

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»

Серія «Гірничо-геологічна»
Випуск 13(178)

Наукові праці
Донецького національного технічного університету

головний редактор Башков Є. О.

Донецьк – 2011

Друкується за рішенням Вченої Ради державного вищого навчального закладу
«Донецький національний технічний університет» (протокол №2 від 18.02.11 р.)

**НЗ4 Наукові праці Донецького національного технічного університету.
Серія «Гірничо-геологічна» / Редкол.: Башков Є. О. (голова) та
інші. – Випуск 13(178).– Донецьк, ДВНЗ «ДонНТУ», 2011. – 204 с.**

У збірнику наведено результати наукових досліджень у галузі сучасних розробок розвідки родовищ корисних копалин, маркшейдерської справи і геодезії та інші. Розглянуто деякі питання і досягнення у галузі геологічних наук, будівництва шахт та підземних споруд, буріння свердловин у складних умовах.

Розрахований на фахівців гірничо-геологічного профілю, а також аспірантів та студентів відповідних спеціальностей.

Редакційна колегія:

д. т. н. Башков Є. О. (головний редактор),
д. т. н. Калініченко О. І. (заступник головного редактора),
к. т. н. Формос В. Ф. (від. секретар),
д. т. н. Борщевський С. В., д. т. н. Булгаков Ю. Ф., д. т. н. Зборщик М. П.,
д. т. н. Левіт В. В., д. т. н. Подкопасєв С. В., д. т. н. Шевцов М. Р.,
д. т. н. Могильний С. Г., д. т. н. Гавриленко Ю. М., д. т. н. Креніда Ю. Ф.,
д. т. н. Шоломицький А. А., д. г. н. Альохін В. І., д. г.-м. н. Корчемагін В. О.,
д. г.-м. н. Шеремет Є. М., д. г.-м. н. Волкова Т. П., д. г. н. Привалов В. О.,
д. т. н. Бондаренко М. В., д. т. н. Давиденко О. М., д. т. н. Коцкулич Я. С.,
д. т. н. Гуляєв В. Г., д. т. н. Семенченко А. К., д. т. н. Кондрахін В. П.,
д. т. н. Грищенков М. М., д. т. н. Шевченко Ф. Л., д. т. н. Улітін Г. М.,
к. т. н. Лісіков Б. А., к. т. н. Каракозов А. А., к. т. н. Мирний В. В.

Коректура та редакційно-технічне оформлення: Парфенюк С. М.

Адреса редакційної колегії: Україна, 83000, м. Донецьк, вул. Артема, 58, 1-й учбовий корпус, к. 1.208

Журнал зареєстрований в Державному комітеті інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України. Свідоцтво: серія КВ, №7370 від 03.06.03.

Збірник включено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (додаток до постанови президії ВАК України № 1-5/10 від 10 грудня 2003 р., надруковано в бюлетені ВАК №1, 2004 р.

УДК 622.235.4

Лабораторний стенд для дослідження характеристик вибухових приладів

Примак А. В.^{*}, Манжос Ю. В., Галіакберова Ф. Н.

Донецький національний технічний університет, Донецьк, Україна

Поступила в редакцію 16.04.10, принята к печати 01.10.10.

Анотація

В роботі була поставлена задача розробки лабораторного стенду для перевірки вибухових приладів за показниками зазначеними в технічних умовах на прилад та показниками безпеки ведення вибухових робіт.

Ключові слова: електричне підривання, вибуховий прилад, вплив на навколишнє середовище, контроль справності, імпульс струму, безпека.

Вступ

Відмови електродетонаторів (ЕД) при веденні вибухових робіт зумовлені неполадками вибухових приладів (ВП), вибухової мережі або самого ЕД призводять до відмови вибухових речовин (ВР) шпурових або свердловинних зарядів. При прибиранні породи може виникнути вибух зарядів, які не спрацювали, але частіше маса ВР розкидається і змішується з породою, після чого вона може надходити на збагачувальні фабрики, де певним чином впливати на працівників, а потім на відвали породи, тим самим забруднюючи навколишнє середовище. Відомо, що в складі ВР знаходяться компоненти, які є небезпечними для здоров'я людей і шкідливо впливають на навколишнє середовище. Так, наприклад, більшість сенсibilізаторів, які входять до складу ВР в достатньо великій кількості (тротил, гексоген, нітроефіри, тощо) є шкідливими речовинами і за токсичним впливом згідно ГОСТ 12.1.007-76 і ГОСТ 12.1.005-88 належать до І–ІІ класу небезпеки. [1] Таким чином дана робота торкається проблем охорони праці та екологічної безпеки.

Постановка задачі

Метою роботи є забезпечення перевірки вибухових приладів за всіма показниками, згідно з технічними умовами. За рахунок застосування перевірених вибухових приладів буде забезпечена безвідмовність електричного підривання зарядів ВР.

Повну перевірку ВП за всіма показниками, на теперішній час, має можливість виконати тільки МакНДІ на своїх стендах. Тому задача створення простого за конструкцією і в той же час ефективного стенду є актуальною задачею.

Електричне підривання зарядів ВР є одним з найбільш розповсюджених способів проведення вибухових робіт. Електричне підривання за допомогою ЕД, увімкнених в електровибухову мережу, припускає як одночасну (миттєве підривання), так і послідовну із заданим проміжком часу детонацію зарядів в групі (уповільнене і короткоуповільнене підривання). [2]

На сьогодні електричне підривання – це єдиний допущений у вугільних шахтах спосіб підривання шпурових і свердловинних зарядів ВР. Електричне підривання безпечніше вогневого, так як дозволяє підривати більше зарядів і може використовуватись в будь-яких умовах ведення вибухових робіт, в тому числі використовуватись в шахтах, небезпечних по газу і пилу. [3]

^{*} E-mail для листування: anatoliy-primak@ya.ru

Якість і безпечність вибухових робіт, при використанні способу електричного підривання зарядів ВР, залежить в першу чергу від якості вибухових матеріалів (ВМ) та засобів підривання. До засобів підривання відносять ЕД та вибухові прилади. Відомо, що ЕД перед використанням проходять стовідсоткову перевірку електричної частини, тому для якісного проведення вибухових робіт треба значну увагу приділяти контролю справності ВП. На сьогодні ВП перед видачею до роботи перевіряються у складах на приладі ПКВІ («ПКВІ-3М»), такої перевірки цілком достатньо. Також приладом ПКВІ користуються державні центри стандартизації і метрології при освідченні ВП, що не є правильним, тому що необхідно більш детально визначити, обробити та перевірити характеристики приладу і пересвідчитись, що він працює не на «межі».

Прилад ПКВІ («ПКВІ-3М») вимірює тільки величину і тривалість імпульсу струму, а результат перевірки видає у вигляді логічного виводу – слів «придатний» або «непридатний», які загоряються на табло [4]. Логічний сигнал у вигляді слів «придатний», або «непридатний», який видається приладом, замість конкретного числового значення – є недоліком, так як не дозволяє обробити отримані дані більш глибоко і детально.

Специфічністю контролю справності вибухових приладів є те, що на їх вивідні клеми наводиться вибуховий імпульс тривалістю лише 2–4 мс тому перевірка їх справності потребує використання спеціалізованої апаратури. [2]

Досліджуючи проблему перевірки і контролю справності ВП був розроблений і випробуваний лабораторний стенд основу якого складає персональний комп'ютер. Схема стенду зображена на рис.1 .

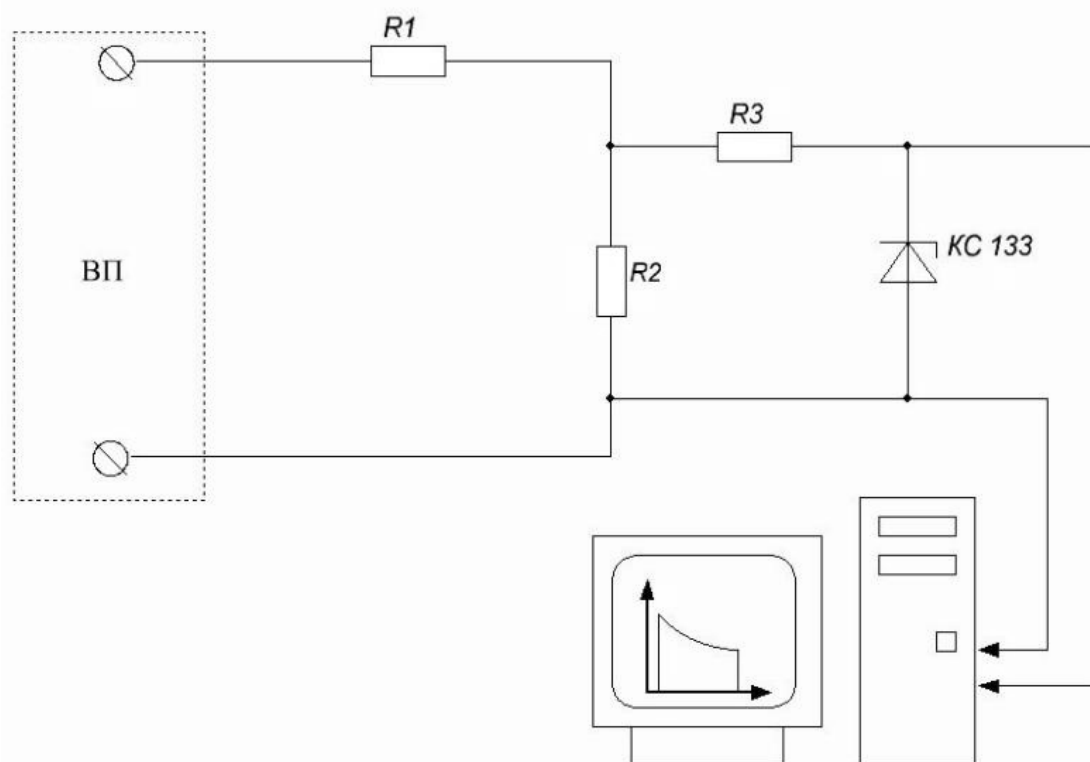


Рис. 1 – Схема лабораторного стенду

Стенд складається із наступних одиниць: вибухового приладу ВП (в нашому випадку – це ВП-75, а взагалі це може бути будь-який вибуховий прилад); магазину опорів R1; порівняльного опору R2 = 1 Ом; баластного опору R3 = 1 кОм; стабілітрону КС 133; і вивідних дрітків, які під'єднуються до комп'ютера. Магазин опорів необхідний для перевірки приладу на різних опорах (моделювання вибухового ланцюга). Стабілітрон необхідний для захисту комп'ютера від перенапруги – коли напруга або сила струму підвищуються вище певного рівня, станеться пробій стабілітрона і конденсатор ВП розрядиться на баластному опорі.

