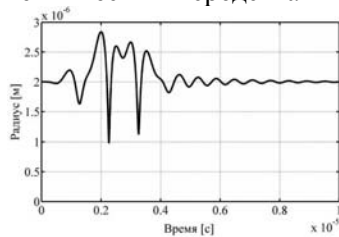
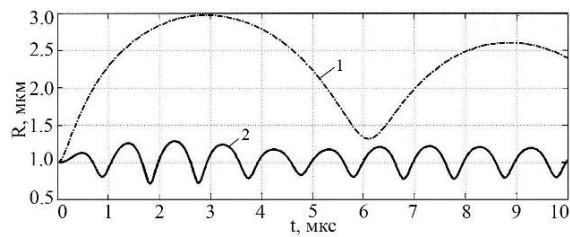


На рис. 3 показана зависимость радиуса газового пузырька от времени для ультразвукового воздействия с амплитудой давления 100 кПа и частотой 1 МГц. На рис. 4 изображено пульсацию газового пузырька согласно уравнению Рэлея-Плессета при его свободных колебаниях, и под действием ультразвуковой волны, полученную при моделировании программно-техническими средствами пакета Matlab.



**Рис. 3.** Зависимость радиуса газового пузырька от времени для ультразвукового воздействия с амплитудой 100 кПа и частотой 1 МГц



**Рис. 4.** Пульсации газового пузырька в воде согласно уравнению Рэлея-Плессета (1 – свободные колебания, 2 – под действием ультразвуковой волны с частотой 1 МГц и амплитудой давления 25 кПа)

С учетом изложенного, для реализации способа в рабочей зоне флотационной машины, в каждый текущий момент времени, с помощью фазированной решетки формируется ультразвуковое воздействие определенной интенсивности и частоты, что позволит получить необходимую функцию распределения газовых пузырьков по размерам в потоке пульпы.

**Выводы.** Исследованы процессы изменения размеров газового пузырька в пульпе под воздействием динамических эффектов высокоэнергетического ультразвука. Результатом исследований стало описание нелинейных колебаний пузырька и сравнение полученных зависимостей изменения его размера с течением времени в обычных для него условиях и под воздействием ультразвуковой волны с заданной частотой и интенсивностью. Результаты моделирования процесса воздействия высокоэнергетического ультразвука на газовую фазу пульпы и результаты проведенных опытно-промышленных испытаний предлагаемого метода оптимизации процесса флотации свидетельствуют о том, что такой подход позволяет реализовать эффективное управление составом газовой фазы пульпы, повысить качество получаемого концентрата и энергоэффективность всего технологического процесса.

#### Список литературы

1. Гарковенко Е.Е. Особенности флотации и обезвоживания тонкодисперсных углесодержащих материалов / Е.Е. Гарковенко, Е.И. Назимко, А.И. Самойлов и др. // Донецк: Норд-Пресс, 2002. - 266 с.
2. А.С. Голиков, В.Г. Науменко, С.О. Федосеева, Е.И. Назимко Моделирование работы водно-шламовой системы, процессов обезвоживания и флотации при обогащении угольных шламов // ГИАБ - 2013 - №2. - С. 75-81.
3. A.N. Korchevskiy, Ye.I. Nazimko at al. Simulation of coal separation and dehydration processes // Proceedings of XVII International Congress of Coal Preparation. – Turkey. – 2013. – P. 495-501.
4. Lena Nazimko, Nataliya Zviagintseva, Alona Nad Modelowanie elementarnego aktu flotacji (Modeling of Flotation Elementary Act) // Inżynieria Mineralna – Journal of the Polish Mineral Engineering Society - 2013. – Rocznik XIV - №1(31) - p. 43-48.
5. V. Morkun Iron ore beneficiation processes optimization / [V. Morkun, S. Goncharov, A. Pikilnyak, A. Krivenko].- ТЕКА. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, 2012.- Vol. 12.- №4.- P.162-166.
6. Kohout B., Transducer Array Calculation (TAC) GUI., <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/35657-transducer-array-calculation-tac-gui>.
7. Hoff L. Ultrasound Contrast Bubble Simulation, <http://home.online.no/fam.hoff/Bubblesim/Bubblesim.htm>

Рукопись поступила в редакцию 15.04.14

УДК 621: 622.276

В.М. ОРЛОВСЬКИЙ, канд. техн. наук., доц.

