

А.А. Кузьменко, к.т.н.

О.Н. Чала, к.т.н.

Институт Гидромеханики НАН Украины

Е.С. Тарасюк, ведущий инженер

НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского»

К вопросу о фактическом количестве одновременно взорвавшихся скважинных зарядов

В основу исследований по определению фактического количества одновременно взорвавшихся скважинных зарядов положены закономерности по определению интенсивности колебаний при взрыве рассредоточенных зарядов.

Особенностью рассматриваемого колебательного процесса является то, что в результате взаимодействия скважинных зарядов между собой масса отдельного заряда будет выражаться эффективной массой, а коэффициент сейсмичности является постоянной величиной для данных условий проведения массовых взрывов (МВ). Последнее обстоятельство позволяет уверенно прогнозировать сейсмический эффект карьерного взрыва, например, на одном и том же горизонте или в подобных горно-геологических условиях с достаточной для практических целей точностью.

Коэффициенты K_c и n связаны между собой функциональной зависимостью, которая определяется на основе экспериментальных исследований, а в дальнейшем позволяет легко переходить от одного коэффициента к значениям другого.

Все параметры, входящие в зависимость по определению интенсивности колебаний грунта при взрыве рассредоточенного заряда вписываются в закон подобия М.А. Садовского при взрыве химических взрывчатых веществ (ВВ).

Используя результат экспериментальных исследований сейсмического действия короткозамедленных массовых взрывов в карьерах, разработана методика по определению фактического количества одновременно взорвавшихся скважинных зарядов, которые не предусмотрены паспортом МВ. При этом, параллельно с МВ методом предусмотрено проведение взрыва единичного скважинного заряда до или после первого.

Данная методика позволяет реально определить сейсмическое действие МВ на охраняемые объекты.

Ключевые слова: *скорость смещения грунта; коэффициент сейсмичности; номинальное и фактическое время срабатывания детонатора; единичный заряд; массовый взрыв; эффективная масса скважинного заряда; количество зарядов.*

Введение. Рост интенсивности и масштабов взрывных работ (ВР) в настоящее время сдерживается вредным влиянием на окружающую среду сейсмических волн, вызываемых взрывами. Во избежание такого действия сейсмических волн, а также в целях повышения эффективности взрывов необходимо более точно определять параметры, интенсивность и допустимые уровни воздействия взрывов на окружающую среду. Последнее прямо пропорционально зависит от одновременно взорвавшейся массы зарядов ВВ, а при короткозамедленном взрывании (КЗВ) – это масса отдельной группы зарядов (количество скважинных зарядов), взрывающихся в одной ступени замедления.

Широкое применение в последние годы неэлектрического способа инициирования зарядов при КЗВ на основе волноводов типа Nonel резко изменило технологию ведения взрывных работ (ВР) в лучшую сторону как в отношении дробящего, так и снижения сейсмического действия взрыва. Повысилась точность инициирования зарядов, а это привело к возможности поскважинного инициирования зарядов, что способствует уменьшению сейсмического эффекта взрыва. Но разброс фактического времени срабатывания детонаторов-замедлителей все еще отличается от их номинальных значений в поверхностной взрывной сети от 10 до 20 %, а во внутрискважинных детонаторах от 5 до 10 %. Интервалы замедлений при монтаже взрывной сети выбираются без учета разброса времени срабатывания детонаторов, что часто приводит к незапланированному взрыву большего количества скважинных зарядов в ступени замедления, что, в свою очередь, повышает сейсмический эффект взрыва в целом.

В последнее время появилось несколько публикаций по проблеме разброса времени срабатывания инициирующих устройств и влияния этого процесса на сейсмический эффект взрыва [1–4]. Остановимся на анализе материала, представленного в работах [2, 3, 8–27] для дальнейшего сравнения с нашими результатами.