Перевірка роботи стенду здійснювалася за допомогою приладу ВП – 75 на трьох різних опорах вибухового ланцюга – 191, 201 і 221 Ом відповідно. В результаті були отримані дані (дані

отримувалися за допомогою програми віртуального осцилографа – oscilloscope 2.51) для подальшого розрахунку і побудовані криві імпульсу струму рис. 2 .

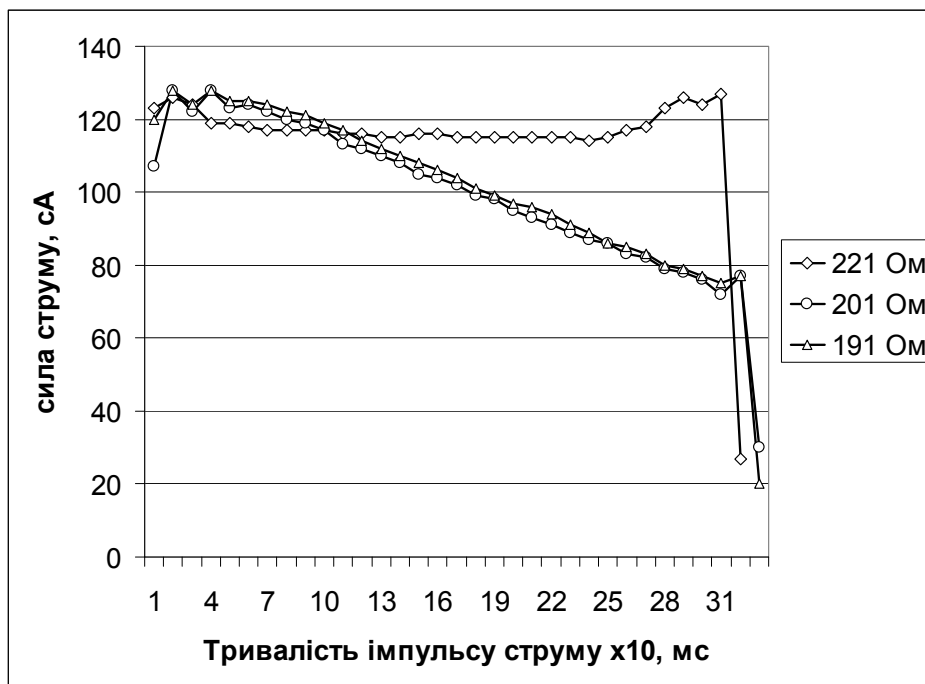


Рис. 2 – Зображення імпульсів струму при різних опорах ланцюга

Обробка отриманих експериментальних даних здійснювалась на комп'ютері в середовищі MathCAD за допомогою власноруч написаної програми розрахунку (лістинг програми наводиться нижче), яка дозволяє визначити величину, тривалість імпульсу струму, величину струму на початку та в кінці подачі імпульсу, та максимальну величину напруги заряду конденсатора. Величина імпульсу струму, як одна із найважливіших характеристик приладу, розраховувалась методом трапецій. Даний метод дозволяє з достатньою точністю обробити експериментальні дані, які видаються набором точок. Інші параметри розраховувались і виводились на друк за рахунок використання нескладних логічних умов.

```

PROGRAM:=
for j ∈ 1..3
    M<sup>1</sup> ← MM<sup>1</sup>
    M<sup>2</sup> ← MM<sup>j+1</sup>
    shag ← 0.1
    In<sub>j</sub> ← M<sub>1,2</sub>·0.01
    Spr<sub>j</sub> ← 0
    for i ∈ 1..n - 1
        S<sub>j</sub> ← Spr<sub>j</sub> + ((M<sub>i,2</sub> + M<sub>i+1,2</sub>)·0.01)·shag
        Spr<sub>j</sub> ← S<sub>j</sub>
        if S<sub>j</sub> ≥ 3
            Ik<sub>j</sub> ← M<sub>i,2</sub>·0.01
            t<sub>j</sub> ← i·shag
            break
    RES ← (In Ik t S)
    
```

Рис. 3 – Лістинг програми

Висновки

1. В результаті роботи, була досягнута поставлена задача, був розроблений та зібраний лабораторний стенд.
2. Перевірка стенда показала коректність його роботи.
3. Написана програма обробки експериментальних даних.
4. Була здійснена обробка експериментальних даних, отриманих за допомогою стенду, яка показала справність і придатність приладу ВП-75.

Бібліографічний список

- 1 Ю.В. Манжос, Ю.В. Подоваленко [Електронний ресурс]: електрон. ст. (1 файл 424 Кб) / Ю.В. Манжос, Ю.В. Подоваленко // Перспективи розвитку екологічески чистих взривчатых веществ для угольных шахт Украины – Загл. с титул. экрана. – Свободный доступ из сети Интернет. – http://www.resurs.org.ua/articles/article_perspectivu.html
- 2 Взрывные приборы и машинки для электровзрывания / Г. И. Садовский, В. В. Тормасов, В. И. Климов. – М.: Недра, 1975. – 199 с.
- 3 НПА ОП 0.00 – 1.17 – 92 «Єдині правила безпеки під час буропідричних робіт», Київ, Норматив 1992 р.
- 4 Граевский М. М. Справочник по электрическому взрыванию зарядов / М. М. Граевский. – М.: Недра, 1983. – 240 с.

© Примак А. В., Манжос Ю. В., Галіакберова Ф. Н., 2011.

Аннотация

В работе была поставлена задача разработки лабораторного стенда для проверки взрывных приборов по показателям указанным в технических условиях на прибор и показателями безопасности ведения взрывных работ.

Ключевые слова: электрическое взрывание, взрывной прибор, влияние на окружающую среду, контроль исправности, импульс тока, безопасность.

Abstract

In work was set a problem of creation laboratory stand for verification explosive devices by points in their technical documents.

Keywords: electric initiation, blasting device, environment impact, device control, current pulse, safety.

УДК 622.831.1

Проект реконструкції підземної маркшейдерської опорної мережі шахти «Прогресс» ДП «Торезантрацит»

Грищенко А. М.^{*}, Березюк А. О.

ДВНЗ «ДонНТУ», Донецьк, Україна

Надійшла до редакції 23.04.10, прийнята до друку 01.10.10.

Анотація

У статті розглянуті питання, які пов'язані з реконструкцією підземної маркшейдерської опорної мережі (ПМОМ) шахти «Прогресс» ДП «Торезантрацит». Виконано зрівнювання діючої опорної мережі шахти та запроектовані нові полігонометричні ходи ПМОМ шахти.

Ключові слова: реконструкція, опорна мережа, зрівнювання, похибка

Дана тема «Проект реконструкції підземної маркшейдерської опорної мережі шахти «Прогресс» ДП «Торезантрацит» є актуальною, оскільки останнє зрівнювання опорних мереж виконувалось 20 років тому.

Мета даної роботи полягає у встановленні точних координат пунктів підземної маркшейдерської опорної мережі, втрачених або порушених через деформації гірських виробок.

Маркшейдерська опорна мережа - головна геометрична основа підприємства. Для вирішення маркшейдерських задач, особливо маркшейдерського забезпечення збіжок, необхідна надійна опорна мережа. Щоб забезпечити надійність, потрібна своєчасна реконструкція опорної мережі (1 раз в 7 років).

Поле шахти «Прогресс» розкрито двома центральними стволами (клітьовим і скіповим) і двома фланговими: північним вентиляційним стволом (ПВС) і південним вентиляційним (ПВС). Між стволами пройдена система похилих і горизонтальних виробок (бремсберги, польові відкотні штреки, похилі квершлаги і ін.). Виходячи зі схеми розкриття шахтного поля, маркшейдерська опорна мережа шахти створювалася таким чином: через вертикальні стволи здійснювалося центрування мережі і полігонометричними ходами по горизонтальних і похилих виробках з'єднувалися групи пунктів, на які були передані координати і дирекційні кути за результатами центрування і гіроскопічного орієнтування. Подальший розвиток опорної маркшейдерської мережі вироблявся від отриманих груп пунктів подвійними або замкнутими теодолітними ходами.

Була вибрана частина підземної маркшейдерської опорної мережі з метою зрівнювання полігонометричних ходів, для одержання координат їх пунктів. Саме ця частина мережі потребує зрівнювання, оскільки є найбільш зруйнованою.

1. Вихідні дані (умовна система координат)

Північний порожняковий відкотний штрек

MT11 X= 27004,040

Y= -18626,410

$\alpha = 197^{\circ}10'11''$

Північний допоміжний бремсберг

C94 X= 28008,532

Y= -18665,564

$\alpha = 242^{\circ}48'24''$

2. Геометрична конструкція маркшейдерської опорної мережі

Підземні полігонометричні ходи і їх системи розділяються на вільні і сковані. У свою чергу вільні діляться на: розімкнені і замкнуті; сковані – з повним контролем, з контролем в дирекційних кутах, в координатах, згідно [2, с. 228]. У даній мережі задіяна велика кількість видів ходів, див. рис. 1.