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

### ТЕРМОСТІЙКІ ТАМПОНАЖНІ МАТЕРІАЛИ, ЩО РОЗШИРЮЮТЬСЯ ПРИ ТВЕРДІННІ

Наведена характеристика чинників, що впливають на якість розмежування пластів. Проведено аналіз якості цементування обсадних колон на бурових підприємствах України. Запропоновано нові термостійкі тампонажні матеріали, що розширюються при твердінні, для цементування глибоких нафтових і газових свердловин.

**Ключові слова:** цементне кільце, термостійкий тампонажний матеріал; тампонажний матеріал, що розширюється

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** При бурінні свердловин на площах Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) трапляються випадки неякісного цементування обсадних колон. Найбільш актуальною ця проблема є для експлуатаційних колон і зумовлена тим, що кріплення геологічного розрізу експлуатаційною колоною є етапом закінчення свердловини, а неякісне цементування може звести нанівець результати всього процесу її будівництва. Від якості розмежування пластів залежать термін функціонування свердловини, тривалість її безводної експлуатації, можливість використання різних методів впливу на пласт та надійність роботи нафтових і газових свердловин.

З метою охорони навколишнього середовища в свердловині повинно виключатись сполучення продуктивних пластів з непродуктивними та з поверхнею Землі через заколонний простір. Надійність і довговічність розмежування пластів забезпечується непроникністю цементного кільця та якісним його контактом з обсадними трубами, гірськими породами розрізу свердловини, а також термо- і корозійною стійкістю цементного каменю в умовах високих температур і тисків та дії агресивних середовищ.

Наслідком неякісного цементування експлуатаційних колон є виникнення заколонних газонафтоводопроявів (ГНВП) і міжколонних перетоків. З аналізу промислових даних [1] бачимо, що від 10 до 60 % свердловин на родовищах газу в Україні мають заколонні перетоки, що свідчить про їх непридатність до експлуатації. Для ліквідації заколонних ГНВП і перетоків потрібні значні фінансові затрати. Крім того такі роботи не завжди ефективні і потребують великих затрат часу.

Заколонні перетоки, що виникають у процесі освоєння та експлуатації нафтових і газових свердловин, внаслідок неякісного цементування обсадних колон, є однією з найгостріших проблем, яка спричиняє непоправні втрати нафти і газу, забруднення надр, погіршення екологічної обстановки, створює загрозу пожеж.

Збільшення кількості свердловин із заколонними перетоками [2] свідчить про недостатню ефективність технологій їх кріплення, що застосовуються на цей час (недосконалість технічних засобів і тампонажних матеріалів), які не запобігають виникненню каналів у цементному камені та на контакті його з породою і обсадною колоною, руйнуванню цементного кільця від різних навантажень.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Аналіз якості кріплення нафтових і газових свердловин за останнє десятиріччя стандартними тампонажними матеріалами в умовах ДДЗ свідчить про недостатню якість зчеплення цементного каменю з обсадною колоною [3].

Унаслідок неякісного кріплення, у ВАТ "Укрнафта" за останні роки більшість фонду видобувних свердловин експлуатується з рівнем обводнення понад 70 %, однією із причин якого є виникнення заколонних перетоків води між пластами з різним тиском на різних стадіях розробки родовища [4].

Міжпластові тиски (МТ) виникають як в процесі закінчення, так і експлуатації свердловин. Аналіз, проведений по деяких родовищах нафти і газу за період з 1976 р. [5] свідчить, що МТ виявлені у значній кількості свердловин ще до здачі їх в експлуатацію. Так в НГВУ "Полтаванафтогаз" ВАТ "Укрнафта" 23,5 % газових свердловин, у яких МТ виникли на стадії спорудження, в ГПУ "Полтаванафтогазвидобування" таких свердловин 16,7 %.

