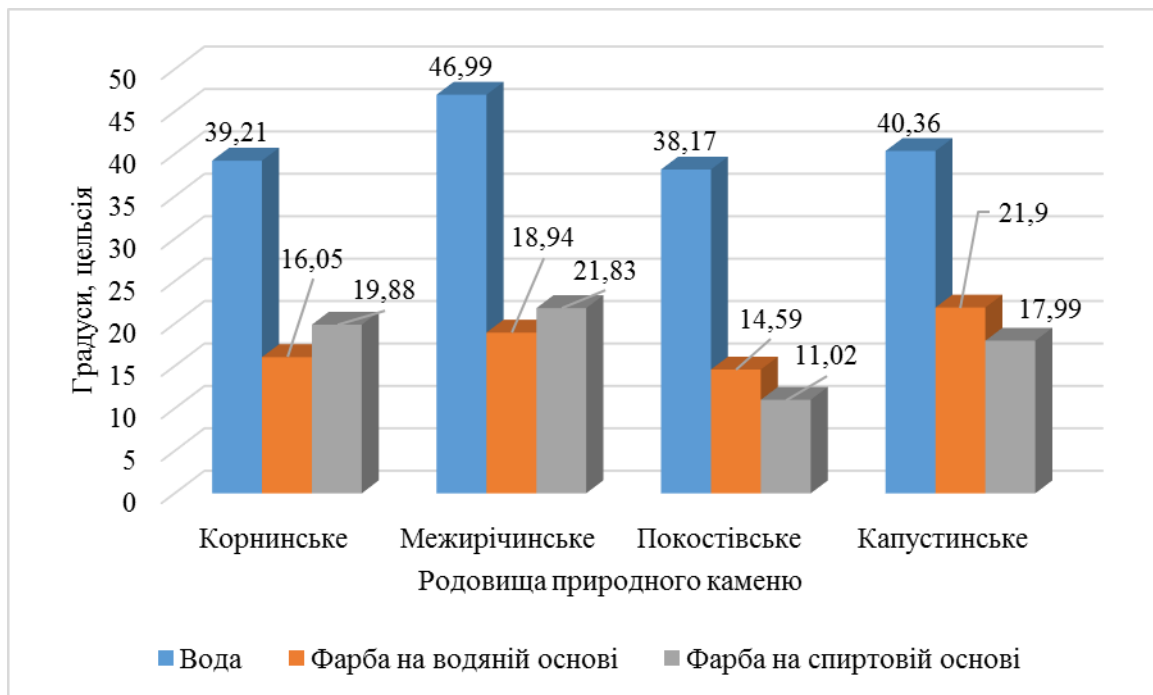


Рис. 3. Порівняння кутів розтікання на полірованій поверхні природного каменю з родовищ України

Дослідження просочення фарбою природного каменю було проведено на зразках каменю з Покостівського гранодіориту, Капустинського, Лезниківського, Межирічинецького гранітів (рис. 3).

Для обробки цифрових зображень було розроблено програмне забезпечення MidiStones. Попередню обробку зображення проходило в програмних продуктах Adobe Photoshop 8, MatLab.

Алгоритм обробки цифрового зображення утворюється із таких етапів:

- сегментація зображення (поділ зображення на зафарбовану ділянку та фон);
- фільтрація зображення від хибних виділень;
- визначення кількості дискретних точок, які належать об'єкту вимірів N ;
- підрахунок площі кольорової ділянки.

На рисунку 4 зображено тенденцію розтікання різних кольорів фарб на водній основі на зразках чотирьох родовищ природного каменю.