Грубыми ошибками исследований МВ на одном из карьеров России являются:

- зависимость скорости смещения от расстояния получена по данным в одной точке;

- коэффициенты K и n в формуле М.А. Садовского получены не на основе исследований, а «волевым» решением;
- векторная величина скорости смещения получена не в одно и то же время взрывного процесса для трех составляющих (X, Y, Z) [5, 6], а по их максимальным значениям в разное время;
- понятие сдвиг фаз сейсмических волн или «разность хода» отсутствует, поэтому в работах [2, 3] насчитано 18 одновременно сдетонированных в одном месте скважинных зарядов вместо двух запланированных.

Изложение материала исследований. Сотрудниками лаборатории с проблем сейсмической безопасности технологических взрывов института гидромеханики НАН Украины на основе закономерностей сейсмического действия взрыва рассредоточенного заряда ВВ разработана методика определения фактического количества одновременно взорвавшихся зарядов.

Рассмотрим применение разработанной методики на примере МВ № 4 в Рокитнянском карьере 10.07.2015 года.

Методикой предусматривается измерение параметров сейсмозрывных волн (СВВ) как при МВ, так и при взрыве на этом же горизонте единичного скважинного заряда.

Характеристика МВ № 4 и единичного взрыва № 5 в Рокитнянском карьере приведена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика взрывов в Рокитнянском карьере

№ взрыва	Диаметр скважины, мм	Количество скважин	Сетка скважин $a \times b$, м	Масса заряда ВВ в одной скважине, кг	Общая масса зарядов ВВ, кг	Тип ВВ	Система инициирования зарядов
4	130	66	5×4,2	100–120	7265	ЕВР ЕРА2	Импульс
5	130	1	-	120	120	ЕВР ЕРА2	Импульс

Для измерения параметров СВВ применялась следующая сейсмоаппаратура: СМ-3→АЦПЕ14-440→ПК и трехкомпонентный сейсмограф Mini Mate Plus.

Предварительный анализ схемы взрывной сети на взрываемом блоке (рис.1) и сейсмограммы при единичном взрыве № 5 (рис. 2) дает основания предполагать, что при МВ № 4 возможен одновременный взрыв не менее трех скважинных зарядов.

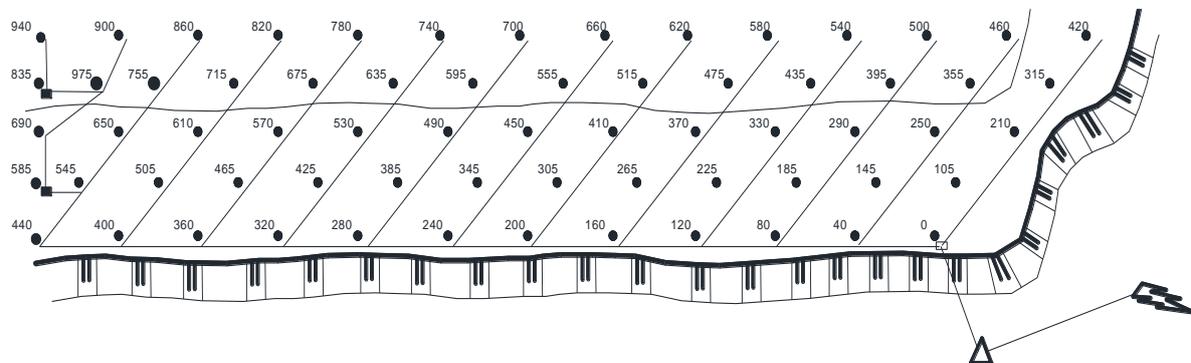


Рис. 1. Схема взрывной сети при МВ № 4 (320 – время инициирования заряда, мс)