За даними [5] в процесі закінчення свердловин на родовищах ДП "Укрбургаз" лише за п'ять років (з 1976 р.) МТ в експлуатаційних колонах зафіксовані в Шебелинському ВБР на 14 свердловинах (51, 53 Кременівська, 597, 624, 634, 638, 640 Шебелинська, 50 Новоселівська, 35, 57, 79, 90 Меліхівська, 50 Мироліобівська, 56 Дружеліобівська), Хрестишинському ВБР на 6 свердловинах (77 Розпашівська; 77 Стрілківська; 176, 213, 221, 262 Хрестишинська), Полтавському ВБР на 1 свердловині (59 Гадяцька), Лисичанській ЕГБ на 1 свердловині (14 Лобачівська).

За даними аналізу Полтавського відділення УкрДГРІ за вісім років (з 1980 р.), в ДП "ПНГГ" і ДП "ЧНГГ" на етапі закінчення свердловин в експлуатаційних колонах зафіксовано сім випадків заколонних перетоків пластових флюїдів з МТ (2 Шевченківська, 21 Куличихінська, 12,21 Матвіївська, 60 Перещепинська, 2 Мачухська, 15 Іскрівська), десять випадків негерметичності експлуатаційної колони, однією з причин якої була негерметичність цементного кільця (2 Голіковська, 1 Коробчинська, 21,22 Куличихінська, 2 Комишнянська, 2 Краснозарська, 22 Котелевська, 13 Шевченківська, 60 Перещепинська, 422 Східно-Розумовська), у двох випадках, за даними акустичного цементоміра (АКЦ), контакт цементного каменю з експлуатаційною колоною був відсутній або частково відсутній (2 Мачухська, 11 Голіковська).

За даними [5] в НГВУ "Полтаванафтогаз" ВАТ "Укрнафта" на протязі шести років (з 1995 р.) в різний час знаходилось від 81 до 102 свердловин, в яких середній відсоток з МТ становив 6,7 %. В ГПУ "Полтавагазвидобування" ДК "Укргазвидобування" протягом п'яти років (з 1995 р.) середній відсоток з МТ склав 1,3 % від загальної кількості (від 265 до 313) свердловин. Аналіз даних по цих підприємствах свідчить, що кількість свердловин з МТ зростає внаслідок вводу в експлуатацію нових свердловин, виникнення МТ в процесі експлуатації свердловин та після невдалих ремонтних робіт по їх ліквідації.

За даними [6-8] на підземних сховищах газу (ПСГ) також спостерігаються МТ. Кількість свердловин з МТ тут коливається від 10 до 60 % [1]. З 300 свердловин на ПСГ у 25 % виявлено МТ з різними величинами (на 50 % свердловин МТ до 0,1 МПа, на 25 % - 0,1-1,0 МПа, на 20 % - 1,0-3,0 МПа, на 5 % - 3,0-5,0 МПа, на деяких свердловинах МТ вищі 5,0 МПа).

За даними аналізу промислового матеріалу [9], на усіх ПСГ Прикарпаття є свердловини здані в експлуатацію з МТ, кількість яких в середньому становить 6,6 % від загального фонду свердловин. З 96 свердловин на ПСГ, пробурених у 1986 році Стрийським ВБР у західному регіоні України, 23 % виявились негерметичними за причиною неякісного цементного кільця і негерметичності експлуатаційної колони [10].

Операції з ліквідації МТ потребують багато часу, значних матеріальних затрат і часто не ефективні. За даними [4] на протязі шести років (з 1995 р.) в НГВУ "Полтаванафтогаз" ВАТ "Укрнафта" МТ виникли повторно на 70,5 % газових свердловин, де вже проводились ремонтно-ізоляційні роботи, в ГПУ "Полтавагазвидобування" МТ виникли повторно на 41,7 % свердловин. За статистичними даними [11], в об'єднаннях "Головтюменьнафтогазу" (Росія) час на ліквідацію міжпластових перетоків на 21 % перевищував середню тривалість проводки свердловини, а затрати становили 13 % від вартості свердловин.

Необхідною умовою для якісного розмежування пластів є правильно підібрана технологія процесу цементування за колонного простору свердловини. Залишки в затрубному просторі каналів, заповнених буровим розчином з низьким значенням динамічного напруження зсуву, визначають шляхи перетоків пластового флюїду. Можливим шляхом для міграції пластового флюїду є фільтраційна кірка, при наявності якої на межі розділу гірської породи та цементного каменю можуть утворюватись порожнини внаслідок втрати води фільтраційною кіркою.

