

НОВІ МЕТОДИ СЕЙСМОРОЗВІДКИ НА ОСНОВІ ГІДРОВИБУХОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

А. Г. Мнухін, Н. О. Мнухіна, А. А. Гітуляр

Запорізька державна інженерна академія

просп. Соборний, 226, м. Запоріжжя, 69006, Україна. E-mail: www.zgia.zp.ua

Розглянуто і проаналізовано різні методи взяття проб з териконів вугільних шахт для подальшого визначення їх складу. Збагачення вугілля з одночасним використанням відходів виробництва є однією з важливих задач, що визначають шляхи раціонального розвитку всієї вугледобувної промисловості. Відходи вугледобувної промисловості, що виникають при розтині, проходці шахтних виробок і безпосередньо товарної продукції мають неоднорідний мінералогічний склад, в межах одного вугільного басейну і навіть одного підприємства (шахти). Тому для вирішення проблеми утилізації цінних компонентів, що містяться в териконах, необхідно попереднє ретельне вивчення конкретних породних відвалів. Основні недоліки застосовуваних в даний час технологій пробовідбору значно ускладнюють оптимізацію процесу підготовки даного виду сировини до подальшої переробки. Тому доцільним виявилось рішення ряду технічних проблем, пов'язаних зі шляхами оптимізації і вдосконалення цих процесів. Пропонована технологія пов'язана з виконанням впливів на терикони, що включають обробку з подальшим отриманням даних у вигляді параметрів власних, вимушених коливань, що виникають в масиві, при впливі на нього хвильових процесів, що визначають межі щільності полів, для чого вперше використовуються електропідривні технології. При цьому робиться висновок про однорідність або різномірність речовини терикону. На основі отриманих даних і здійснюється попередній аналіз. Новий метод сейсмозв'язки на основі гідровибухових технологій дозволяє здійснювати сейсмічну розвідку земної кори (в даному випадку терикону) без будь-якого розтину для коректного прогнозування його складу в конкретному місці методом падаючих і відбитих хвиль.

Ключові слова: терикон, сейсмозв'язка, порода, алгоритм роботи, гідровибухові технології, аналіз.

НОВЫЕ МЕТОДЫ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ НА ОСНОВЕ ГИДРОВЗРЫВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А. Г. Мнухин, Н. А. Мнухина, А. А. Гитуляр

Запорожская государственная инженерная академия

просп. Соборный, 226, г. Запорожье, 69006, Украина. E-mail: www.zgia.zp.ua

Рассмотрены и проанализированы различные методы взятия проб из терриконов угольных шахт для последующего определения их состава. Обогащение угля с одновременным использованием отходов производства является одной из важных задач, определяющих пути рационального развития всей угледобывающей промышленности. Отходы угледобывающей промышленности, возникающие при вскрытии, проходке шахтных выработок и непосредственно товарной

продукции имеют неоднородный минералогический состав, в пределах одного угольного бассейна и даже одного предприятия(шахты). Поэтому для решения проблемы утилизации ценных компонентов, содержащихся в терриконах, необходимо предварительное тщательное изучение конкретных породных отвалов. Основные недостатки применяемых в настоящее время технологий пробоотбора значительно усложняют оптимизацию процесса подготовки данного вида сырья к дальнейшей переработке. Поэтому целесообразным оказалось решение ряда технических проблем, связанных с путями оптимизации и совершенствования данных процессов. Предлагаемая технология связана с выполнением воздействий на терриконы включающих обработку с последующим получением данных в виде параметров собственных, вынужденных колебаний, возникающих в массиве, при восдействии на него волновых процессов, определяющих границы плотности полей, для чего впервые используются электровзрывные технологии. При этом делается заключение об однородности или разнородности вещества террикона. На основе полученных данных и осуществляется предварительный анализ. Новый метод сейсморазведки на основе гидровзрывных технологий позволяет осуществлять сейсмическую разведку земной коры (в данном случае террикона) без какого - либо вскрытия для корректного прогнозирования его состава в конкретном месте методом падающих и отраженных волн.