^{*} Для листування: gr2202@yandex.ru

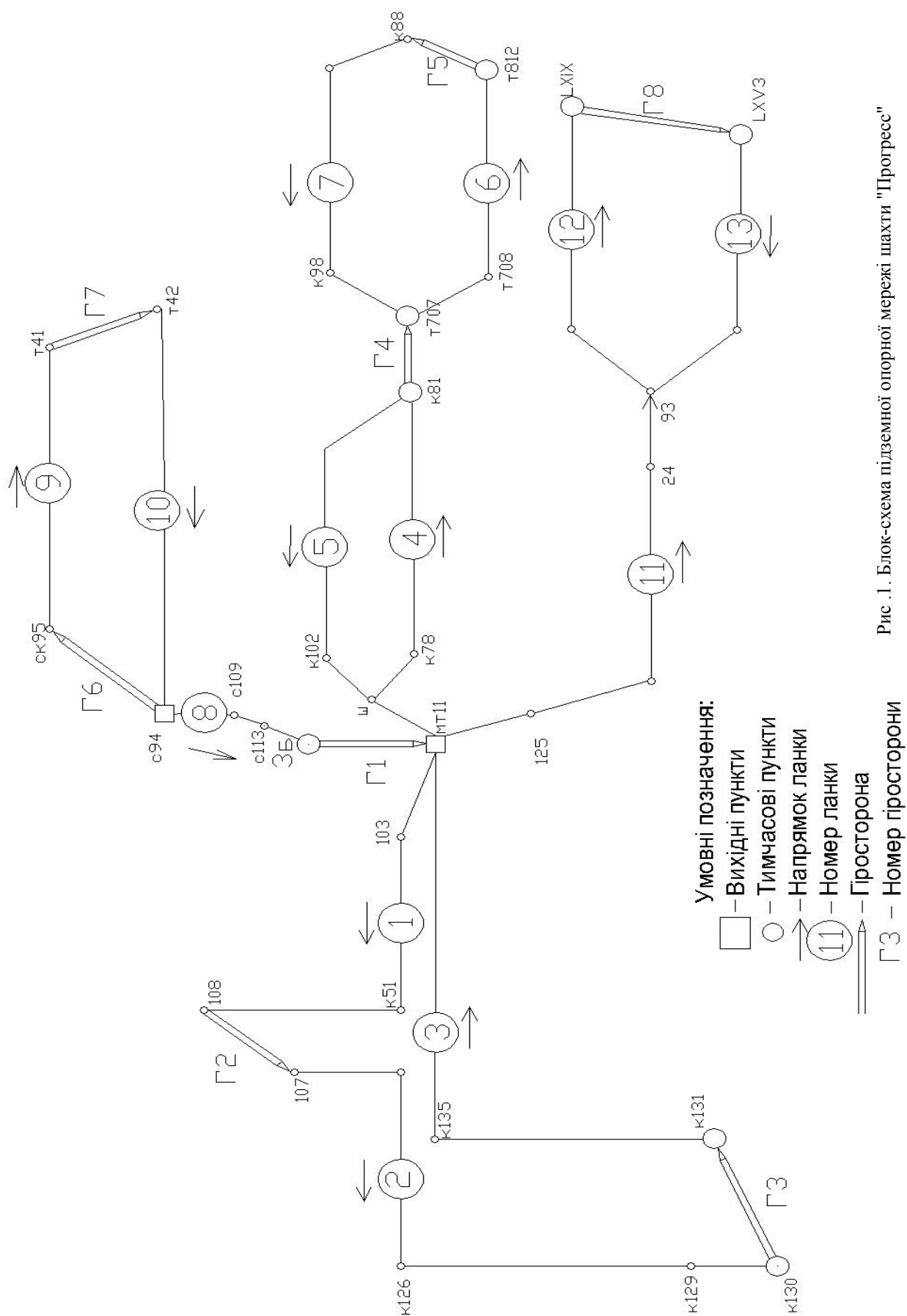


Рис. 1. Блок-схема підземної опорної мережі шахти "Прогресс"

Основна схема зрівнювання є складною системою полігонометричних ходів, що включає такі геометричні елементи:

- Вихідні пункти - 2 (мт11, с94);
 - Ланки - 13;
 - Гіросторін - 8.
3. Методика кутових і лінійних вимірів

У полігонометричних ходах для кутових вимірів в шахті використовувалися теодоліти ТБ-І і ТНЕО-020. Горизонтальні кути вимірювалися двома прийомами з перестановкою початкового відліку на 90° . Кути нахилу виміряні в прямому і зворотному напрямках при двох положеннях круга, при цьому, візування здійснювалося на виски. Згідно [1, с.16], середня квадратична похибка вимірів горизонтальних кутів - $20''$, вертикальних, - $30''$. Лінійні виміри в шахті виконувалися сталевою компарованою рулеткою з натягом 10 кг двічі в прямому та зворотному напрямках. Вживана методика кутових і лінійних вимірів відповідає вимогам інструкції [1, с. 21–23] і забезпечує необхідну точність маркшейдерської опорної мережі.

4. Гіроскопічне орієнтування

Центрування здійснювалося через один вертикальний ствол, примикання здійснювалося способом з'єднувального трикутника. Гіроскопічне орієнтування підземних ходів, включених в опорну маркшейдерську мережу, виконане в різні роки гірокомпасами МВТ-2 і МВТ-2м за методикою, викладеною [1, с. 17–19].

5. Зрівнювання маркшейдерської опорної мережі

В даний час маркшейдерська опорна мережа застаріла, багато пунктів знищено, виникла необхідність її реконструкції, що включає закладку нових пунктів. Для цього необхідно зрівняти існуючу опорну мережу. Кафедрою маркшейдерської справи ДонНТУ розроблений комплекс програм PMOS, який забезпечує накопичення всієї вимірюваної інформації по мережі, контроль по теоретично обґрунтованих допущах всіх нев'язок, що виникають в мережі, строге зрівнювання мережі з оцінкою точності вузлових пунктів і довільних пунктів, вказаних користувачем. Комплекс складається з програми POLYXOD для обчислення полігонометричних ходів будь-яких видів з контролем якості вимірів в них, програми формування мережі FORMSET, що забезпечує послідовне приєднання до існуючої мережі заново прокладених полігонометричних ходів і програми зрівнювання THEOPR. Отримані результати зрівняних пунктів були співставлені з шахтними зрівняними координатами, одержаними при обробці на ЕОМ ЄС-1035 за методикою ВНДМІ «Оцінка якості і зрівнювання опорних мереж», див. таблицю 1. У таблиці 2 наведені середні квадратичні похибка координат по осях X і Y.

Таблиця 1 - Результати порівняння зрівняних координат вузлових пунктів обчислених, за методикою ВНДМІ і комплексом програм PMOS (умовна система координат)

Найменування пункта	X, м	Y, м	X ¹ , м	Y ¹ , м	ΔX , м	ΔY , м
K107	26934,852	-18296,970	26934,805	-18296,979	0,047	0,174
K131	28004,217	-18196,348	28004,169	-18196,321	0,048	0,027
т707	27588,895	-19183,802	27588,894	-19183,797	0,005	0,005
K88	28444,102	-19676,478	28444,057	-19676,459	0,045	0,029
Ск95	27992,552	-18696,670	27992,653	-18696,720	0,101	0,050
т42	28513,623	-19308,732	28513,662	-19308,765	0,039	0,033
93	27644,482	-19089,355	27644,267	-19089,153	0,215	0,202
LXY3	28204,363	-19361,542	28204,154	-19361,318	0,209	0,224

Умовні позначення:

X, м – координати зрівняних пунктів по осі X, за методикою ВНДМІ;

Y, м – координати зрівняних пунктів по осі Y, за методикою ВНДМІ.;

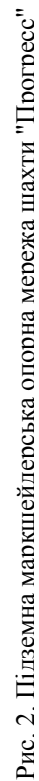
X¹, м – координати зрівняних пунктів по осі X, за програмою PMOS;

Y¹, м – координати зрівняних пунктів по осі Y, за програмою PMOS;

ΔX – різниця координат по осі X, обчислених за методикою ВНДМІ і PMOS;

ΔY – різниця координат по осі Y, обчислених за методикою ВНДМІ і PMOS.

В результаті порівняння координат пунктів опорної мережі різниця ΔX і ΔY по координатних осях знаходиться в діапазоні від 0,005 до 0,224м.



Таблиця 2 - Середні квадратичні похибки координат вузлових пунктів, зрівняних за допомогою комплексу програм PMOS, по осях X і Y

Найменування пункта	M_x , м	M_y , м	M_{xy} , м
K107	0,040	0,013	0,042
K131	0,078	0,148	0,167
т707	0,056	0,064	0,085
K88	0,103	0,154	0,185
Ск95	0,148	0,119	0,190
т42	0,153	0,119	0,194
93	0,063	0,095	0,114
LXY3	0,094	0,165	0,190

Умовні позначення:

M_x - середня квадратична похибка координат по осі X;

M_y - середня квадратична похибка координат по осі Y;

M_{xy} - загальна середня квадратична похибка по координатних осях.

Середня квадратична похибка M_{xy} по координатних осях в середньому склала 0.146 м, що не перевищує 0.6 м, згідно з [1, с.16].

Після зрівнювання була складена схема підземної маркшейдерської мережі в системі AUTOCAD 2007, див. рис. 2.

6. Проектування нових ходів підземної полігонометрії в комплексі робіт для реконструкції ПМОМ шахти «Прогресс»

Закладка нових пунктів передбачена проектом на північному заході. Згідно з проектом будуть вставлені 44 пункти з метою доробки запасів. Вимір кутових і лінійних параметрів буде виконано по вище наведеній методиці.

В результаті зрівнювання підземної маркшейдерської опорної мережі шахти «Прогресс», одержані результати, задовольняють допускам інструкції [1, с. 16]. На північному заході гірничих робіт запроектовані нові пункти опорної мережі. Подальше проектування опорної мережі здійснюватиметься по мірі розвитку гірничих робіт.

Бібліографічний список

1. КД 12.06.203-2000 «Маркшейдерські роботи на вугільних шахтах та розрізах.. Інструкція». – Мінпаливенерго України, Київ, 2001. – с. 6–14.
2. Довідник у маркшейдерській справі. – М., Надра, 1979. – 576 с.

© Грищенко А. М., Березюк А. О., 2011.

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы, связанные с реконструкцией подземной маркшейдерской опорной сети (ПМОС) шахты «Прогресс» ГП «Торезантрацит». Произведено уравнивание существующей подземной маркшейдерской опорной сети шахты и запроектованы новые полигонометрические ходы ПМОС шахты.

Ключевые слова: реконструкция, опорная сеть, уравнивание, погрешность.

Abstract

There are considered questions of mine surveying network reconstruction for the mine “Progress of concern “Torezantratsit”. There have been fulfilled equalizing of existing mine surveying network and have been designed new polygonometric traverses of mine surveying network in accordance with the design of reconstruction.

Keywords: reconstruction, mine surveying network, equalizing, error.