На основі аналізу промислового матеріалу встановлено, що основними причинами міжпластових перетоків є:

- тріщини, які виникають в гірському масиві в процесі буріння свердловини;
  - неповне витіснення бурового розчину в процесі цементування;
  - не змита глиниста кірка;
  - канали, утворені в тампонажному розчині на контакті з іншими поверхнями, внаслідок відділення води;
  - канали, утворені газом, що піднімається по стовпу тампонажного розчину;
  - порожнини в тілі цементного каменю, який не встиг набрати достатньої міцності, заповнені надлишковою водою замішування;
  - щілини між глинистою кіркою і гірською породою заповнені водою;
  - порожнини між глинистою кіркою і тампонажним каменем, заповнені водою, які виникають внаслідок синерезису фаз бурового і тампонажного розчинів;
  - зазори між тампонажним каменем та обсадними трубами і стінками свердловини, що утворюються внаслідок відділення з тампонажного розчину надлишкової води і контракції;
  - тріщини, які з'являються в тампонажному камені в процесі перфорації продуктивного горизонту.
- Нестабільність технологічних параметрів тампонажного розчину в процесі його приготування призводить до формування в затрубному просторі неоднорідного стовпа тампонажного розчину, седиментації твердої фази та відділення надлишкової води.

Унаслідок цього в за колонному просторі утворюються заповнені водою порожнини, а в похило-спрямованих свердловинах може формуватись канал вірогідної міграції флюїду.

За даними [12, 13] при цементуванні свердловин звичайними тампонажними матеріалами, в інтервалах залягання непроникних порід і міжколонного простору утворюється камінь з деформацією усадки і високою проникністю. В таких інтервалах контакт каменю з обсадною колоною і породою погани. Це може бути однією з причин міграції флюїдів.

**Постановка завдання.** У даний час при цементуванні свердловин бурові підприємства України використовують переважно стандартний тампонажний портландцемент ПЦТІ-100, ЦЗС на базі ПЦТІ-100 і ЗК ТЕС, будівельний портландцемент ПЦІ-500-Н та спецементи ШПЦС, ПЦТШ-Пол 5-100, ЦТП 1,5-100, ЦТО-100, ОШЦ [14]. Водночас, дослідженнями [3,15] доказано, що при твердінні цементний камінь з багатьох тампонажних цементів має тенденцію до деформації усадки, дія якої є негативним фактором для надійного розмежування пластів. Як правило, це є головною причиною неякісного цементування. Тому актуальною є проблема надання тампонажним цementsам властивості розширюватись в процесі тужавіння.

Цементи, які розширюються при тужавінні, є змішаними в'язучими матеріалами, які складаються здебільшого з основи і розширювального компоненту.

Технологія їх одержання складна, а вартість таких матеріалів, враховуючи дороговизну вихідних матеріалів, досить висока [16,7]. До того ж на роботи з кріплення припадає значна сума (20-22 %) від загальної вартості робіт по будівництву свердловин. Тому і сьогодні проводяться роботи по створенню недорогих і ефективних тампонажних матеріалів, які розширюються при твердінні.

Протягом останніх десятиріч нафтові й газові свердловини досягли великих глибин, у зв'язку з цим виникла необхідність застосування термостійких тампонажних матеріалів, які розширюються при твердінні. Сировиною для таких тампонажних матеріалів є малоактивні мінеральні відходи промисловості.

У процесі видобування та переробки значна частина природної мінеральної сировини перетворюється у відходи або побічні (техногенні) продукти промисловості. Щорічно в нашій державі утворюється велика кількість відходів доломітового виробництва та золошлакових відходів ТЕС, з яких утилізується не більше 12 % [18]. Ці техногенні продукти в комбінації з іншими в'язучими матеріалами можуть широко застосовуватись для виробництва термостійких тампонажних сумішей, які розширюються в процесі твердіння.

**Викладення матеріалу та результати.** З метою підвищення якості кріплення свердловин, зокрема продуктивних горизонтів, в умовах дії високих температур (70-160 °С) та полі мінеральної агресії, спільно з Полтавським відділенням УкрДГРІ, запропоновано спеціальну домішку до тампонажних цементів - модифіковану природну суміш неорганічних з'єднань кальцію і магнію, на основі якої розроблено рецептури термостійких тампонажних матеріалів, що розширюються при твердінні.