Ключевые слова: террикон, сейсморазведка, порода, алгоритм работы, гидровзрывные технологии, анализ.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Наявність сотень вугільних шахт на території сучасної України при знаходженні біля кожного діючого або навіть закритого підприємства нерозривно пов'язане з неефективним використанням перспективних українських земель, а так само з погіршенням екологічної ситуації в даному районі. Крім того відомо [1, 2], що дані масиви терриконів не просто займають площі, які могли б бути з успіхом використані в народному господарстві, а й містять самі по собі цілий ряд корисних в тому числі дорогих інгредієнтів, таких, як германій, галій, скандій, ітрій, цирконій, алюміній, залізо і ін., в прийнятних для промислового видобутку кількостях. Все це є достатньою підставою для пильної уваги технічної громадськості до даного виду сировини.

Метою роботи є розробка нових високоефективних методів і засобів для проведення аналітичних досліджень відходів гірничого виробництва, реалізованих у вигляді породних відвалів.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Вугільною промисловістю України за багато десятиліть її існування було накопичено величезна кількість виробничих відходів, тобто вийнятих з надр землі у вигляді гірничої маси - так званих, порідних відвалів або терриконів. Відомо, що співвідношення між об'ємом твердого палива, що добувається, і залишеною на поверхні гірничою масою дорівнює приблизно 2,86, тому загальне число терриконів, як залишених на невизначено довгий термін, так і тих, що знаходяться в процесі утворення нині в Україні перевищує 1800 шт. Середній об'єм такого террикону зазвичай складає $1,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ і має масу $2,1 \cdot 10^6 \text{ т}$.

Відомо [3], що в кожному відвалі при цьому міститься до $400 \cdot 10^3$ тонни залізної руди, до $300 \cdot 10^3$ тонни алюмінієвої сировини до $100 \cdot 10^3$ тонни оксиду германію загальною вартістю близько 100 млн. доларів і цілого ряду супутніх йому рідкоземельних металів масою до 500т (галій, скандій, ітрій, цирконій). Крім того, порідні відвали України також перспективні зважаючи на наявність там, в промислових кількостях сировини для отримання глинозему алюмінія 14,90% Al_2O_3 і залізної руди - 20,65% Fe_2O_3 .

Проте слід зазначити, що така цінна і поширена у нас сировина, якою є вміст териконів, в силу ряду специфічних причин його утворення (проходка вертикальних стволів, проходка підземних горизонтальних і похилих вироблень на різних горизонтах при будівництві і реконструкції шахт і тому подібне), загальний склад двох або навіть декількох сусідніх териконів, може мати істотні відмінності по складу, як між об'єктами, так і безпосередньо усередині кожного. Тому перш ніж приступити до переробки конкретного відвала, необхідно уточнити як його склад в цілому, так і безпосередньо усередині його по конкретних ділянках і об'ємах.

Звичайно, вказане завдання може бути вирішене шляхом взяття великої кількості проб з конкретних точок відвала, але враховуючи геометричні розміри останнього, пов'язані із займаною площею і висотою насипу, вказаний вид геологорозвідки представляється дуже тривалим, трудомістким, а, отже, і дорогим. Тому доцільніше для визначення складу порідних відвалів, і в першу чергу його однопорідності, використати методи збудження в його масі сейсмічних коливань, шляхом прикладання до об'єкту дослідження зовнішніх динамічних навантажень у вигляді вибухових або невибухових, наприклад пневматичних або електромагнітних коливань достатньої потужності [4–6].

Однак усі перелічені вище і інші сучасні методи на Україні і в країнах ближнього зарубіжжя до теперішнього часу не отримали достатнього промислового розвитку, оскільки до останнього моменту вони у нас не вийшли з області експериментальних досліджень. Історично склалося уявлення про те, що вибух заряду вибухових речовин (ВР) на оптимальній глибині є найкращим з усіх точок зору джерелом коливань в сейсморозвідці, причому ця думка впродовж ряду років не ставилася під сумнів у зв'язку з тим, що були відсутні адекватні, порівнянні по ефективності промислові невибухові способи генерування хвиль в земній корі.