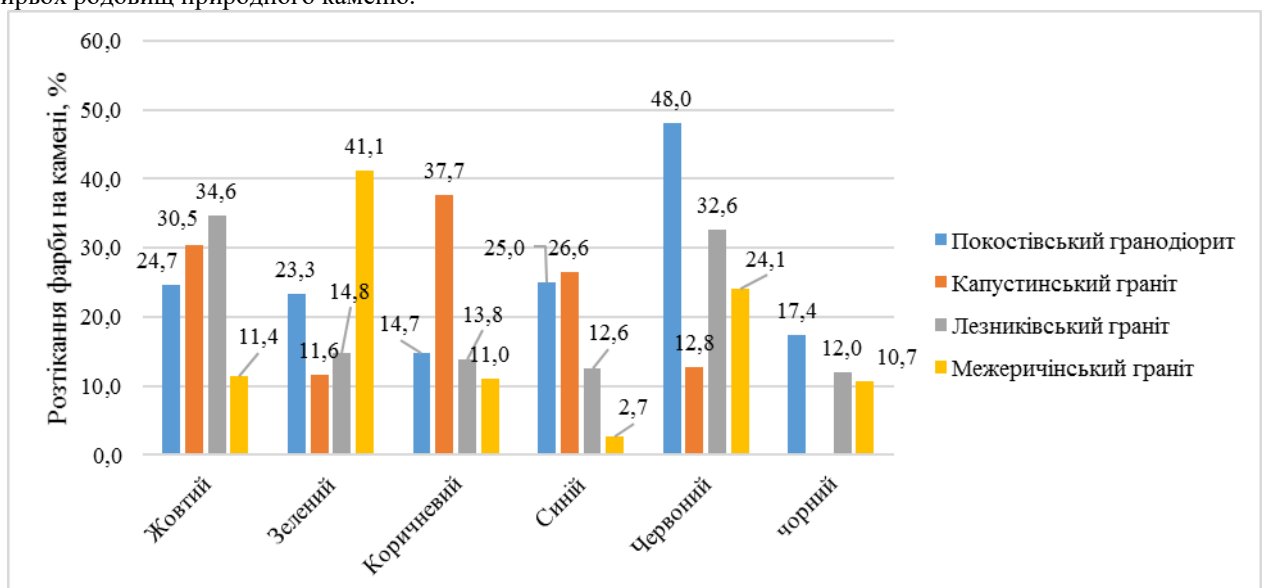


Рис. 4. Розтікання різних кольорів фарб на водній основі на зразках чотирьох родовищ природного каменю

Залежності зміни ширини плями фарби, залежно від часу після нанесення на поверхню Покостівського гранодіориту, наведено на рисунку 5.

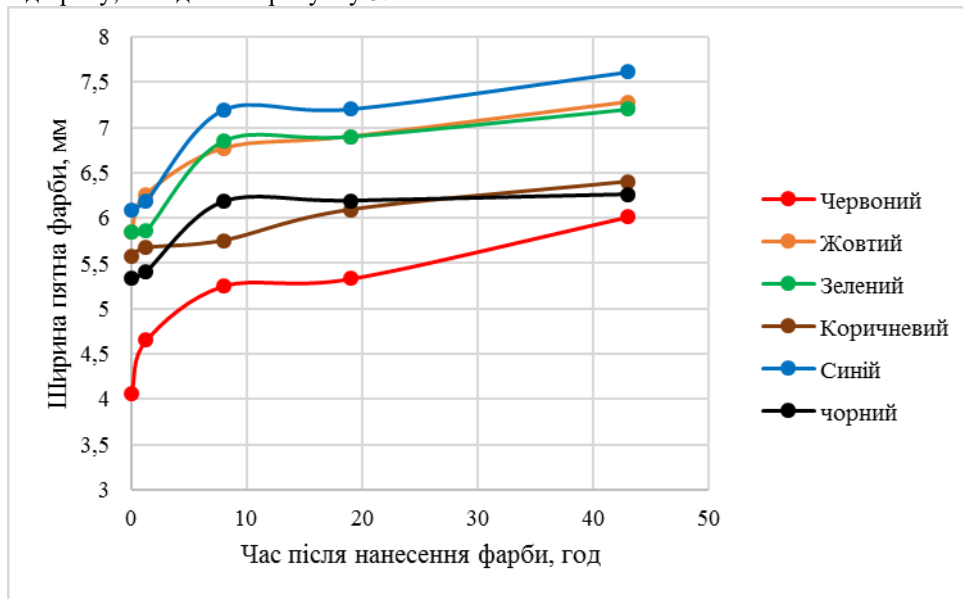


Рис. 5. Залежності зміни ширини плями фарби, залежно від часу після нанесення на поверхню Покостівського гранодіориту

Залежності зміни ширини плями фарби, залежно від часу після нанесення на поверхню Капустинського граніту, наведено на рисунку 6.