УДК 622.831

Відносно коректності в питаннях компарування металевих рулеток

Мирний В. В., Матлаєва І. В.

ДВУЗ «ДонНТУ», Донецьк, Україна

Надійшла до редакції 23.04.10, прийнята до друку 01.10.10.

Анотація

В статті розглянуто питання, які пов'язані з методикою метрологічного забезпечення маркшейдерських вимірювань металевими рулетками при побудові підземних опорних мереж. Вказано на деякі помилки при викладенні методики компарування в попередніх виданнях нормативних документів. Показано правильні підходи щодо виконання компарування металевих рулеток.

Ключові слова: компарування, рулетка, похибка, точність.

При побудові маркшейдерських опорних мереж в підземних гірничих виробках в загальному обсязі польових робіт завжди значну частину займає вимірювання довжини сторін в полігонометричних ходах. В останні десятиріччя досягнуті значні успіхи щодо розробки нових і вдосконалення існуючих приладів для маркшейдерських та геодезичних лінійних вимірювань, а також методів обробки отриманих результатів (наявність різноманітних конструкцій радіо- та світловіддалемірів, світловіддалемірних насадок на теодоліти, електронних тахеометрів, лазерних рулеток різних модифікацій і ін.). Всі вони, за винятком світловіддалеміра МСД-1м, не виготовляються у вибухобезпечному виконанні. Останній, хоч і є вибухобезпечним, але настільки громіздкий, незручний і непрактичний при вимірюванні в підземних умовах діючої шахти, що не одержав розповсюдженості серед маркшейдерів-виробничників і застосовується, як правило, для спеціальних робіт високої точності. Крім того, в останні часи його вдосконалення і виготовлення припинились, хоча це був єдиний вимірювальний маркшейдерський прилад для роботи в загазованій шахтній атмосфері. Тому основним робочим інструментом для вимірювання довжини сторін у підземних полігонометричних ходах залишається металева (сталева) рулетка довжиною 30 або 50 м [1].

Кожна рулетка повинна бути прокомпарована вимірюванням довжини компаратора за відповідною методикою [1]. Оскільки стаціонарних компараторів, які б періодично проходили атестацію (зовнішню або внутрішню) немає, науковці і виробничники користуються, як правило, спеціальним еталоном (контрольним метром), виготовленим із спеціального сплаву, рівняння довжини якого визначено в спеціалізованій метрологічній лабораторії і періодично поновлюється.

Нами проаналізовано кілька офіційних нормативних джерел, виданих за останні роки, якими могли керуватись маркшейдерські служби шахт чи інших добувних підприємств, на які поширюються положення державного метрологічного нагляду під час контролю безпеки умов праці у відповідності з Законом України «Про метрологію і метрологічну діяльність» [2].

Аналізу підлягали, як викладені методики виконання робіт по компаруванню рулеток, так і оцінка точності компарування у співставленні з вимогами відповідних інструкцій. В діючій [1] інструкції методику виконання робіт не викладено, але вказано, що середня квадратична похибка, обчислена за відхиленням п'яти компарувань на стаціонарному компараторі у прямому і зворотному напрямках від середнього значення і віднесена до довжини рулетки не повинна перевищувати 1:30000. В попередній [3] (за хронологією) інструкції в п.8.4.1. вказано на те, що рулетки повинні бути прокомпарованими з відносною похибкою 1:15000. В інструкції [4] також не було приділено уваги методиці компарування рулеток і лише вказано, що при побудові на денній

поверхні полігонометричних ходів 2-го розряду рулетки та стрічки, які застосовуються для вимірювання довжини сторін, можуть бути прокомпаровані на польовому компараторі, що забезпечує точність еталонування не нижче 1 : 40000 довжини вимірювального приладу.

І тільки в нормативному документі [5] п'ятдесятирічної давності авторам вдалось знайти більш чіткі інструкції щодо методики компарування металеві рулетки за допомогою контрольного метра зі зразком запису результатів компарування в зручній відомості і оцінкою точності компарування. Саме цей формуляр для запису переходить «з покоління в покоління» маркшейдерів і, оскільки тут же наведено приклад оцінки точності, його й приймають як зразок обчислення без критичного аналізу. Між тим, слід вказати на помилковість обчислень, неправильність остаточних результатів компарування і, як слідство, невідповідність (іноді недопустиму) вимогам інструкції. Компарування за допомогою контрольного метра, як відомо, виконується вимірюванням кожного метра рулетки між її метровими поділками кількома незалежними відліками в прямому та зворотному ходах. Таким чином, кожний метр рулетки, визначений з кількох вимірювань, має два остаточних значення (для прямого та зворотного напрямів), з яких обчислюють середні арифметичні, а сумуванням останніх одержують істину довжину рулетки (з врахуванням поправок за довжину метра і температуру) і поправку за компарування.

В той же час різниці значень t між середніми значеннями метрових інтервалів рулетки з прямого та зворотного напрямів при n інтервалах є класичним матеріалом для обчислення за формулами теорії похибок [6]:

середньої квадратичної похибки довжини метрового інтервалу рулетки за результатами однорідних подвійних вимірювань

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum tt}{2n}}; \quad (1)$$

середньої квадратичної похибки загальної довжини рулетки

$$M = \pm m \sqrt{n} = \pm \sqrt{\frac{\sum tt}{2}}; \quad (2)$$

середньої квадратичної відносної похибки компарування рулетки довжиною L м

$$\frac{M}{L} = \frac{m\sqrt{n}}{n} = \frac{m}{\sqrt{n}} = \frac{1}{\sqrt{n}/m}. \quad (3)$$

В [5] деякі формули наведено з помилками, оскільки укладачами інструкції було закладено неправильні міркування при обчисленнях. Так, відхилення t у формулі (1) ними взяті не як різниці між результатами подвійних рівноточних незалежних вимірювань, що закладено в теорію виведення формул, а між одним з відліків на даному інтервалі і середнім значенням між двома крайніми відліками, тобто замість t_i фігурує $t_i/2$. Можливо, автори намагались «компенсувати» спотворення результату, виключивши цифру 2 зі знаменника у формулі (1). В результаті обчислень середня квадратична похибка m виявляється заниженою у $\sqrt{2}$ разів і загальний результат – помилковим. У наведеному в інструкції прикладі обчислена відносна похибка складає 1:42000, але, якщо її знайти за правильною методикою та формулами (1,2,3), то вона дорівнюватиме 1:30000, що знаходиться на межі допустимого.

Вважається, що при наведеній методиці оцінки точності деякі джерела похибок не вказують свого впливу через компенсацію при знаходженні різниць, тобто з різниць буде виключено систематичні похибки, які діють односторонньо для того самого прилада (в даному разі контрольного метра), і середня квадратична похибка одного вимірювання буде зменшеною. Це положення справедливе, при вимірюваннях в реальному середовищі з мінливими умовами. Якщо ж компарування відбувається в приміщенні при стабільних умовах, то саме відсутність систематичної похибки (в наведеному прикладі вона складає 0,02 мм) свідчить про надійність результатів, а її наявність – про небажане зовнішнє впливання чи неточність взяття відліків. При сумнівних результатах, а також для підвищення точності слід повторити компарування іншим контрольным метром. Найбільш об'єктивним результатом було б одержання поправки на двох

різних компараторах, створених за різними принципами: компарування на всю довжину рулетки і окремо кожного її метра. Цілком очевидно, що для цього треба спорудити зовнішній компаратор з ґрунтовими або стінними центрами, ретельно виміряти довжину інтервалів, скласти його паспорт та отримати відповідне свідоцтво.

Висновки:

1. при складанні нормативних документів необхідно приділяти увагу описанню методик виконання компарування металевих рулеток на різних видах компараторів для метрологічного забезпечення маркшейдерських вимірювань;
2. деякі розробки і зразки обчислень минулих видань мають помилки, які треба враховувати при користуванні цими нормативами;
3. на основі теоретичних міркувань показано правильну методику компарування за допомогою контрольного метра;
4. доцільно передбачити роботи по створенню мережі компараторів з приданням їм відповідного паспорту в регіонах, де виконуються маркшейдерські вимірювання.

Бібліографічний список

1. КД 12.06.203-2000 Маркшейдерські роботи на вугільних шахтах та розрізах. Інструкція. – Мінпаливенерго України, Київ, 2001. – С. 21–35.
2. Правила безпеки у вугільних шахтах: НПАОП 10.0 – 01 – 05. – К., 2005. – С. 413.
3. Инструкция по производству маркшейдерских работ. – М.: Недра, 1987. - С. 6–47.
4. Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ. – Л.: Недра, 1971. – 359 с.
5. Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ. – М.: Углетехиздат, 1959. – 368 с.
6. Папазов, М. Г. Теория ошибок и способ наименьших квадратов / М. Г. Папазов, С. Г. Могильный. – М.: Недра, 1968. – С. 46–49.

© Мирний В. В., Матлаєва І. В., 2011.

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы, связанные с методикой метрологического обеспечения маркшейдерских измерений металлическими рулетками при построении подземных опорных сетей. Указано на некоторые ошибки методики компарирования в предыдущих изданиях нормативных документов. Показаны правильные подходы к выполнению компарирования металлических рулеток.

Ключевые слова: компарирование, рулетка, ошибка, точность.

Abstract

The questions of method of metrological procurement of mine-surveying measuring by iron tape measure for construction of underground reference nets is discussed in this article. Some mistakes of method of standardization proposed by previous tissues of normative documents had been revealed. Correct methods of approaching to standardizations of iron tape measures are demonstrated.

Keywords: standardizations, iron tape, mistake, exaction.

Исследование качества известняков с целью оптимизации отработки Родниковского месторождения

Рогаченко А. М.^{*}, Волкова Т. П.

Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина

Поступила в редакцию 11.06.10, принята к печати 01.10.10.

Аннотация

Рассмотрено применение известняка в различных отраслях промышленности. Особое внимание уделено металлургии, где известняк используется в качестве флюса. Главной проблемой в этой области является уменьшение сырьевой базы качественного известняка для конверторного производства. Исследовано распределение качества известняков Родниковского месторождения Донецкой области. Установлены причины снижения их качества в соответствии с техническими требованиями промышленности. Сделаны рекомендации по дальнейшей послойной отработке Родниковского месторождения флюсовых известняков.