Проте за останні роки сейсморозвідка, що базується на нових методах, отримала широкий промисловий розвиток у ряді таких країн, як Арабські Емірати, Єгипет, Саудівська Аравія, США та ін. Далі питання полягає в тому, як розвиватиметься цей напрям в країнах колишнього СНД і зокрема на Україні. Тут вірогідні, точніше можливі, два сценарії. Перший - спокійний, який ґрунтуватиметься на сприйнятті зарубіжних технологій і використанні їх у міру ознайомлення з ними, другий - це проведення самостійних досліджень, створення оригінальних проривних методик, які зокрема, можна буде використати для обстеження териконів з метою їх подальшої переробки, що є на сьогодні одним з основних перспективних напрямів роботи вітчизняної гірської промисловості.

Пропоноване технічне рішення відноситься до технічних засобів, що дозволяють здійснювати сейсмічну розвідку земної кори без будь якого її розтину для прогнозування хімічного складу в конкретному місці методом падаючих і відбитих хвиль. Проте вказані методи, що базуються на стандартному устаткуванні ударного і вибухового типу [7] дуже трудомісткі, недостатньо точні і, крім того, застосування для збудження коливань земної кори традиційних вибухових речовин (ВР) ускладнюють використання в цілому прогресивного методу в польових умовах, особливо при вивченні об'єктів конічної форми, наприклад, порідних відвалів.

Крім того, необхідно враховувати, що вказані відвали, зокрема вугільних шахт, утворювалися протягом багатьох десятиріч і дуже сильно залежать від хімічного складу того місця земної кори, в якому вони розташовані.

При розробці нових методів сейсмозондування враховувалося, що найближче до пристроїв із застосуванням ВР функціонально підходять електрогідравлічні установки, тобто, установки використовують розрядно - імпульсні технології (електровибух), що супроводжується ударними хвилями і забезпечує виникнення тиску $(15 \div 20) \cdot 10^3$ атмосфер, які є безпечними і при дії не вимагають в процесі їх реалізації охоронних і захисних заходів [8, 9]. Проте їх пряме застосування для вказаної мети вимагає додаткового створення спеціалізованих реєструючих, синхронізуючих, тобто управляючих систем, оснащених спеціальними сейсмічними датчиками.

В основу такої розробки вперше було поставлено створення автоматизованої системи для забезпечення сейсмічної розвідки [10] порідних відвалів насипного походження при одночасному забезпеченні високої продуктивності праці і відповідному рівні безпеки. Поставлена проблема вирішується за рахунок того, що в створюваній системі робочий орган (електрод) 18 з'єднується з виходом 15, електрогідравлічної установки 14 потужним силовим коаксіальним кабелем 16 типу РК- 24-17 (рис. 1), а вхід 13 установок 14 з'єднувався з виходом 12 цифро - аналогового перетворювача (ЦАП) 11, управляючий вхід якого 10 з'єднувався з виходом 2 управляючого комп'ютера 1, вихід якого 6 через цифро - аналоговий перетворювач (ЦАП) 24 з'єднується з управляючим входом 22 водяного насоса високого тиску 21, який через вихід 20 і водяну магістраль 19 пов'язаний з центральним шпуром, в якому розташовується електрод 18.

Крім того, система забезпечена сейсmodатчиками 17, розташованими в різних точках терикону 23 (рис. 1, 2), які через аналого- цифрові перетворювачі (АЦП) 7, 8, 9 (число сейсmodатчиків може бути довільно збільшене) пов'язані з входами 3, 4, і 5 комп'ютера 1.