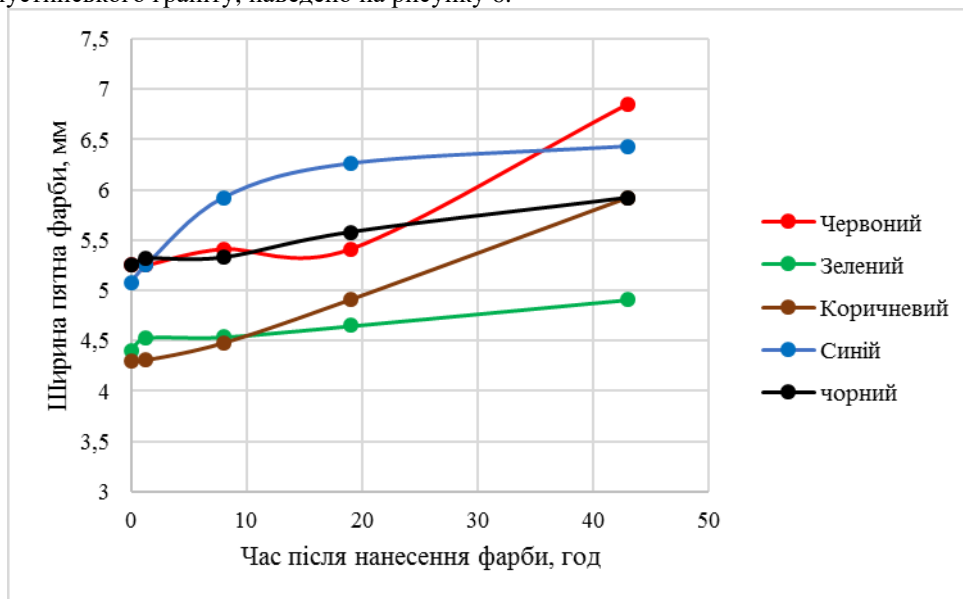


Рис. 6. Залежності зміни ширини плями фарби, залежно від часу після нанесення на поверхню Капустинського граніту

Залежності зміни ширини плями фарби, залежно від часу після нанесення на поверхню Лезниківського граніту, наведено на рисунку 7.

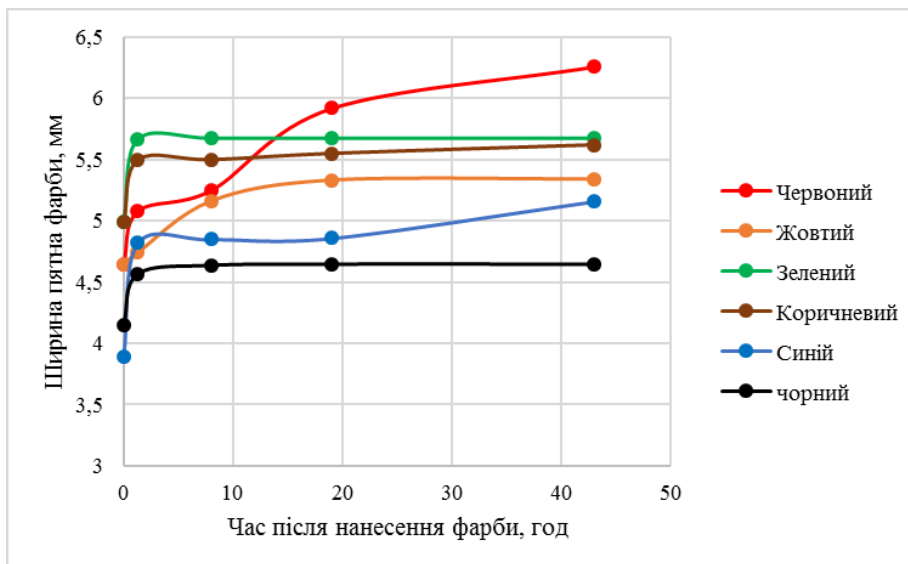


Рис. 7. Залежності зміни ширини плями фарби, залежно від часу після нанесення на поверхню Лезниківського граніту

Залежності зміни ширини плями фарби, залежно від часу після нанесення на поверхню Межеричинського граніту, наведено на рисунку 8.