Ключевые слова: известняк, металлургическая промышленность, флюсы, качество, Родниковское месторождение, статистическая обработка, послойная отработка

Известняк весьма распространенная и довольно сложная по составу горная порода. Он встречается на всех материках, кроме Австралии. Мировая добыча известняков превышает 3 млрд. тонн. Украина до последнего времени полностью обеспечивала себя этим сырьем и удовлетворяла потребности металлургии России, Грузии, частично – Польши, Словакии. Основная часть запасов известняков расположена в Донецкой области и Автономной Республике Крым. Чистый известняк представляет собой химическое соединение кальция с кислородом (CaCO_3). Обычно он содержит различные примеси: магнезит, доломит, кварц, глину. Месторождения известняков представлены пластообразными толщами с простиранием до ста километров и мощностью до несколько тысяч метров. Продуктивная толща одного месторождения обычно состоит из отдельных пластов, различных по плотности, мощности, составу и качеству. Мощность отдельных слоев изменяется от нескольких сантиметров до нескольких метров (5–6 м и более) [1]. Известняк используют в металлургической, химической, строительной, сахарной отраслях промышленности и в сельском хозяйстве для очистки кислых дренажных вод, для десульфации потоков газа, для обработки грунтов и т. п.

В металлургической промышленности известняк необходим в качестве флюса. Флюс (плавень) – это неорганическое вещество, которое добавляют к руде при выплавке металлов для снижения температуры плавления. При этом происходит связывание силикатов и алюминатов с превращением их в шлак, который уже легко отделяется от расплавленного металла. В сталеплавильном производстве известняк применяется для очистки металла от примесей и повышения его качества [2].

Выбор флюса зависит от рода плавки и от состава руд. Известковый или магнезиальный плавень используют в девяти из десяти металлургических заводов. Чтобы ввести в шихту 100 частей извести, надо 178,6 частей известняка. Предварительный химический анализ породы составляет главную часть исследований флюсового материала [3]. Для известняков определяющими показателями качества являются показатели CaO , MgO , SiO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, S, P.

^{*} Для переписки: geolog-sasha@mail.ru.

При этом они должны иметь в своем составе наибольшее количество оксида кальция и как можно меньше вредных (серы, фосфора) и балластных (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) примесей (табл. 1).

Табл. 1. Требования промышленности к качеству известнякового сырья

Качественные показатели известняков	ТУ для промышленности				
	Доменное производство	Металлургическая промышленность	Сталеплавильная, ферросплавная промышленность	Производство строительной извести	Производство цемента
CaO, %	52,7	50	CaO+ MgO 51,0	47,6	45
MgO, %	1,2	3,5		3,36	2,0-4,0
SiO ₂ , %	2,5	4,0		8,0	
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ , %	0,47	3,0		3,0	
S·10 ⁻² , %	5,6	35			7-13,3
P·10 ⁻³ , %	3	6			20-44

Качество флюсового известняка определяется не только химическим составом, но и физико-механическими свойствами (крепостью, устойчивостью к стиранию и т. д.). Мелкозернистые, мощные, относительно пористые породы – наиболее применимы для изготовления флюсов [4]. Мел применяется редко. Доломит, содержащий в среднем 60 % углекислого кальция и 40 % углекислого магния, находит также применение при плавке. Он дает более легкоплавкие шлаки, чем чистый известняк. В доменном производстве флюс применяется для связки кремнезема железной руды. Чем меньше сам известняк содержит кремнезема, тем лучше. Сера и фосфор в известняковых флюсах являются вредными примесями в металле, поэтому они строго нормируются. Кварцевые и другие породы, содержащие кремнезем (песчаники, роговые обманки, гранаты, полевые шпаты, базальты и т. д.), применяются для плавления руд, богатых основаниями.

Силикаты легче чистого кварца вступают в соединения и плавятся. Плавиновый шпат действует на шлаки чрезвычайно разжижающим образом. Температура плавления шлака при этом также сильно понижается. Дороговизна плавинового шпата и разъедание стенок печи мешают его постоянному применению. В домну плавиновый шпат вводится в неординарных случаях. Глинистые сланцы, с большим содержанием алюмосиликатов, применяются в виде флюса для сильно известковистых руд. Железо присаживается при плавке свинцовых, сурьмяных, ртутных руд для разложения их на составляющие: $\text{PbS} + \text{Fe} = \text{Pb} + \text{FeS}$ [3].

В Украине, главным образом, известняк используют в металлургической промышленности. Внедрение новых технологических процессов в металлургии требуют повышения качества флюсового известняка по химическому составу и механической крепости [5]. Истощение запасов качественного сырья эксплуатируемых месторождений (Каракубское месторождение, Донецкая область) и закрытие карьеров в связи с обострением экологических проблем (Гасфортское месторождение, Крымский полуостров) потребовало экстренного ввода в эксплуатацию новых месторождений.

Главным районом разведанных запасов флюсовых известняков Украины, является зона сочленения юго-западной части Донецкой складчатой структуры с Приазовским блоком Украинского щита. Здесь сконцентрированы 38 % разведанных запасов флюсовых известняков и 20 % известняков доломитизированных. Продуктивной является моноклинально залегающая известняково-доломитная толща турнейского и визейского ярусов нижнего карбона мощностью до 500 м. Мощность карбонатной толщи колеблется от нескольких до 100 и больше метров.

Основным поставщиком известняка для конвертерного производства является Комсомольское рудоуправление. Его сырьевая база представлена Каракубским месторождением флюсовых известняков. Действующие карьеры – Северный, Южный, Жеголевский. Карьер Дальний полностью отработан и затоплен. Запасов Каракубского месторождения хватит до 2015 года при достигнутой мощности предприятия в 7 млн. тонн сырого известняка в год. Пополнение дефицита высококачественного флюсового сырья планируется за счет введения в эксплуатацию Родниковского месторождения.

В геолого-структурном отношении Родниковское месторождение известняков расположено в юго-западной части зоны сочленения складчатой структуры Донбасса с Приазовским мегаблоком Украинского щита. Оно приурочено к полосе распространения пород визейского и турнейского ярусов нижнего карбона, которые слагают южное крыло Кальмиус-Торецкой котловины. Продуктивными толщами также являются известняки турнейского и визейского яруса нижнего карбона. Мощность полезного ископаемого составляет 72,4 м на Восточном участке месторождения и 90,3 м – на Западном (подсчитаны запасы до горизонта –7 м). Отложения визейского яруса представлены, в основном, известняками. Турнейский ярус отличается чередованием слоев, главным образом, известняка, доломита, доломитизированных известняков с прослоями глинистых, окремненных известняков, сланцевых известняков. Карбонатные породы турнейского и визейского ярусов относятся к типу органогенных, преимущественно мелкодетритусовых, слабометаморфизованных пород. В них, как сингенетические образования, встречаются кремни разной формы. Это доказывает хомогенность процесса образования известняков. Большая роль химического процесса в образовании доломита подтверждается малым наличием и полным исчезновением ископаемой фауны в доломитизированных породах.

В зависимости от химического состава и содержания лимитирующих компонентов среди известняков Родниковского месторождения выделяются: ферросплавные, конверторные, доменные. При этом почти 70 % от всех запасов месторождения составляют конверторные известняки. Для контроля массовой доли SiO_2 карбонатные породы предварительно обжигаются в специальных обжигающих агрегатах с получением конверторного известняка. Запасы карбонатных пород Родниковского месторождения подсчитаны по данным предварительной разведки (табл. 2). Данные по состоянию запасов флюсовых известняков Родниковского месторождения предоставлены предприятием КП «Южукргеология» Приазовская КГРЭ.

Табл. 2. Общие запасы флюсового сырья Родниковского месторождения.

Категория запасов	Всего запасов тыс. тонн	В том числе известняк:					
		Доменный		Конверторный		Ферросплавные	
		%	тыс. т	%	тыс. т	%	тыс. т
C_1+C_2	249210,9		38160,6		195032,1		16018,2

Согласно проведенному подсчету запасов, большую часть месторождения составляют высококачественные конверторные известняки –195 млн. тонн. Доказана рентабельность отработки Родниковского месторождения.

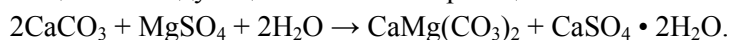
Высококачественный флюс должен иметь в своем составе наибольшее количество CaO и как можно меньше вредных (серы, фосфора) и балластных (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) примесей [6].

Для получения точных сведений о причинах и закономерностях изменчивости всех показателей качества известняков Родниковского месторождения, было проведено пространственно-статистическое исследование данных. Они представляют собой пространственно привязанные данные химических анализов секционных проб по пластопересечениям разведочных скважин. Выборка включает в себя 2270 секционных проб (при средней длине секции равной 2,0 м).

Содержание CaO является основным показателем качества известняков. По результатам проведенных анализов выявлено неоднородное распределение основного качественного показателя CaO в Родниковском месторождении (рис. 1).

Гистограммы изменчивости показателя CaO имеют ступенчатый одновершинный вид, что доказывает соответствие исследуемого признака зеркально-логнормальному закону распределения. Присутствие пустых интервалов свидетельствует о неоднородности геологической среды. Это связано со слоистым строением продуктивных толщ визейского и турнейского ярусов нижнего карбона, наличием карстовых пустот и разрывных нарушений. Размах между минимальным и максимальным значениями показателя CaO по пласту $C_{1vb}+c$ составляет (рис. 1 а) 7,06, а по продуктивной толще в целом –19,32 (рис. 1 б). При осреднении данных происходит значительное снижение его значений. Такое отличие объясняется тем, что в продуктивной толще месторождения, представленной отложениями визейского и турнейского

ярусов, встречаются некондиционные прослои пород известняка с низким содержанием CaO и непродуктивные добавки в виде аргиллитов, алевролитов, песчаника. Самые высококачественные известняки встречаются в стратиграфических пластах C₁vb+c, C₁td, C₁tb. Распределение изменчивости качественного показателя MgO – зеркальнообратно изменчивости показателя CaO. Это вызвано зависимостью содержания MgO в толще известняков от интенсивности процессов доломитизации по следующей химической реакции:



При этом Mg^{2+} замещает Ca^{2+} в кристаллической решетке известняка CaCO_3 .