В різних рецептурах нових тампонажних сумішей як в'язуча основа використовується один з типів в'язучого матеріалу: тампонажний портландцемент ПЦТІ-100, шлакопідсичаний цемент спільного помелу ШПЦС-120 або цементно-золова суміш (ЦЗС) - 1:1, а як компонент, що розширюється в процесі тужавіння, спеціальна домішка - 5-20 масових часток % меленого доломітового борошна (муки) обпаленого (ДМО).

Доломітове борошно обпалене є побічним продуктом виробництва металургійного доломіту, що накопичується в процесі випалювання доломітової руди в обертових печах. ДМО потребує домелювання в шарових млинах. Мелене ДМО являє собою порошкоподібний матеріал світло-сірого кольору густиною 3100-3300 кг/м<sup>3</sup> з питомою поверхнею 270-380 м<sup>2</sup>/кг, залежно від фракційного складу.

Хімічний склад її масових часток %: СаО - 50-60, MgO - 28-30, SiO<sub>2</sub> - 6-8, R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (полупторні окисли алюмінію і заліза) - не більше 5-9, втрати маси у процесі випалювання (в.п.в.) - 2,5.

Нові термостійкі тампонажні матеріали, що розширюються при твердінні, випробувані в автоклавних умовах в інтервалі температур 70-160 °С.

В табл. 1 наведено основні технологічні властивості нових тампонажних матеріалів, що розширюються при твердінні.

Таблиця 1  
Технологічні властивості нових тампонажних матеріалів, що розширюються при твердінні

Склад тампонажного матеріалу, мас. часток %				В/С	Розширення, %			Міцність при стисненні через 2 доби/28 діб, МПа		
ПЦТІ-100	ШПЦС-120	ЦЗС-1:1	ДМО		70°С, 30 МПа	100°С 40 МПа	160°С 60 МПа	70°С, 30 МПа	100°С 40 МПа	160°С 60 МПа
95	-	-	5	0,50	1,5	1,9	2,1	11,7/12,9	12,8/13,9	-
80	-	-	20	0,50	5,1	6,3	6,7	5,7/6,8	9,4/9,9	-
-	95	-	5	0,50	1,3	1,7	1,9	10,0/11,2	8,8/9,9	9,1/10,2
-	80	-	20	0,50	4,2	5,3	5,5	5,4/6,5	9,2/9,7	9,3/9,7
-	-	95	5	0,50	1,1	1,5	1,7	8,5/9,5	8,8/9,6	9,0/9,7
-	-	80	20	0,50	2,2	2,9	3,2	6,5/6,9	8,5/9,4	-

Такі тампонажні матеріали мають коефіцієнт розширення 1,1-6,7 % залежно від типу в'язучого, кількісного вмісту розширювального компонента і температури випробувань, високу термостійкість та високі показники міцності.

Терміни прокачування нових тампонажних матеріалів легко регулюються за допомогою стандартних сповільнювачів, наприклад, нітрлотриметилфосфонові кислоти (НТФК).

Необхідна кількість домішки розширювального компонента залежить від пластової температури у свердловині. Із збільшенням температури кількість домішки ДМО зменшується.

Механізм розширення розроблених тампонажних сумішей, реалізується за рахунок утворення гідроксидів кальцію і магнію, кристали яких мають більший об'єм, ніж вихідні оксиди. Термостійкість нових тампонажних матеріалів обумовлена фазовим складом продуктів тузавіння за підвищених температур і тисків та тривалого автоклавовання. Серед новоутворень в таких тампонажних композиціях переважають термодинамічно стійкі за високих температур сполуки – низькоосновні гідросилікати кальцію типу CSH(V) і тоберморит.

Приготування нових тампонажних сумішей може здійснюватись на бурових майданчиках, шляхом змішування тампонажного цементу і домішки перетарюванням через цементозмішуючі машини протягом трьох циклів.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Дослідженнями встановлено, що застосування меленого доломітового борошна обпаленого в якості домішки до тампонажних цементів, що розширюються при твердінні, дає змогу підвищити міцність тампонажного каменю та зменшити його проникність. Застосування нових тампонажних матеріалів дозволяє підвищити якість розмежування пластів у глибоких нафтових і газових свердловинах, зокрема високонапірних нафтових і газових горизонтів.