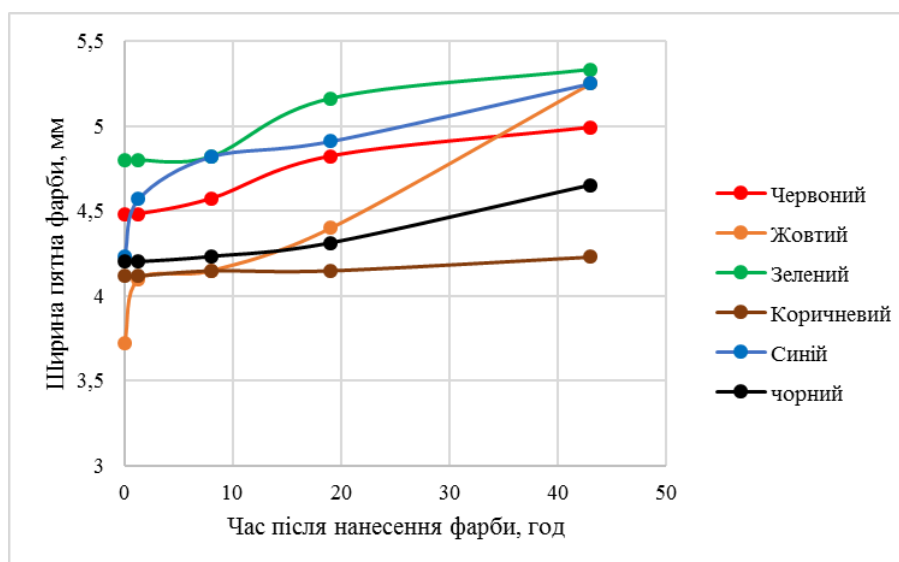


Рис. 8. Залежності зміни ширини плями фарби, залежно від часу після нанесення на поверхню Межеричинського граніту

Висновки:

1. У результаті проведених досліджень було виявлено підвищену гідрофільність Покостівського граніту та перевірено контактний кут змочування для інших зразків. На основі отриманих даних є доцільним перевірити поверхневі властивості Покостівського гранодіориту для з'ясування причини його гідрофільності.

2. Найбільше розтікання фарби спостерігається на поверхні Покостівського гранодіориту, найменше розтікання спостерігається на поверхні Лезниківського граніту.

3. Червоний колір найкраще розтікається на поверхні Покостівського гранодіориту.

4. Найгірше розтікається чорний колір на поверхні всіх гранітів.

Отримані результати дають змогу стверджувати, що лицювання будівель та споруд у місцях, де ризик нанесення графіті можливо проводити з плиткою з Лезниківського родовища природного каменю. Надалі планується провести досліди з фарбами на алкідній та акриловій основі.

Список використаної літератури:

1. Ribeiro T. Aerosol-paint Graffiti: the Effects on Calcareous Stone / T.Ribeiro, A.Dionísio, L.Aires-Barros // Restoration of Buildings and Monuments. – 2009. – Vol. 15, No. 1. – Pp. 51–66.
2. Сум Б.Д. Физико-химические основы смачивания и растекания / Б.Д. Сум, Ю.В. Горюнов. – М. : Химия, 1976.