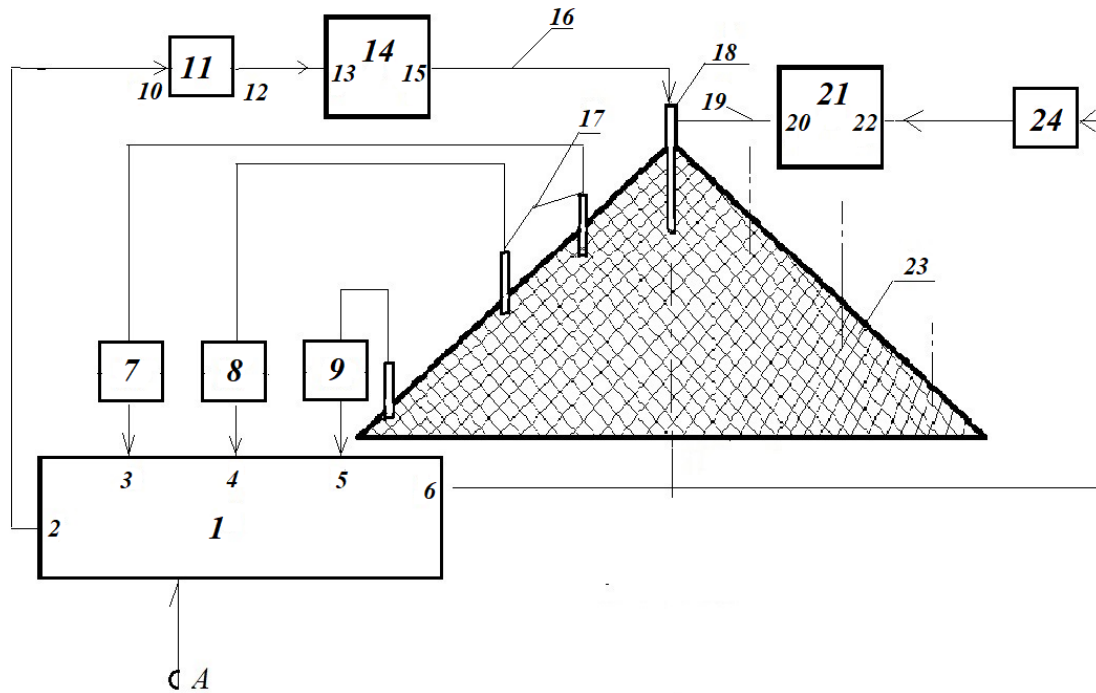


Рисунок 1 – Розташування комплексу біля терикону:

- 1 – управляючий комп'ютер; 2 – вихід цифро-аналогового перетворювача;
 3,4,5 – входи комп'ютера; 6 – вихід управляючого комп'ютера;
 7,8,9 – аналого - цифрові перетворювачі; 10 – управляючий вхід комп'ютера;
 11 – цифро - аналоговий перетворювач; 12 – вихід цифро - аналогового перетворювача; 13 – вхід електрогідравлічної установки; 14 – електрогідравлічна установка; 15 – вихід електрогідравлічної установки; 16 – коаксіальний кабель;
 17 – сейсмодатчики; 18 – робочий орган (електрод); 19 – водяна магістраль;
 20 – вихід водяного насоса; 21 – водяний насос; 22 – вхід водяного насоса;
 23 – терикон; 24 – цифро - аналоговий перетворювач

Алгоритм роботи уперше створюваної системи наступний. Робочий орган 18 електрогідравлічної установки 14, встановлюється в шпур, пробурений вертикально у верхній точці досліджуваного відвала (терикону) – див. рис. 1. У цей же шпур встановлюється водяна магістраль (шланг) 19 насоса 21. Сейсмодатчики 17 розташовуються в інших вертикальних шпурах терикону.

Виходячи зі своїх функціональних особливостей, пропонується система відноситься до технічних засобів, що дозволяють здійснювати сейсмічну розвідку земної кори, в даному випадку терикону, без будь якого розтину для прогнозування його складу в конкретному місці методом падаючих і відбитих хвиль. Як відзначалося раніше, усі інші методи, що базуються на стандартному устаткуванні ударного і вибухового типу дуже трудомісткі, недостатньо точні і, крім того, застосування для збудження коливань земної кори традиційних вибухових речовин (ВР), що вимагають виконання досить суворих правил зберігання і застосування вибухівки, ускладнюють використання цього, в цілому прогресивного методу в польових умовах, особливо при вивченні об'єктів конічної форми, наприклад, породних відвалів.