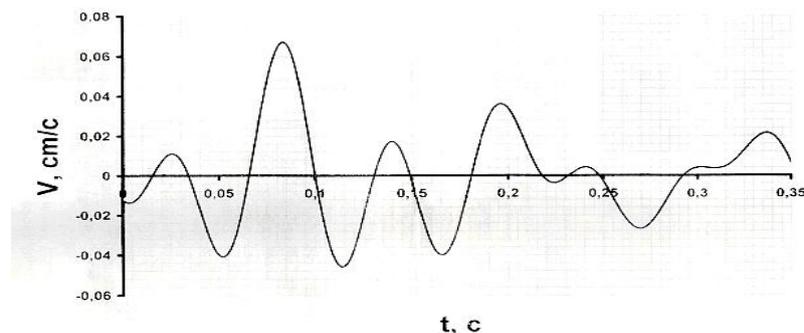


Рис. 2. Сейсмограмма единичного взрыва № 5 (фильтрация – 20 Гц)

Результаты сейсмометрических измерений параметров СВВ приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты сейсмометрических измерений

№ взрыва	Составляющая колебаний	Расстояние, м	Скорость смещения грунта, см/с	Зависимость скорости смещения грунта (см/с) от расстояния (м)
4	Z	200	1,65	$U_S^Z = K_1 \cdot r^{-n} = 1062 \cdot r^{-1.22}$ (1)
	Z	280	1,07	
	Z	330	0,89	
	Z	350	0,84	
	Z	370	0,77	
5	Z	350	0,42	$U_S^Z = K_1 \cdot r^{-n} = 531 \cdot r^{-1.22}$ (2)
	Z	500	0,27	
	Z	550	0,24	
	X	550	0,28	
	Z	620	0,21	

Используя предварительный анализ определяем эффективную массу единичного заряда (кг) в составе МВ № 4 по формуле для рассредоточенного заряда [7]:

$$Q_{\text{эф1}} = 120 \left[\left(1 - \frac{1}{N^b}\right) \cdot C + \frac{1}{N^b} \right] = 120 \cdot 0,288 = 34,56, \quad (3)$$

где $N=3$; $b=1,46$; $C=0,11$.

С помощью соотношения:

$$K_2/K_1 = (Q^{1/3})^{-1,22}, \quad (4)$$

где K_1 – коэффициенты пропорциональности в зависимостях (1) и (2); $Q^{1/3}$ – масса единичного скважинного заряда (кг) для взрыва № 5 ($120^{1/3} = 4,92$) и эффективная масса единичного заряда (кг) для МВ № 4 ($34,56^{1/3} = 3,25$), определяем коэффициенты пропорциональности K_2 для зависимостей скорости смещения грунта от приведенной массы заряда в следующем виде:

при МВ № 4:

$$U_S^Z = K_2 \cdot \left(\frac{r}{Q_{\text{эф1}}^{1/3}} \right)^{-n} = 252 \cdot \left(\frac{r}{34,56} \right)^{-1,22} = K_C \cdot N \cdot \left(\frac{r}{Q_{\text{эф1}}^{1/3}} \right)^{-n}, \quad (\text{см/с}); \quad (5)$$

при взрыве единичного заряда № 5:

$$U_S^Z = K_2 \cdot \left(\frac{r}{Q^{1/3}} \right)^{-n} = K_C \cdot \left(\frac{r}{120^{1/3}} \right)^{-1,22}, \quad (\text{см/с}). \quad (6)$$

Зависимость (5) – это формула для определения скорости смещения грунта при взрыве рассредоточенного заряда [7], в которой $K_2 = 252 = K_C \cdot N$, где K_C – коэффициент сейсмичности, а N – количество рассредоточенных скважинных зарядов.

Зависимость (6) – это формула для определения скорости смещения грунта при взрыве единичного заряда, в которой всегда $K_2 = K_C$.

Поэтому из (6), используя данные таблицы 2 (r и U), определяем коэффициент сейсмичности K_C :

$$K_C = \frac{U_S^Z}{\left(\frac{350}{120^{1/3}} \right)^{-1,22}} = 76; \quad (7)$$

Используя формулу (5) для рассредоточенного заряда, значения K_C из формулы (7) и данные таблицы 2 (r и U), определяем искомое фактическое количество одновременно взорвавшихся зарядов при МВ № 4:

$$N = \frac{U_S^Z}{K_C \cdot \left(\frac{r}{Q_{\text{эф1}}^{1/3}} \right)^{-n}} = \frac{1,65}{76 \cdot \left(\frac{200}{3,25} \right)^{-1,22}} = 3,3 \approx 3. \quad (8)$$

В данном случае результаты предварительного анализа по определению возможного количества несанкционированных взрывов скважинных зарядов совпал с результатом аналитического расчета по разработанной авторами статьи методике.