3. *Миллер Р.* Добавки для улучшения розлива материалов с высоким сухим остатком / *Р.Миллер, М.Аким, П.Пател* // *Лакокрасочные материалы и их применение*. – 2003. – С. 35.
4. *Heritage E.* Graffiti on Historic Buildings and Monuments: Methods of Removal and Prevention / *E.Heritage* // *Technical Advice Note*. – English Heritage. – 1999.
5. *Amoroso G.G.* Stone decay and conservation: atmospheric pollution, cleaning, consolidation and protection / *G.G. Amoroso, V.Fassina* // Elsevier Science Publishers. – 1983. – 453 p.
6. *Коробійчук В.В.* Метод оцінки тиску, що виникає при тепловому розширенні кристалів солей і льоду в порках природного каменю / *В.В. Коробійчук* // *Вісник ЖДТУ. Серія : Технічні науки*. – 2011. – № 3 (58). – С. 176–179.
7. *Коробійчук В.В.* Залежність внутрішньопорового тиску від пружних властивостей природного каменю / *В.В. Коробійчук* // *Вісник ЖДТУ. Серія : Технічні науки*. – 2012. – № 1 (60). – С. 123–126.
8. *Іськов С.С.* Формування забарвлення декоративного каменю Частина 2. Штучне забарвлення кам'яних виробів / *С.С. Іськов, А.О. Криворучко, В.В. Коробійчук* // *Вісник ЖДТУ. Серія : Технічні науки*. – 2011. – № 1 (56). – С. 100–108.
9. *Korobiichuk V.* Study of Ultrasonic Characteristics of Ukraine Red Granites at Low Temperatures / *V.Korobiichuk* // *International Conference on Systems, Control and Information Technologies 2016*. – Springer International Publishing. – 2016. – Pp. 653–658.
10. *Levytskyi V.* The optimization of technological mining parameters in quarry for dimension stone blocks quality improvement based on photogrammetric techniques of measurement / *V.Levytskyi, R.Sobolevskyi, V.Korobiichuk* // *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*. – 2018. – Vol. 33, No. 2. – Pp. 83–90.
11. Застосування інформаційно-коп'ютерних технологій для дослідження гірничо-екологічних особливостей родовищ рудних і нерудних корисних копалин / *А.О. Криворучко, В.В. Коробійчук, Ю.О. Подчаїнський, О.О. Ремезова* // *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки*. – 2007. – № 1 (40). – С. 186–195.
12. *Shamrai V.* Influence of grinding-polishing of natural stone on its shine and lightness shades / *V.Shamrai, V.Korobiichuk* // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2014. – Vol. 5, No 5. – P. 71.
13. Exploring the efficiency of applying fractal analysis for the process of decorative stone quality control / *R.Sobolevskyi, V.Korobiichuk, S.Iskov, I.Pavliuk, A.Kryvoruchko* // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2016. – Vol. 6 / 3 (84). – Pp. 32–40.
14. Cluster analysis of fracturing in the deposits of decorative stone for the optimization of the process of quality control of block raw material / *R.Sobolevskyi, N.Zuievskaya, V.Korobiichuk, O.Tolkach, V.Kotenko* // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2016. – Vol. 5/3 (83). – Pp. 21–29.
15. Definition of hue of different types of pokostivskiy granodiorite using digital image processing / *V.Korobiichuk, V.Shamrai, O.Iziumova, O.Tolkach, R.Sobolevskyi* // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2016. – Vol. 4/5 (82). – Pp. 52–57.
16. The study of corrosion resistance of Pokostivskiy granodiorites after processing by various chemical and mechanical methods / *I.Korobiichuk, V.Korobiichuk, M.Nowicki, V.Shamrai, G.Skyba, R.Szewczyk* // *Construction and Building Materials*. – 2016. – Vol. 114. – Pp. 241–247.
17. *Коробійчук В.В.* Дослідження впливу агресивного середовища на колірне забарвлення поверхні каменю / *В.В. Коробійчук, І.В. Коробійчук, Г.М. Ломаков* // *Вісник Криворізького національного університету*. – 2014. – № 28.
18. *Коробійчук В.В.* Вплив технологічних чинників на якість лицювального каменю / *В.В. Коробійчук, С.О. Жуков, В.І. Астахов* // *Вісник Криворізького національного університету*. – 2014. – № 28.
19. A procedure for modeling the deposits of kaolin raw materials based on the comprehensive analysis of quality indicators / *R.Sobolevskyi et al.* // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2017. – № 3 (3). – С. 54–67.
20. Визначення оптимального напрямку ведення гірничих робіт при видобуванні блоків з природного каменю / *А.О. Криворучко та ін.* // *Вісник ЖДТУ*. – 2016. – № 3 (78). – С. 150–163.
21. Investigation of Leznikovskiy Granite by Ultrasonic Methods / *I.Korobiichuk et al.* // *Archives of Mining Sciences*. – 2018. – Vol. 63, No. 1. – Pp. 75–82.
22. *Shamrai V.I.* Management of waste of stone processing in the framework of Euro integration of Ukraine / *V.I. Shamrai, V.V. Korobiichuk, R.V. Sobolevskyi* // *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки*. – 2017. – № 2 (80). – Т. 1. – С. 234–239.
23. Weakening of rock strength under the action of cyclic dynamic loads / *V.Korobiichuk et al.* // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2018. – Vol. 2, No. 5 (92), Pp. 20–25.