Крім того, доводиться враховувати, що при організації процесу переробки, вказані відвали, зокрема вугільних шахт, утворювалися протягом багатьох десятиків років, і тому вони є сумішшю різних по хімічному складу фракцій земної кори, залежно від того з якої частини шахтного поля (здобувальна ділянка або транспортне вироблення) попадає в конкретну точку цього терикону порода, вилучена в процесі будівництва або експлуатації шахти. Тому для виконання комплексу таких робіт потрібне створення системи переробки початкової сировини, яка працює таким чином. Робочий орган 18 електрогідравлічної установки 14, встановлюється в шпур, пробурений вертикально у верхній точці досліджуваного відвала (терикону) – див. рис.1. У цей же шпур спрямовується водна магістраль (шланг) 19 насоса 21. Сейсмодатчики 17 розташовуються у вертикальних шпурах терикону 23 (рис. 1 і рис. 2).

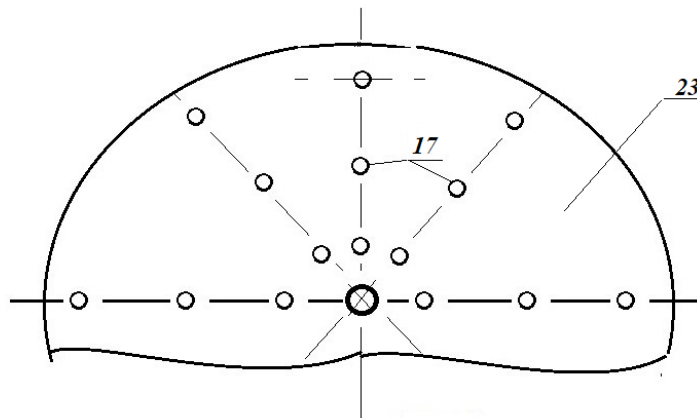


Рисунок 2 – Розташування шпурів на териконі:
17 – сейсмодатчики; 23 – терикон

На управляючий комп'ютер 1 від лімітера А подається пусковий сигнал, після чого він через ЦАП 24 запускає насос 21 і далі через ЦАП 11 включає в роботу електрогідравлічну установку 14, яка здійснює цикли «заряд – розряд» на електрод 18, в заповненому водою шпурі. Хвилі, що виникають при гідровибухах високого тиску поширюються по масиву терикону 23, внаслідок чого, через сейсмодатчики 17 сигнали, що виникли поступають спочатку на відповідні АЦП 7, 8, 9 і далі вже в цифровому вигляді на відповідні виходи комп'ютера 1, для відповідної обробки, після чого циклічний процес повторюється.