Таким образом, специалисты-взрывники, имея новую систему волноводов на блоке, при которой возможно поскважинное взрывание, рассчитывают получить, например, на профиле 200–370 м скорость смещения грунта 0,59 – 0,28 см/с, а в результате, из-за разброса времени срабатывания детонаторов, а возможно и некачественной схемы взрывания, имеют сейсмический эффект 1,65 – 0,77 см/с, т.е. в 2,7 раза больший.

Выводы.

1. Полезность методики по определению фактического количества одновременно взорвавшихся зарядов – правильно подвести итоги прошедшего МВ и сделать правильные выводы для следующего МВ (менять схему взрывания, проводить поверку замедлителей и т.п.).

2. Наибольшую лепту в количество несанкционированных взрывов зарядов вносят внутрискважинные детонаторы – замедлители (500 мс), разброс времени срабатывания которых составляет 5 – 10 %, что близко к часто употребляемым поверхностным замедлителям 25 мс, а это ведет к несанкционированному взрыву зарядов соседней ступени замедления.

3. Наилучшим выходом избавиться от несанкционированного взрывания зарядов – переход на использование электронных детонаторов.

Список используемой литературы:

1. Оценка сейсмического действия массового взрыва при инициировании скважинных зарядов электронными детонаторами / В.А. Фокин и другие // Горный журнал. – Москва, 2010. – № 7. – С. 65–67.
2. Сейсмическая безопасность при взрывных работах : монография / В.К. Совмен и другие. – М. : Горная книга. – 2012. – 228 с.
3. Эквист Б.В. Обоснование и разработка методов повышения безопасности сейсмического проявления короткозамедленного взрывания на горных предприятиях : дис. ... д-ра. т.н. / Б.В. Эквист. – М., 2009. – 218 с.
4. Сравнительный анализ фактических и номинальных интервалов замедления неэлектрических систем инициирования / П.В. Меньшиков и другие // ГИАБ. – 2011. – № 2. – С. 277–282.
5. Динамические процессы в геосферах : сб. научн. тр. Ин-та динамики геосфер РАН. – М. : ГЕОС. – 2013. – Вып. 4. – 268 с.
6. Физика взрыва. Т. 1 ; под ред. Л.П. Орленко. – 3-е изд. – М. : Физматлит. – 2002. – 832с.
7. Кузьменко А.О. Параметри пружних хвиль при вибухах розосереджених зарядів / А.О. Кузьменко // Вісник Національного технічного університету України «КПІ». Серія : «Гірництво». – Київ, 2000. – Вип. 3. – С. 45–51.
8. Коробійчук В.В. Дослідження шляхів мінімізації витрат при буровибуховому способі видобування блоків декоративного каменю / В.В. Коробійчук, Р.В. Соболевський, О.А. Зубченко // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки. – Житомир, 2006. – № 4 (39). – С. 301–308.
9. Дослідження впливу буровибухових робіт на якість блочної продукції кар'єру на основі визначення геометричних характеристик її тріщинуватості / В.В. Коробійчук, Ю.О. Подчаїшинський, О.О. Ремезова, Р.В. Соболевський, О.А. Зубченко // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки. – Житомир, 2007. – № 3 (42). – С. 143–150.
10. Визначення оптимального напрямку ведення гірничих робіт при видобуванні блоків з природного каменю / А.О. Криворучко, В.В. Коробійчук, Р.В. Соболевський, О.В. Камських, І.В. Павлюк // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки. – Житомир, 2016. – № 3 (78). – С. 150–163.
11. Криворучко А.О. Розробка узагальненої методики геометризації масивів природного каменю з метою отримання комплексної моделі родовища / А.О. Криворучко, В.В. Коробійчук, С.С. Іськов // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки. – 2012. – № 4 (63). – С. 190–202.
12. Коробійчук В.В. Дослідження впливу характеристик гідроударних установок на їх продуктивність / В.В. Коробійчук, О.В. Мозговенко // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки. – Житомир, 2009. – № 1 (48). – С. 201–205.
13. Коробійчук В.В. Геометризація супутньої корисної копалини в умовах Лезниківського родовища гранітів та гірничо-геометричний аналіз його показників / В.В. Коробійчук, О.О. Кісель, В.А. Стріха // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія : Технічні науки. – 2012. – № 2 (58). – С. 175–184.
14. Застосування інформаційно-комп'ютерних технологій для дослідження гірничо-екологічних особливостей родовищ рудних і нерудних корисних копалин / А.О. Криворучко, В.В. Коробійчук, Ю.О. Подчаїшинський, О.О. Ремезова // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки. – 2007. – № 1 (40). – С. 186–195.
15. Exploring the efficiency of applying fractal analysis for the process of decorative stone quality control / R.Sobolevskiy, V.Korobiichuk, S.Iskov, I.Pavliuk, A.Kryvoruchko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 6/3 (84). – Pp. 32–40.
16. Закусило Р.В. Засоби ініціювання промислових зарядів вибухових речовин : монографія / Р.В. Закусило, В.Г. Кравець, В.В. Коробійчук. – Житомир : ЖДТУ, 2011. – 212 с.
17. Кравець В.Г. Фізичні процеси прикладної геодинаміки вибуху : монографія / В.Г. Кравець, В.В. Коробійчук, В.В. Бойко. – Житомир : ЖДТУ, 2015. – 408 с.
18. Cluster analysis of fracturing in the deposits of decorative stone for the optimization of the process of quality control of block raw material / R.Sobolevskiy, N.Zuievskaya, V.Korobiichuk, O.Tolkach, V.Kotenko // EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 5/3 (83). – Pp. 21–29.
19. Definition of hue of different types of pokostivskiy granodiorite using digital image processing / V.Korobiichuk, V.Shamrai, O.Izumova, O.Tolkach, R.Sobolevskiy // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 4/5 (82). – Pp. 52–57.
20. 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.