References:

1. Ribeiro, T., Dionísio, A. and Aires-Barros, L. (2009), «Aerosol-paint Graffiti: the Effects on Calcareous Stone», *Restoration of Buildings and Monuments*, Vol. 15, No. 1, pp. 51–66.
2. Sum, B.D. and Gorjunov, Ju.V. (1976), *Fiziko-himicheskie osnovy smachivaniya i rastekaniya*, Himija, Moskva.
3. Miller, R., Akim, M. and Patel, P. (2003), «Dobavki dlja uluchsheniya rozliva materialov s vysokim suhim ostatkom», *Lakokrasochnye materialy i ih primenenie*, P. 35.
4. Heritage, E. (1999), «Graffiti on Historic Buildings and Monuments: Methods of Removal and Prevention», *Technical Advice Note*, English Heritage.
5. Amoroso, G.G. and Fassina, V. (1983), «Stone decay and conservation: atmospheric pollution, cleaning, consolidation and protection», *Elsevier Science Publishers*, 453 p.
6. Korobijchuk, V.V. (2011), «Metod ocinky tysku, shho vynykaje pry teplovomu rozshyrenni krystaliv solej i l'odu v porah pryrodnoho kamenju», *Visnyk ZhDTU, Serija Tehnichni nauky*, No. 3 (58), pp. 176–179.