ВИСНОВКИ. В результаті виконуваних дій на гірський масив, після стандартної обробки отриманих даних у вигляді параметрів власних, вимушених і інших коливань, що виникають в масиві хвилевих процесів, визначаються межі щільності полів, і робиться заключення про однорідність або різномірність речовини терикону на основі чого і здійснюється попередній аналіз його складу. Пропонований новий шлях дослідження земного масиву і, зокрема порідних відвалів вугільних шахт, дозволяє істотно підвищити ефективність і швидкість сейсмозрозвідки при одночасному підвищенні безпеки геологорозвідувальних робіт за рахунок відмови від ВР традиційного типу і пов'язаних з ними заборон і обмежень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мнухин А.Г., Мнухина Н.А. О комплексной переработке породных отвалов шахт. *Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства*: матеріали III міжнар. наук.-практ. конф. Тернопіль. (м. Тернопіль 24–25 березн. 2016 р.). Тернопіль, 2016. С. 127–129.
2. Мнухин А.Г. Породные отвалы – сырьё будущего. *Уголь Украины*. 2009. № 5. С. 28–32.
3. Мнухин А.Г., Кожемякин Г.Б., Мнухина Н.А., Гитуляр А.А. О комплексной переработке породных отвалов. I спеціалізований міжнародний Запорізький екологічний форум: матеріали I Запоріжжя. збірник тез доповідей (м. Запоріжжя, 30 трав.-1 черв. 2017 р.). Запоріжжя. 2017. С. 123–126.
4. Способ кумуляции энергии звуковых волн электрогидравлического воздействия на объекты в жидкости: пат. 81762 Україна: МПК (2006) E21C 37/18 (2007.01), C25F 5/00, B06B 1/02, B08B 9/00. № 20041008173; заявл. 08.10.04; опубл. 11.02.08.
5. Электродная система: пат. 82716 Україна: МПК(2006) B08B 9/2. №200603502; заявл. 31.03.06; опубл. 12.05.08, Бюл. № 9. 4с.
6. Мнухин А.Г., Мнухин В.А., Горошко И.П. Разработка многофункциональной гидравлической установки «Импульс – 4». *Весті Академії Інженерних України*. 2001. №1(12). С. 3–8.
7. Мнухин А.Г., Брюханов А.М., Иорданов И.В. Технологии XXI века: Том 1. Электрогидравлика: уч.пособ. Макеевка-Донецк. 2012. 432 с.
8. Сейсморазведка с вибрационными источниками / Жуков А.П., Колесов С.В., Шектман Г.А., Шнеерсон М.Б. Тверь: «ГЕРС», 2011. 412 с.
9. Мнухин А.Г., Брюханов А.М. Перспектива применения электрогидравлических технологий. Сборник докладов II Всеукраинского технологического форума Глобализация экономики и технологическое развитие Украины. 2005. 21 июня. С. 80–85.
10. Система сейсмічної розвідки породних відвалів: пат. 123367 Україна: МПК (2018.01), G01V 1/00, G01V 1/40 (2006/01). № u 201708918; заявл. 07.09.2017; опубл. 26.02.2018, Бюл. № 4. 5 с.

**NEW METHODS OF SEISMIC SURVEYS BASED
ON HYDRAULIC TECHNOLOGIES****A. Mnukhin, N. Mnukhina, A. Giutylar**

Zaporizhzhia State Engineering Academy

prosp. Soborny, 226, Zaporizhzhia, 69006, Ukraine. E-mail: www.zgia.zp.ua

Purpose. The aim of the work is to study and analyze breed dumps of waste heap slags of Ukraine with the prospect of identifying valuable components in practical terms for their subsequent utilization ecologically by clean methods. **Methodology.** Taking into account the geometric dimensions of the heap slags related to the occupied area and height of the embankment, this type of geological surveys is considered to be very long, labor-intensive and, therefore, expensive. Therefore, it is more expedient to use methods of excitation of seismic vibrations in its mass by means of applying ex-

ternal dynamic loads in the form of explosive or non-explosive, for example pneumatic or electromagnetic oscillations of sufficient power, to determine the rock dumps, and first of all their homogeneity. **Results.** The proposed technical solution refers to technical means that allow seismic surveys of the earth's crust without any opening to predict the chemical composition at a particular location by the method of incident and reflected waves. **Originality.** This development was based on the creation of an automated system for providing seismic surveys of rock dumps of bulk origin while simultaneously supplying high labor productivity and an appropriate level of safety. **Practical significance.** As a result of the actions performed on the mountain-mass after standard processing of the obtained data as parameters of intrinsic, forced and other oscillations arising in the array of wave processes, the boundaries of the field density are determined, and a conclusion is made about the homogeneity or heterogeneity of the waste heap slag material and its composition. **Conclusions.** The proposed new method of studying the earth mass, and in particular rock dumps of coal mines, allows to significantly increase the efficiency and speed of seismic surveys, while at the same time increasing the safety in the execution of works of this direction due to the abandonment of conventional explosives and related prohibitions and restrictions.