21. A procedure for modeling the deposits of kaolin raw materials based on the comprehensive analysis of quality indicators / R.Sobolevskiy, O.Vaschuk, O.Tolkach, V.Korobiichuk, V.Levytskyi // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2017. – № 3 (3). – С. 54–67.
22. 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.
23. Evaluation of the effectiveness of natural stone surface treatment from Ukraine by mechanical and chemical methods / V.Korobiichuk, V.Shamrai, V.Levytskyi, R.Sobolevskiy, O.Sydorov // Rudarsko-geološko-naftni zbornik. – 2018. – Т. 33. – №. 42. – С. 15–22.
24. Investigation of leznikovskiy granite by ultrasonic methods / I.Korobiichuk, V.Korobiichuk, P.Hájek, P.Kokeš, A.Juś, R.Szewczyk // Archives of Mining Sciences. – 2018. – Vol. 63. – No. 1. – Pp. 75–82.
25. Weakening of rock strength under the action of cyclic dynamic loads / V.Korobiichuk, V.Kravets, R.Sobolevskiy, A.Han, V.Vapnichna // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – No. 2/5 (92). – Pp. 20–25.
26. Ефективність зарядів різних конструкцій при деформуванні та руйнуванні металевих перепон / Ю.І. Войтенко, В.Г. Кравець, А.Шукюров, А.Л. Ган, В.В. Корбіїчук // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки. – 2018. – № 1 (81). – С. 223–231.