7. Korobijchuk, V.V. (2012), «Zalezhnist' vnutrishn'oporovogo tysku vid pruzhnyh vlastyivostej pryrodnoho kamenju», *Visnyk ZhDTU, Serija Tehnichni nauky*, No. 1 (60), pp. 123–126.
8. Is'kov, S.S., Kryvoruchko, A.O. and Korobijchuk, V.V. (2011), «Formuvannja zabarvlennja dekoratyvnogo kamenju», Part 2 «Shtuchne zabarvlennja kam'janyh vyrobiv», *Visnyk ZhDTU, Serija Tehnichni nauky*, No. 1 (56), pp. 100–108.
9. Korobiichuk, V. (2016), «Study of Ultrasonic Characteristics of Ukraine Red Granites at Low Temperatures», *International Conference on Systems, Control and Information Technologies*, Springer International Publishing, pp. 653–658.
10. Levytskyi, V., Sobolevskiy, R. and Korobiichuk, V. (2018), «The optimization of technological mining parameters in quarry for dimension stone blocks quality improvement based on photogrammetric techniques of measurement», *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, Vol. 33, No. 2, pp. 83–90.
11. Kryvoruchko, A.O., Korobijchuk, V.V., Podchashyns'kyj, Ju.O. and Remezova, O.O. (2007), «Zastosuvannja informacijno-kop'juternyh tehnologij dlja doslidzhennja girnycho-ekologichnyh osoblyvostej rodovyshh rudnyh i nerudnyh korysnyh kopalyn», *Visnyk Zhytomyrs'kogo derzhavnogo tehnologichnogo universytetu, Serija Tehnichni nauky*, No. 1 (40), pp. 86–195.
12. Shamrai, V. and Korobijchuk, V. (2014), «Influence of grinding-polishing of natural stone on its shine and lightness shades», *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 5, No 5, P. 71.
13. Sobolevskiy, R., Korobiichuk, V., Iskov, S., Pavliuk, I. and Kryvoruchko, A. (2016), «Exploring the efficiency of applying fractal analysis for the process of decorative stone quality control», *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 6 / 3 (84), pp. 32–40.
14. Sobolevskiy, R., Zuiavska, N., Korobiichuk, V., Tolkach, O. and Kotenko, V. (2016), «Cluster analysis of fracturing in the deposits of decorative stone for the optimization of the process of quality control of block raw material», *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 5/3 (83), pp. 21–29.
15. Korobiichuk, V., Shamrai, V., Iziumova, O., Tolkach, O. and Sobolevskiy, R. (2016), «Definition of hue of different types of pokostivskiy granodiorite using digital image processing», *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 4/5 (82), pp. 52–57.
16. Korobiichuk, I., Korobiichuk, V., Nowicki, M., Shamrai, V., Skyba, G. and Szewczyk, R. (2016), «The study of corrosion resistance of Pokostivskiy granodiorites after processing by various chemical and mechanical methods», *Construction and Building Materials*, Vol. 114, pp. 241–247.
17. Korobijchuk, V.V., Korobijchuk, I.V. and Lomakov, G.M. (2014), «Doslidzhennja vplyvu agresyvnoho seredovyshha na kolirne zabarvlennja poverhni kamenju», *Visnyk Kryvoriz'kogo nacional'nogo universytetu*, No. 28.
18. Korobijchuk, V.V., Zhukov, S.O. and Astahov, V.I. (2014), «Vplyv tehnologichnyh chynnykiv na jakist' lycjuval'nogo kamenju», *Visnyk Kryvoriz'kogo nacional'nogo universytetu*, No. 28.
19. Sobolevskiy, R. and others (2017), «A procedure for modeling the deposits of kaolin raw materials based on the comprehensive analysis of quality indicators», *Vostochno-Evropejskij zhurnalпередovyh tehnologij*, No. 3 (3), pp. 54–67.
20. Kryvoruchko, A.O. and others (2016), «Vyznachennja optymal'nogo naprjamku vedennja girnychyh robit pry vydobuvanni blokiv z pryrodnoho kamenju», *Visnyk ZhDTU*, No. 3 (78), pp. 150–163.
21. Korobiichuk, I. and others (2018), «Investigation of Leznikovskiy Granite by Ultrasonic Methods», *Archives of Mining Sciences*, Vol. 63, No. 1, pp. 75–82.
22. Shamrai, V.I., Korobiichuk, V.V. and Sobolevskiy, R.V. (2017), «Management of waste of stone processing in the framework of Euro integration of Ukraine», *Visnyk Zhytomyrs'kogo derzhavnogo tehnologichnogo universytetu, Serija Tehnichni nauky*, No. 2 (80), Vol. 1, pp. 234–239.
23. Korobijchuk, V. and others (2018), «Weakening of rock strength under the action of cyclic dynamic loads», *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 2, No. 5 (92), pp. 20–25.

Леонієв Ірина Володимирівна – магістр, Житомирський державний технологічний університет.

Наукові інтереси:

- фізико-хімічні властивості природного каменю;
- гірництво.

Сідоров Олександр Миколайович – аспірант Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- фізико-хімічні властивості природного каменю;
- інформаційні технології.

Янович Дмитро Сергійович – магістр Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- обробка природного каменю; гірництво.

Заруцький Сергій Олександрович – аспірант Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- гірництво; видобування природного каменю.

Чала Ольга Миколаївна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту гідромеханіки НАНУ.

Наукові інтереси:

- видобування природного каменю;
- сейсдобезпека.

Стаття надійшла до редакції 24.04.2018.