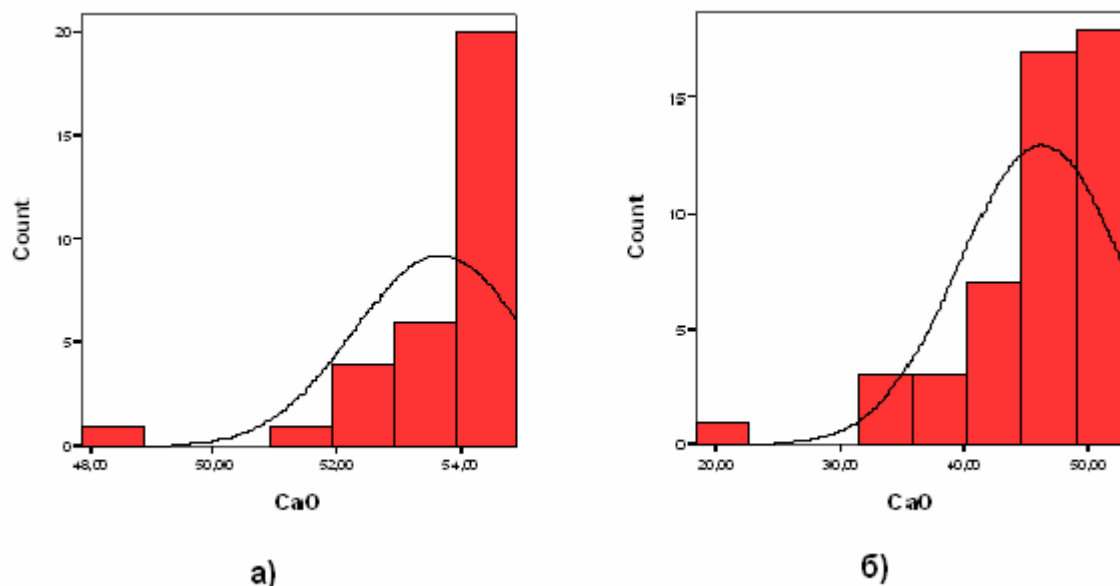


Рис. 1. Гистограмма изменчивости показателя CaO в Родниковском месторождении а) по пласту C₁vb+c; б) по всем слоям продуктивной толщи.

Изменение значения основного показателя качества (CaO+ MgO) на Родниковском месторождении находит объяснение не только в слоистом строении продуктивной толщи, но и в химизме протекающих процессов доломитизации, окремнения, кальцитизации и выщелачивания.

Наличие значимой отрицательной корреляционной связи между показателями CaO и MgO ($r = -0,6$, при уровне значимости $\alpha = 0,05$) объясняется замещением оксида кальция оксидом магния в процессе доломитизации породы. Основная часть доломитизированных пород образовалась на стадии седиментации карбонатных отложений и связана с процессами диагенетической доломитизации. Также имеет место эпигенетическая доломитизация, вызываемая действием подземных вод, обогащенных магнием. Она приурочена к трещиноватым известнякам и карстовым пустотам.

Отрицательная корреляционная связь CaO и SiO₂ ($r = -0,31$) объясняет ухудшение качества, связанное с окремнением известняков. В карбонатных породах, слагающих Родниковское месторождение, в виде сингенетических образований встречаются кремни разной формы. Причиной возникновения кремния в известняках являются химические реакции, происходящие на стадии седиментации известняков в карстовых пустотах, способствующих протеканию процесса окремнения. Карстовые пустоты возникли в результате размыва толщи грунтовыми и поверхностными водами, особенно вблизи тектонических нарушений. Карстовые полости, в зависимости от связи с поверхностью, могут быть заполнены рыхлыми песчано-глинистыми отложениями. Это объясняет наличие значимой отрицательной связи ($r = -0,3$) между CaO и вредными примесями Al₂O₃+Fe₂O₃.

Проведен пространственный анализ распределения качественного показателя CaO (рис. 2).

Значение показателя оксида кальция на востоке распространено крайне неравномерно. Поле карты распределения показателя CaO имеет сложное строение, что подтверждается наличием нескольких минимумов и максимумов, неравномерно размещенных на месторождении. Большую часть карты занимают известняки с процентным содержанием CaO равным 46–48 %,

которое ограничивает применение известняков в металлургической промышленности (табл. 1). В центре описываемой территории наблюдается чередование минимумов и максимумов содержания показателя. Минимальные значения показателя CaO (<35 %) приурочены к южной части Родниковского месторождения, что объясняется прохождением субгоризонтального тектонического разрывного нарушения и выходом на поверхность протерозойского гранитоидного массива. Максимальное значение CaO в центре исследованной территории подтверждается геологическим строением участка. Здесь расположены наиболее качественные известняки, имеющие большую мощность и малую долю примесей вредных компонентов (SiO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, S, P). Отсутствуют тектонические нарушения и карстовые пустоты.

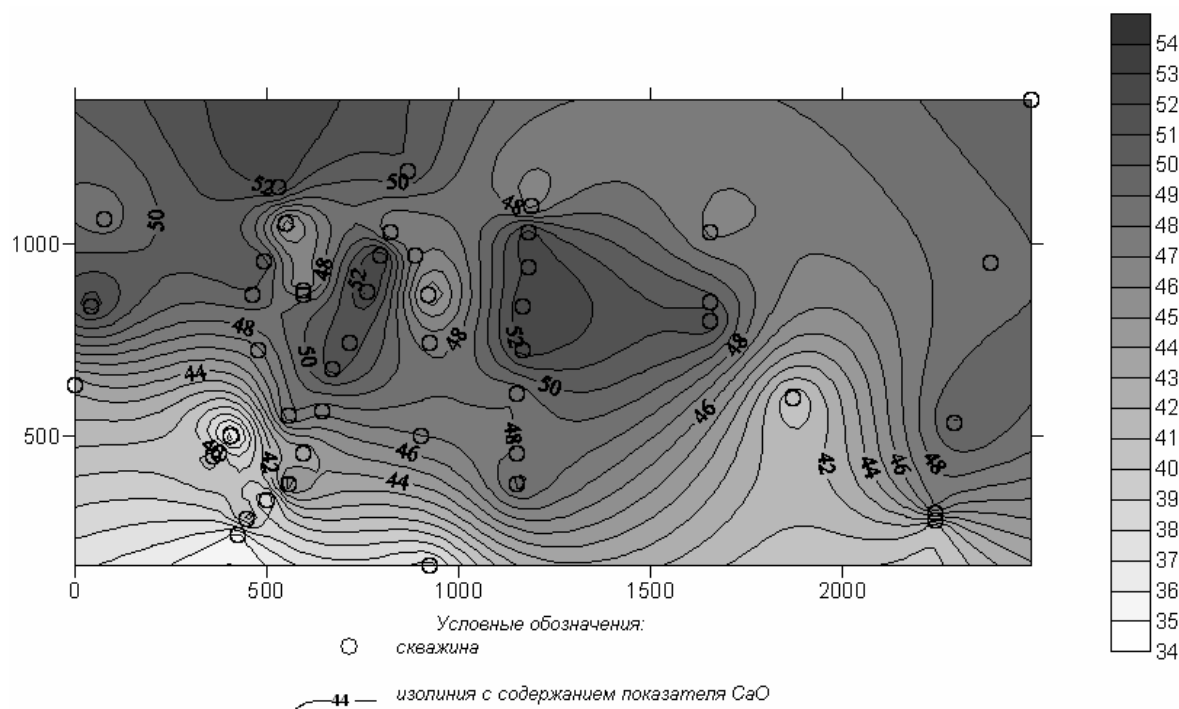


Рис. 2. План распределения показателя CaO в продуктивной толще восточного участка Родниковского месторождения.

Табл. 3. Значения качественных показателей известняков восточной части Родниковского месторождения.

Качественные показатели известняков	Среднее значение показателей качества по всей продуктивной толще	Средние значения показателей качества по стратиграфическим пластам продуктивной толщи						
		C_{1vd}	C_{1vb+c}	C_{1va}	C_{1td}	C_{1tc}	C_{1tb}	C_{1ta}
CaO	46	50	54	48	52	49	52	43
MgO	3,9	0,9	0,8	1,85	1,7	4,7	10,9	6
SiO_2	4,33	8,2	1,75	7	2,3	1,8	4	8,1
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	1,22	0,6	0,4	2,0	0,6	0,7	1,7	2,9
$\text{S} \cdot 10^{-2}$	15	8	5	33	8	9	19	33
$\text{P} \cdot 10^{-3}$	5	7	3	4	6	5	6	5

По результатам химического анализа послойно исследовано изменение качества известняков на месторождении. Выявлены слои с повышением и понижением качественных характеристик полезного ископаемого, исследованы причины их изменения. Для разработки рекомендаций по оптимальной отработке известняков Родниковского месторождения проведено сравнение послойного значения каждого из показателей качества с его осредненным на всю мощность толщи значением (табл. 3). Как видно из таблицы, при осреднении значений показателей на всю мощность продуктивной толщи месторождения происходит снижение

качества, в сравнении с послойными значениями: полезные компоненты (CaO и MgO) уменьшаются; вредные – увеличиваются.

Таким образом, установлено, что при отработке продуктивной толщи Родниковского месторождения на всю мощность происходит снижение качества полезного ископаемого (табл. 3). В связи с отличием требований к качеству, для различных отраслей промышленности по отдельным слоям пород месторождения, рекомендуется подсчитывать запасы для каждого конкретного потребителя отдельно. Такая технология селективной отработки толщи обоснована для месторождений нерудного сырья [7].

Отработку Родниковского месторождения следует проводить послойно с учетом различия строения стратиграфических пластов продуктивной толщи. В этом случае, сорт будет соответствовать техническим условиям определенной промышленности. Известняки возраста $C_{1vb}+c$ соответствуют техническим условиям для доменного, металлургического, сталеплавильного производства. Известняки C_{1td} могут использоваться в качестве сырого материала для металлургии. Породы возраста C_{1vd} , C_{1tc} , C_{1tb} могут применяться в сталеплавильной, ферросплавной промышленности, производстве строительной извести и цемента.