References:

1. Fokyn, V.A. and others (2010), «Otsenka seismycheskogo deistviya massovoho vzryva pry unytskyrovanyu skvazhynnykh zariadov elektronnyu detonatoramy», *Hornyy zhurnal*, Moskva, No. 7, Pp. 65–67.
2. Sovmen, V.K. and others (2012), *Seismycheskaia bezopasnost pry vzryvnykh rabotakh*, Hornaia knyha, M., 228 p.
3. Эквист, В.В. (2009), *Obosnovanye u razrabotka metodov povysheniya bezopasnosti seismycheskogo proiavlenniya korotkozamedlennoho vzryvaniya na hornnykh predpriyatiyakh*, abstract of diss. d-ra. t.n., M., 218 p.
4. Menshykov, P.V. and others (2011), «Sravnytelnyy analiz faktycheskykh y nomyalnykh yntervalov zamedleniya neelektrycheskykh system unytskyrovaniya», *HYAB*, No. 2, Pp. 277–282.
5. «Динамическое протекание в геосферах» (2013), *Sb. nauchn. tr. Yn-ta dynamyky heosfer RAN*, HEOS. M., Iss. 4, 268 p.
6. Orlenko, L.P. (red.) (2002), *Fyzyka vzryva*, 3rd, Vol. 1, Fyzmatlyt, M., 832 p.
7. Kuzmenko, A.O. (2000), «Parametry pruzhnykh khvyl pry vybukhakh rozoseredzhenykh zariadiv», *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «KPI»*, Seriya Hirnystvo, Kyiv, Iss. 3, Pp. 45–51.
8. Korobijchuk, V.V., Sobolevs'kyj, R.V. and Zubchenko, O.A. (2006), «Doslidzhennja shljahiv minimizacii vytrat pry burovybuhovomu sposobi vydobuvannja blokiv dekoratyvnoho kamenja», *Visnyk Zhytomyr'skogo derzhavnogo tehnologichnoho universytetu*, Serija Tehnichni nauky, Zhytomyr, No. 4 (39), pp. 301–308.
9. Korobijchuk, V.V., Podchashyns'kyj, Ju.O., Remezova, O.O., Sobolevs'kyj, R.V. and Zubchenko, O.A. (2007), «Doslidzhennja vplyvu burovybuhovyh robit na jakist' blochnoi' produkcii' kar'jeru na osnovi vyznachennja geometrychnykh harakterystyk i'i trishhynuvatosti», *Visnyk Zhytomyr'skogo derzhavnogo tehnologichnoho universytetu*, Serija Tehnichni nauky, Zhytomyr, No. 3 (42), Pp. 143–150.
10. Kryvoruchko, A.O., Korobijchuk, V.V., Sobolevs'kyj, R.V., Kams'kyh, O.V. and Pavljuk, I.V. (2016), «Vyznachennja optymal'nogo naprjamku vedennja girnychyh robit pry vydobuvanni blokiv z pryrodnoho kamenju», *Visnyk Zhytomyr'skogo derzhavnogo tehnologichnoho universytetu*, Serija Tehnichni nauky, Zhytomyr, No. 3 (78), Pp. 150–163.
11. Kryvoruchko, A.O., Korobijchuk, V.V. and Is'kov, S.S. (2012), «Rozrobka uzagal'nenoi' metodyky geometryzacii' masyviv pryrodnoho kamenju z metodu otrymannja kompleksnoi' modeli rodovyshha», *Visnyk Zhytomyr'skogo derzhavnogo tehnologichnoho universytetu*, Serija Tehnichni nauky, Zhytomyr, No. 4 (63), pp. 190–202.
12. Korobijchuk, V.V. and Mozgovenko, O.V. (2009), «Doslidzhennja vplyvu harakterystyk gidroudarnykh ustanovok na i'h produktyvnist'», *Visnyk Zhytomyr'skogo derzhavnogo tehnologichnoho universytetu*, Serija Tehnichni nauky, Zhytomyr, No. 1 (48), Pp. 201–205.
13. Korobijchuk, V.V., Kisljel', O.O. and Striha, V.A. (2012), «Geometryzacija suputn'oi' korysnoi' kopalyny v umovah Leznykivs'kogo rodovyshha granitiv ta girnycho-geometrychnyj analiz jogo pokaznykiv», *Visnyk Nacional'nogo universytetu vodnogo gospodarstva ta pryrodokorystuvannja*, Serija Tehnichni nauky, No. 2 (58), pp. 175–184.
14. Kryvoruchko, A.O., Korobijchuk, V.V., Podchashyns'kyj, Ju.O. and Remezova, O.O. (2007), «Zastosuvannja informacijno-kop'juternykh tehnologij dlja doslidzhennja girnycho-ekologichnykh osoblyvostej rodovyshh rudnyh i nerudnyh korysnyh kopalyn», *Visnyk Zhytomyr'skogo derzhavnogo tehnologichnoho universytetu*, Serija Tehnichni nauky, Zhytomyr, No. 1 (40), Pp. 186–195.
15. 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*, Iss. 6/3 (84), Pp. 32–40.
16. Zakusylo, R.V., Kravec', V.G. and Korobijchuk, V.V. (2011), *Zasoby inicijuvannja promyslovyh zarjadiv vybuhovyh rehovyn, monografija*, ZhDTU, Zhytomyr, 212 p.
17. Kravec', V.G., Korobijchuk, V.V. and Bojko, V.V. (2015), *Fizychni procesy prykladnoi' geodynamiky vybuhu*, monografija, ZhDTU, Zhytomyr, 408 p.
18. Sobolevskiy, R., Zuevska, 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*, Iss. 5/3 (83), Pp. 21–29.