На даний час нова мінеральна домішка - мелена ДМО та розроблені на її основі термостійкі тампонажні матеріали, що розширюються під час тузавіння, успішно впроваджуються в експлуатаційному бурінні на бурових підприємствах БУ «Укрбургаз» при цементуванні глибоких нафтових і газових свердловин. Результатом впровадження є підвищення якості цементування обсадних колон у глибоких нафтогазових свердловинах.

### *Список літератури*

1. Інструкція щодо визначення умов використання газових свердловин з наявністю міжколонного тиску, пробурених на шельфі Чорного і Азовського морів / затв. Держнафтогазпром України, ВАТ "Український нафтогазовий інститут", ДВП "Чорноморнафтогаз" 1997. – [Термін дії не встановлений]. – К.: Держнафтогазпром України, 1997. – 11 с. – (Нормативний документ).
2. Впровадження розширювального тампонажного матеріалу під час кріплення свердловин у складних гірничо-геологічних умовах / **С.В. Тріфонов, С.В. Чеканов, А.Б. Скочеляс** [та ін.] // Нафтова і газова промисловість. – 2003. – № 3. – С. 30 – 32.
3. Аналіз причин неякісного розмежування пластів в умовах Дніпровсько-Донецької западини / **Р.В. Бандур, О.В. Лужаниця, С.Г. Михайленко** [та ін.] // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ, 2003. – № 3. – С. 127 – 130.
4. **Лігоцький М.В.** Підвищення якості кріплення нафтогазових свердловин в зоні продуктивних горизонтів / **М.В. Лігоцький, І.І. Наритник** // Нафтова і газова промисловість. – 2003. – № 6. – С. 23 – 25.
5. **Лазаренко О.Г.** Удосконалення тампонування газових свердловин (на прикладі родовищ Дніпровсько-Донецької западини): дис. ... канд. техн. наук: 05.15.10 / **Лазаренко Олександр Григорович.** – Івано-Франківськ, 2002. – 163 с.
6. Контроль за роботою свердловин з міжколонним тиском. Ліквідація міжколонних тисків на родовищах і ПСГ АТ "Укргазпром": Звіт НДР (заклучн.) / Український науково-дослідний інститут природних газів. – 100 УГП/95, 9746.56/96.96); № 0195.018633; Інв. № 0-3064. – Харків, 1996. – 55 с.
7. Контроль за роботою свердловин з міжколонними тисками. Пропозиції по ліквідації міжколонних тисків на родовищах і ПСГ: Звіт про НДР (заклучн.) / Український науково-дослідний інститут природних газів. - 100 УГП/95-98 (46.244/97-98); № 01.95.U018633; Інв. № 0-3181. – Харків, 1998. – 40 с.
8. **Навроцкий Б.И.** Основные результаты цементирования скважин подземных хранилищ газа Прикарпатья / **Б.И. Навроцкий.** – Ивано-Франковск, 1987. – 15 с. – Деп. в УкрНИИТИ 29.09.87, № 2766-Ук87.
9. **Баранецкий М.В.** Підвищення якості кріплення свердловин підземних сховищ газу Прикарпаття: автореф. дис. на здобуття наук ступеня канд. техн. наук: спец. 05.15.10 "Буріння свердловин" / **М.В. Баранецкий.** - Івано-Франківськ, 1999. – 17 с.
10. Разработка и внедрение технологии применения тампонажного раствора для качественного крепления эксплуатационных колон при строительстве скважин на ПХГ ВПО "Укргазпром": Отчет о НИР (заключительн.) / Украинский научно-исследовательский институт природных газов. – (01.Ц.04.03.04.03.21/87.90)/ 21.21.03; № 01870082165; Інв. № 0-2178. – Харьков, 1987. – 119 с.