Key words: waste heap slag, seismic surveys, rock, algorithm of operation, hydraulic explosion, analysis.

REFERENCES

1. Mnuhin, A.G., Mnuhina, N.A. "About complex processing of waste dumps in mines", *Ekologiya i prirodokoristuvannya v sistemi optimizatsii vidnosin prirodi i suspilstva* [Ecology and nature use in the system of optimization of relations of nature and society: materials III International science-practice conf] Ternopil, March 24–25, 2016, pp. 127–129.

2. Mnuhin, A.G. (2009) "Rock dumps are the raw materials of the future", *Ugol Ukrainyi*. no. 5, pp. 28–32.

3. Mnuhin, A.G., Kozhemyakin, G.B., Mnuhina, N.A., Gitulyar, A.A. (2017), "On the complex processing of waste heaps" *I spetsializovaniy mizhnarodniy Zaporizkiy ekologichniy forum: materiali i Zaporizhya. zbirnik tez dopovldey* [the first international Zaporizhzhya Ecological Forum: Materials of Zaporozhye. a collection of abstracts], Zaporizhzhya, May 30 - June 1. 2017, pp. 123–126.

4. Mnuhin, A.G., Vatulin, I.F., Amitan, V.N., Kiklevich, Yu.N., Mnuhin, V.A. Patent. 81762 Ukraine, MPK (2006) E21S 37/18 (2007.01), S25F 5/00, B06B 1/02, B08B 9/00. *Sposob kumulyatsii energii zvukovyih voln elektrogidravlicheskogo vozdeystviya na ob'ekty v zhidkosti* [Method of cumulation of energy of sound waves of electro-hydraulic influence on objects in a liquid]; DerzhNDIHP, no. 20041008173; Declared 08.10.04; Published 11.02.08.

5. Mnuhin, A.G., Bryuhanov, A.M., Emelyanenko, V.I., Goroshko, I.P., Mnuhin, V.A. Patent. 82716 Ukraine, MPK (2006) B08B 9/2. *Elektrodnaya sistema* [Electrode system]; DerzhNDIHP, no. 200603502; Declared 31.03.06; Published 12.05.08, Bull. no. 9.

6. Mnuhin, A.G., Mnuhin, V.A., Goroshko, I.P. (2001) *Razrabotka mnogofunktsionalnoy gidravlicheskoj ustanovki «Impuls – 4»* [Development of multifunctional hydraulic installation "Impulse-4"], *Vesti Akademii Inzhenernih Ukraini*. no. 1(12). pp. 3–8.

7. Mnuhin, A.G., Bryuhanov, A.M., Iordanov, I.V. (2012) *Tehnologii XXI veka: Tom 1. Elektrogidravlika* [Technologies of the XXI century: Volume 1. Electrohydraulics], Makeevka-Donetsk. 432 p.

8. Zhukov, A.P., Kolesov, S.V., Shektman, G.A., Shneerson, M.B. (2011), *Seysmorazvedka s vibratsionnyimi istochnikami* [Seismic exploration with vibrating sources] «GERS», Tver. 412 p.

9. Mnuhin, A.G., Bryuhanov, A.M. (2005), "The prospect of application of electrohydraulic technologies", *Globalizatsiya ekonomiki i tehnologicheskoe razvitie Ukrainy* [Globalization of the economy and technological development of Ukraine: Materials of the collection of reports of the II All-Ukrainian Technological Forum], Ukraine, June 21, 2005, pp. 80–85.

10. Mnuhin, A.G., Mnuhina, N.O., Belokon, Yu.O., Gitulyar, A.A. Patent. 123367 Ukraine, MPK (2018.01), G01V 1/00, G01V 1/40 (2006/01). *Sistema seysmichnoi rozvidki porodnih vidvaliv* [System of seismic exploration of waste heaps], DerzhNDIHP, no. u 201708918; Declared.07.09.2017; Published 26.02.2018, Bull. no. 4.

Стаття надійшла 17.05.2018.