19. Korobiichuk, V., Shamrai, V., Iziunova, O., Tolkach, O. and Sobolevskyi, R. (2016), «Definition of hue of different types of pokostivskiy granodiorite using digital image processing», *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Iss. 4/5 (82), Pp. 52–57.
20. 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*, Iss. 114, Pp. 241–247.
21. Sobolevskyi, R., Vaschuk, O., Tolkach, O., Korobiichuk, V. and Levytskyi, V. (2017), «A procedure for modeling the deposits of kaolin raw materials based on the comprehensive analysis of quality indicators», *VostochnoEvropejskyj zhurnalпередових tehnologij*, No. 3 (3), Pp. 54–67.
22. 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.
23. Korobiichuk, V., Shamrai, V., Levytskyi, V., Sobolevskyi, R. and Sydorov, O. (2018), «Evaluation of the effectiveness of natural stone surface treatment from Ukraine by mechanical and chemical methods», *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, Iss. 33, No. 42, Pp. 15–22.
24. Korobiichuk, I., Korobiichuk, V., Hájek, P., Kokeš, P., Juš, A. and Szewczyk, R. (2018), «Investigation of leznikovskiy granite by ultrasonic methods», *Archives of Mining Sciences*, Iss. 63, No. 1, Pp. 75–82.
25. Korobiichuk, V., Kravets, V., Sobolevskyi, R., Han, A. and Vapnichna, V. (2018), «Weakening of rock strength under the action of cyclic dynamic loads», *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Iss. 2/5 (92), Pp. 20–25.
26. Vojtenko, Ju.I., Kravec', V.G., Shukjurov, A., Gan, A.L. and Korbijchuk V.V. (2018), «Efektyvnist' zarjadiv riznyh konstrukcij pry deformuvanni ta rujnuvanni metalevyh perepon», *Visnyk Zhytomyr'skogo derzhavnogo tehnologichnogo universytetu*, Iss. 1 (81), Pp. 223–231.

Кузьменко Анатолій Олександрович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, інститут гідромеханіки НАН України, м. Київ, Україна.

Наукові інтереси:

- сейсміка;
- гірництво.

Чала Ольга Миколаївна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, інститут гідромеханіки НАН України, м. Київ, Україна.

Наукові інтереси:

- сейсміка;
- гірництво.

E-mail: chala.olya848@gmail.com.

Тарасюк Олена Степанівна – провідний інженер кафедри геоінженерії Національного технічного університету України «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Наукові інтереси:

- сейсміка;
- гірництво.

Стаття надійшла до редакції 15.10.2018.