11. **Ашрафьян М.О.** Технология разобращения пластов в осложненных условиях / **Ашрафьян М.О.** - Недра, 1989. – С. 11.
12. **Данюшевский В.С.** Проектирование оптимальных составов тампонажных цементов / **Данюшевский В.С.** – М.: Недра, 1978. – 293 с.
13. **Гамзатов С.И.** Применение вяжущих веществ в нефтяных и газовых скважинах / **Гамзатов С.И.** - М.: Недра, 1985. – 148 с.
14. Сучасний стан і перспективи розвитку виробництва тампонажних матеріалів в Україні / **В.Ф. Горський , П.В. Горський , Ю.Ф. Шевчук** [та ін.] // Нафтова і газова промисловість. – 2000. – № 5. – С. 19 – 20.
15. **Булатов А.И.** Тампонажные материалы / **А.И. Булатов, В.С. Данюшевский** . – М.: Недра, 1987. - 280 с.
16. **Михайлов В.В.** Расширяющийся цемент и его применение в строительстве / **В.В. Михайлов, Б.Г. Скрамтаев, Э.З. Юдович** // Цемент. – 1949. – № 12. – С. 4.
17. **Кравченко И.В.** Расширяющиеся цементы / **Кравченко И.В.** – М.: Госстройиздат, 1962. – С. 34.
18. **Дмитриев А.И.** Проблемы использования техногенных материалов при производстве цемента / **А.И. Дмитриев, В.Е. Каушанский** // Цемент. – 1988. – № 9. – С. 2 – 3.

Рукопис подано до редакції 17.03.14

УДК 629.353: 622.682

І.Б. СТЕПАНКІНА, старший викладач, Криворізький національний університет

## УДОСКОНАЛЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ КАР'ЄРНОГО ТРАНСПОРТУ

Проведено аналіз взаємодії видів промислового транспорту глибоких кар'єрів у сучасних умовах з метою її удосконалення. Визначено напрямок дослідження закономірностей такої взаємодії для збільшення ефективності гірничотранспортної системи кар'єрів.

У сучасних умовах найбільш ефективними технологіями транспортування гірничої маси в глибоких кар'єрах є циклічно-поточні технології. При обґрунтуванні раціональних параметрів надійності експлуатації кар'єрних транспортних комплексів важливою є проблема взаємодії складових видів транспорту.

У статті проведено аналіз взаємодії видів промислового транспорту глибоких кар'єрів у сучасних умовах з метою її удосконалення. Відмічено, що об'єктивною є необхідність створення транспортних комплексів, що базуються на одночасному або послідовному використанні двох чи більше видів транспорту в самостійному чи комбінованому використанні. Велике значення при цьому має досягнення збалансованої роботи всіх видів транспорту в комплексі.

Для оптимізації транспортної системи кар'єру необхідно встановити кількісні та якісні показники взаємодії між транспортними процесами та їх обладнанням, а також раціональні співвідношення параметрів кожного виду кар'єрного транспорту в комплексі. Визначено напрямок дослідження закономірностей взаємодії елементів гірничотранспортної системи кар'єрів з метою збільшення її ефективності. На основі проведених досліджень та обробки статистичного матеріалу планується провести обґрунтування параметрів надійності експлуатації автомобільно-конвеєрного комплексу глибоких кар'єрів.

**Ключові слова:** циклічно-поточна технологія, глибокий кар'єр, автомобільно-конвеєрний комплекс, взаємодія, надійність.

**Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями.** У сучасних умовах найбільш ефективними технологіями транспортування гірничої маси в глибоких кар'єрах є циклічно-поточні технології (ЦПТ), що передбачають використання машин циклічної дії та комплексу машин і установок безперервної дії, функціонування яких створює неперервний потік гірничої маси від місця навантаження до поверхні кар'єру.

В Кривбасі ЦПТ запроваджена на кар'єрах Інгулецького, Південного, Північного та Ново-Криворізького гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК).

При обґрунтуванні раціональних параметрів надійності експлуатації кар'єрних транспортних комплексів важливою є проблема взаємодії складових видів транспорту, оскільки кожен з них має свої технологічні особливості. Вирішення такої проблеми дозволить розробити комплекс заходів для удосконалення гірничотранспортної системи глибоких кар'єрів та підвищення її ефективності.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Проблеми проектування і створення транспортних систем глибоких кар'єрів були досліджені в роботах таких видатних учених, як В.В.Ржевський, В.Л.Яковлев, М.В.Васильев, О.О.Кулешов, В.П.Смірнов, Ю.І.Лель, О.О.Співаковський, В.О.Щелканов та ін.