Бібліографічний список

1. Ляхов, Г. М. Нерудные ископаемые – известняки, глины, обломочные горные породы./ Науч. ред. Г. М. Ляхов, Н. Д. Рождественский; Бюро технической информации.– М., 1948.– 116 с.
2. Салов, И. Н. Известняки Смоленской области./ Науч. ред. И. Н. Салов. – Смоленская область, 1952. – 56с.
3. Митинский, А. В. Флюс, в металлургии [Электронный ресурс]: Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург, 1890—1907 – Режим доступа: http://ru.wikisource.org/wiki/ЭСБЕ/Флюс_в_металлургии.. – Загл. с экрана.
4. Постникова, И. Е. Методы изучения карбонатных формаций платформенных областей./ Науч. ред. В. А. Крыжановский, И. Е. Постникова – М., 1988, – 205 с.
5. Михайлов, В. А. [Электронный ресурс]: электрон. ст. (1 файл 115,51 Кб) / В. А. Михайлов, М. М. Курило, Н. Ю. Галкина. // Определение зависимости между рентабельностью горнодобывающих предприятий и технико-экономическими характеристиками отечественных месторождений флюсового карбонатного сырья. – 2009. – Загл. с титул. экрана. – Свободный доступ из сети Интернет. – http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/znpigns/2008_16/Mykhailov.pdf
6. Блоха Н. Т. Карбонатные породы производства строительной извести./ Науч. ред. В. С. Марков, Н. А. Быховер, Н. А. Хрущов, Н. Т. Блоха, В. И. Бирюкова, М. Б. Григорович, В. М. Гаврилова, В. И. Кольбах, Н. Д. Меркурьев, Н. И. Мирочников; М-во геол. СССР, АН СССР. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т экономики минер. сырья и геол.-развед. работ.– М.: Недра, 1980. – 52 с.
7. Волкова Т. П. Методика геолого-технологического картирования месторождений каолинов./ Т. П. Волкова, А. С. Вершинин // Горный журнал. Известия 1393.6, 1993. - № 4. – С. 12-18.

© Рогаченко А. М., Волкова Т. П., 2011.

Анотація

Розглянуте застосування вапняку в різних галузях промисловості. Особлива увага приділена металургії, де вапняк використовується як флюс. Головною проблемою в цій області є зменшення сировинної бази якісного вапняку для конверторного виробництва. Досліджений розподіл якості вапняків Родниківського родовища Донецької області. Встановлені причини зниження їх якості відповідно до технічних вимог промисловості. Зроблені рекомендації щодо подальшого пошарового відробітка Родниківського родовища флюсових вапняків.

Ключові слова: вапняк, металургічна промисловість, флюси, якість, Родниківське родовище, статистична обробка, пошаровий відробіток.

Abstract

It's examined an application of the limestone in different branches of industries. Much prominence is given to the metallurgy, where limestone is used as a flux. The main problem in this area is the reduction of a raw-material base of qualitative limestone for the converter production. It's investigated a distribution of limestone quality of Rodnikovskoje deposit of Donetsk region. There were established the factors, decreasing their quality, according to the industry technical requirements. Recommendations are done on a further bench working of Rodnikovskoje deposit.

Keywords: limestone, metallurgy, flux, quality, Rodnikovskoje deposit, statistical treatment, bench working..

УДК 622.23

Совершенствование технических средств для откачки жидкости из скважин

Пилипец В. И.^{*}, Брегида Л. Б.

ДВНЗ «ДонНТУ», Донецк, Украина

Поступила в редакцию 14.06.10, принята к печати 01.10.10.

Аннотация

Разработана усовершенствованная конструкция импульсного насоса для водоснабжения из буровых скважин, а также математическая модель работы насоса и технология использования

Ключевые слова: откачка, скважина, насос.

Развитие народного хозяйства и повышение благосостояния людей требует увеличения промышленного, сельскохозяйственного и бытового водоснабжения, одним из основных источников которого являются подземные воды, добываемые из пробуренных скважин. В настоящее время в связи с сокращением ресурсов поверхностных вод использование подземных вод для различных целей значительно увеличивается. Однако из-за отсутствия надежной водоподъемной техники в большинстве стран мира сейчас эксплуатируется только незначительная часть запасов подземных вод.

На Украине и за рубежом используется много разнообразных технических средств для искусственного подъема жидкости, разработанных для различных условий эксплуатации, отличающихся конструктивно и по принципу действия.

Одними из наиболее перспективных подъемников жидкости, удовлетворяющих различным условиям эксплуатации, являются погружные поршневые насосы с гидравлическим приводом и в частности простые в изготовлении и эксплуатации импульсные поршневые насосы, изменяющие энергию жидкости за счет изменения давления.

Важной особенностью гидроприводных импульсных насосов является их способность передавать большое количество энергии с потоком жидкости, имеющим сравнительно небольшой расход, но высокое давление. Эта особенность позволяет создавать мощные агрегаты небольших габаритов для скважин малых диаметров.

В таких насосах вытеснение жидкости происходит поршнем, который перемещается вниз энергией давления жидкости от насоса, установленного на поверхности, а в исходное верхнее положение перемещается возвратной пружиной.

существующие конструкции импульсных насосов, имеют ряд недостатков, которые затрудняют их широкое использование при откачке жидкости из скважин, а именно сложности обеспечения четкого взаимодействия между погружным и наземным оборудованием, поскольку связь между ними осуществляется через столб упругой инерционной жидкости, т. к. распределительное устройство управления поршнем импульсного насоса обычно располагается на поверхности.

С целью устранения существующих недостатков, предлагается усовершенствованный импульсный насос НИМ-73 (рис.1) для подъема жидкости из скважин различного диаметра, а также методика расчета рабочих и технологических параметров насосной установки.

В отличие от существующих конструкций в предлагаемом насосе золотниковый узел установлен непосредственно в погружном насосе, что повышает надежность связи между наземным насосом, подающим рабочую жидкость и поршнем импульсного погружного насоса.

Конструкция насоса простая и позволяет изготовить его в мастерских геологоразведочных предприятий.

^{*} Для переписки: ttgr@pop.dgtu.donetsk.ua

При использовании разработанного импульсного погружного насоса возможны различные схемы его установки в скважине в зависимости от заданных условий эксплуатации (с двойной колонной труб, с одной колонной и пакером и др.). При откачке жидкости из скважин малого диаметра импульсный поршневой насос целесообразно опускать на силовых трубах и устанавливать в специальное седло пакера.

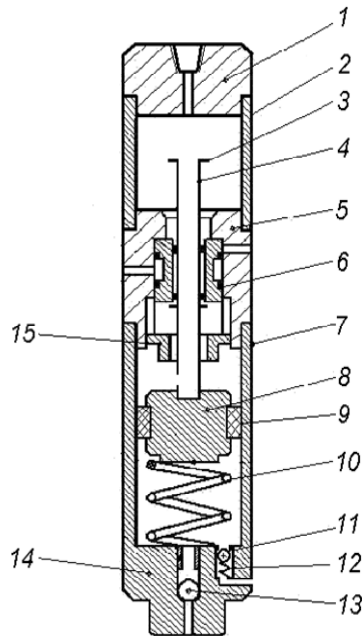


Рис.1. Импульсный поршневой насос НИМ-73

При использовании любой схемы погружной насос на бурильных трубах опускается в скважину и устанавливается в скважине ниже динамического уровня не менее чем на 10м.

Насос состоит из соединительного переходника 1, корпусов 2, 7 в которых размещен поршень 8 с резиновой уплотнительной манжетой 9. Поршень 8 опирается на возвратную пружину 10. В верхней части поршня 8 установлен шток 4 с упором 3. В клапанной коробке 14 расположены всасывающий 13 и нагнетательный 12 клапаны с пружиной 11. Над поршнем установлена золотниковая коробка 5 с боковыми отверстиями, перекрываемые золотником 6. Золотниковая коробка закрыта нижней крышкой 15.

В исходном положении пружина 10 удерживает поршень 8 и шток 4 в верхнем положении. При этом шток 4 нижним выступом перемещает золотник 6 вверх, отключая надпоршневую полость от подъемных труб.

Приводная жидкость от наземного силового насоса подается по колонне силовых труб через центральное отверстие в штоке 4 в надпоршневую полость цилиндра погружного насоса. Давление силовой жидкости, действуя на поршень 8, перемещает его вниз, сжимая пружину 10. Откачиваемая жидкость через нагнетательный клапан 12 вытесняется в подъемные трубы. При движении поршня 8 вниз,

золотник 6 удерживается в верхнем положении давлением приводной жидкости, т.к. усилие на золотник снизу будет больше на величину разности его рабочих площадей.

В нижнем положении шток 4 верхним выступом 3 упирается в золотник 6 и перемещает его вниз. При этом надпоршневая полость насоса соединяется с подъемными трубами. Приводная жидкость через боковое отверстие в золотниковой коробке 5 подается в подъемные трубы. Давление в надпоршневой полости падает, и пружина 10 перемещает поршень 8 вверх. Жидкость из скважины через всасывающий клапан 13 поступает в подпоршневую полость цилиндра насоса. Нижний выступ штока упирается в золотник 6 и перемещает его вверх. Цикл заканчивается.

Для определения рабочих, конструктивных и технологических параметров насосной установки в целом предлагается упрощенная методика расчетов.

Число двойных ходов поршня импульсного насоса определяется из выражения:

$$n = \frac{Q_n}{F_n S K_0}, \quad (1)$$

где Q_n – подача насоса, м³/мин; S – ход поршня, м; K_0 – коэффициент утечек жидкости в погружном насосе; F_n – площадь поперечного сечения поршня, м².

Количество рабочей жидкости для привода импульсного насоса определяется из выражения:

$$Q_p = \frac{Q_n}{2 K_p K_o}, \quad (2)$$

где K_p – коэффициент использования рабочей жидкости.

Давление наземного приводного насоса определяется по формуле:

$$P_n = \frac{2 S (P_n F_n - P_o F_u + T)}{Q_p t_u} - P_a + \gamma_{cm} H + \frac{V_c \gamma_c \lambda_c L_c}{2 g d_c}, \quad (3)$$

где P_n , P_a – давление жидкости в подъемных трубах и атмосферное давление соответственно, Па.

$$P_n = P_a + \gamma_{cm} H + \frac{\lambda_n \gamma_{cm} L V_n^2}{(D_n^6 - d_c^6) 2 g}, \quad (4)$$

где P_u – давление откачиваемой жидкости на изливе. Принимаем $P_u = P_a = 10^5$ Па; γ_{cm} – удельный вес смешанной жидкости в подъемном трубопроводе, Н/м³; H – глубина откачки; L_c – длина силового трубопровода, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; T – сила трения между поршнем и цилиндром, Н. $T = G_n / 2$; G_n – вес поршневой группы, Н. $G_n = m_n g$; m_n – масса поршневой группы, кг; λ_n – коэффициент гидравлических сопротивлений в подъемном трубопроводе.

$$\lambda_n = a \left[\frac{d_1^2}{d_2^2} - 1 \right]^2, \quad (5)$$

где a – опытный коэффициент. Для ниппельного соединения труб $a = 1,5$; d_1 , d_2 – соответственно внутренний диаметр труб и соединений, м; V_n – скорость течения жидкости в подъемном трубопроводе, м/с.

$$V_n = \frac{4 Q_p}{\pi (d_n^2 - D_c^2)}, \quad (6)$$

где d_n , D_c – соответственно внутренний диаметр подъемных труб (или скважины при использовании пакера) и наружный диаметр силовых труб, м; L – длина подъемных труб, м; P_s – давление жидкости со стороны всасывания погружного насоса, Па.

$$P_s = P_a + \gamma_d H_1 - \frac{\gamma_d V_s^2 (1 + K_s)}{2 g}, \quad (7)$$

где γ_d – удельный вес откачиваемой жидкости, Н/м³; H_1 – величина погружения гидронасоса ниже динамического уровня жидкости в скважине, м; K_s – коэффициент сопротивления жидкости во всасывающем трубопроводе; V_s – скорость течения жидкости во всасывающем трубопроводе, м/с.

$$V_s = \frac{4 Q_p}{\pi (d_n^2 - D_n^2)}, \quad (8)$$

где D_n – наружный диаметр насоса, м; F_u – площадь поперечного сечения штока, м²; t_u – время рабочего цикла движения поршневой группы насоса, с. $t_u = \frac{2 S}{V_{cp}}$; V_{cp} – средняя скорость

возвратно-поступательного движения поршневой группы, м/с. $V_{cp} = \frac{4 Q_p}{D_n^2}$; D_n – диаметр

поршня, м; V_c – скорость течения жидкости в силовом трубопроводе, м/с. $V_c = \frac{4 Q_p}{d_c^2}$; d_c –

внутренний диаметр силового трубопровода, м; λ_c – коэффициент гидравлических сопротивлений

в силовом трубопроводе. $\lambda_c = a \left[\frac{d_1^2}{d_2^2} - 1 \right]^2$; a – опытный коэффициент. Для муфтово-замкового соединения труб $a = 2$; γ_c – удельный вес жидкости в силовом трубопроводе, Н/м³.

При определении силы возвратной пружины погружного насоса составляется уравнение сил, действующих на возвратную пружину при перемещении поршня вверх:

$$- P_p F_n - G_n - T + P_s F_n + P_2 = 0 \quad (9)$$

где P_p – давление жидкости в рабочем трубопроводе перед пружиной, Па. $P_p = H \gamma_c$; P_2 – сила пружины для возвращения поршня насоса вверх, Н.

$$P_2 = P_p F_n + G_n + T - P_s F_n. \quad (10)$$

Зная P_2 параметры пружины определяются по общепринятой методике.

Расчетные параметры возвратной пружины в зависимости от заданной величины хода поршня приведены в табл.1.

Табл. 1. Некоторые параметры возвратной пружины

Параметры пружины	Ход поршня насоса, м			
	0,5	1	1,5	2
Наружный диаметр, мм	45	45	45	45
Диаметр проволоки, мм	5	5	5	5
Жесткость витка, кг/мм	4,86	4,86	4,86	4,86
Сила предварительного натяга, Н	100	100	100	100
Сила пружины при максимальной деформации, Н	470	470	470	470
Жесткость пружины, Н/м	553	276,5	184	138
Рабочая деформация пружины, мм	500,0	1000,0	1500,0	2000,0
Число рабочих витков пружины, шт	18	35	53	71
Шаг пружины, мм	9,8	9,8	9,8	9,8

При выборе пружины нагнетательного клапана насоса учитывается, что сила пружины должна выдерживать вес клапана $G_{кл}$ и столба жидкости над поршнем при движении поршня вверх. С учетом этого уравнение сил, действующих на пружину, имеет вид:

$$P_{кл} - G_{кл} - P_v F_{кл} + P_n F_{кл} = 0 ; \quad (11)$$

где $P_{кл}$ – сила клапанной пружины, Н.

Отсюда $P_{кл} = G_{кл} + P_v F_{кл} - P_n F_{кл}$.

$$G_{кл} = m_{кл} g , \quad (12)$$

где $m_{кл}$ – масса клапана, кг; $F_{кл}$ – площадь поперечного сечения клапана, м².

Зная силу клапанной пружины $P_{кл}$, которая зависит от глубины откачки можно выбрать конкретные параметры клапанной пружины для конкретных условий эксплуатации погружного насоса.

Известно, что для обеспечения износостойкости резиновых уплотнительных элементов гидравлических механизмов, в частности поршня насоса скорость его перемещения не должна превышать 2-2,5 м/с. Таким образом, оптимальное число двойных ходов поршня импульсного насоса должно составлять 60-70 ходов в минуту, что обеспечивает подачу насоса до 250 л/мин.

Разработанные графики зависимости давления приводного насоса от величины заглубления погружного импульсного насоса ниже уровня откачиваемой жидкости в скважине, дают возможность оперативно без вычислений прогнозировать допустимую величину снижения уровня жидкости в скважине при проведении откачки. Величину снижения уровня жидкости в скважине в процессе откачки необходимо постоянно измерять уравнимером.

Расчёты показывают, что при правильном выборе приводного насоса существует возможность разработанным импульсным насосом откачивать жидкость из глубины до 1000 м.

Библиографический список

1. Пилипец В.И. Насосы для подъема жидкости. – Донецк: РИА, 2000. с.241.
2. Пилипец В.И. Применение погружных насосов с гидроприводом для откачки жидкости из буровых скважин. – Свердловск: СПИ. В кн.: Совершенствование техники и технологии бурения скважин на твердые полезные ископаемые. 1981.
3. Неудачин Г.И., Пилипец В.И., Фоменко В.С., Зыбинский П.В. Погружной бесштанговый насос для откачки жидкости из скважин. – Москва: «Разведка и охрана недр», 1976, № 9.
4. Неудачин Г.И., Пилипец В.И., Фоменко В.С., Зыбинский П.В. Результаты разработки погружных гидроприводных поршневых насосов для откачки жидкости из стволов шахт и буровых скважин. – Белгород: В кн.: "Техника и технология бурения скважин эксплуатационной разведки на карьерах и шахтах КМА", 1976.
5. Неудачин Г.И., Пилипец В.И. Погружной бесштанговый насос для подъема воды из буровых скважин. «Гидротехника и мелиорация», № 7, 1981.

© Пилипец В. И., Брегида Л. Б., 2011.

УДК 550.81:553.94(477.62)

Структурно-тектонифизическая позиция скоплений метана в угленосных отложениях Донецко-Макеевского района

Корчемагин В. А. *, Павлов И. О., Никитенко А. В.

ДВНЗ «ДонНТУ», Донецк, Украина

Поступила в редакцию 14.06.10, принята к печати 01.10.10.

Аннотация

На основании анализа геологических материалов и тектонифизических исследований в статье делается вывод о том, что в Донецко-Макеевском районе существенные скопления газа в угленосной толще контролируются крупными пликативными структурами. В пределах этих структур наиболее перспективны участки, деформация которых происходила в условиях растяжения.

Ключевые слова: угленосные отложения, газоносность, складчатые структуры, поля напряжений и деформаций

Одной из основных проблем при разработке угольных месторождений является содержащийся в угленосных отложениях метан. Повышенное содержание метана при подземной разработке угольных пластов имеет одновременно негативный и позитивный аспекты. Негативное влияние выделения метана проявляется, прежде всего, в ухудшении условий безопасности горных работ. Это и возникновение опасности взрывов метановоздушной смеси, рост потребностей в свежем воздухе для проветривания, что в свою очередь обуславливает увеличение скорости движения воздуха, рост его запылённости и существенно повышает затраты электроэнергии на вентиляцию. Выделение больших объёмов метана в шахтах уменьшает скорость продвижения подготовительных и очистных забоев, что ограничивает эффективность применения прогрессивной технологии и новой техники и существенно ухудшает технико-экономические показатели работы шахт.

В тоже время, высокогазонасыщенные угольные пласты и породы угленосной толщи могут служить источниками добычи углеводородных газов с последующим использованием их в качестве теплоэнергоснабжителя. В настоящее время уже существуют техника и технологии, позволяющие экономически эффективно добывать и использовать этот газ. Многие угольные месторождения начинают рассматриваться как комплексные, газово-угольные. Для них определяются ресурсы и подсчитываются запасы газа. Так, одним из наиболее перспективных в этом отношении, считается Донецко-Макеевский район. Лишь в угольных пластах и прослойках одного этого района по разным оценкам содержится от 120 до 200 млрд.м³ метана [1,2]. Ресурсы же всей угленосной тощи ещё выше.

Донецко-Макеевский район характеризуется сложной геологической структурой, которая обусловлена пересекающимися разрывами и складками двух ориентировок: северо-западными – субширотными (продольными) и субмеридиональными – северо-восточными (поперечными). Среди складчатых дислокаций, прежде всего, выделяются поперечные флексуры Ветковская,

* Для переписки: ttgr@pop.dgtu.donetsk.ua

Чайкинская, Калиновская и Ясиновско-Ждановская. Среди складок особый интерес представляют брахискладки (купола): Верхнекальмиусский, Чайкинский, Калиновский, Зуевский (рис.1).

Все эти купола сконцентрированы на продолжении Южной антиклинали в полосе параллельной основным линейным складкам Донбасса. Ось всего ряда складок погружается к северо-западу, в сторону Кальмиус-Торецкой котловины. Если две восточные складки картируются на уровне современного эрозионного среза по выходам сит C_2^2 , C_2^3 (Зуевская) и C_2^6 , C_2^7 (Калиновская), то Чайкинский купол на поверхности проявляется лишь слабым изгибом пород свит верхнего карбона C_3^1 и C_3^2 . Самая западная из выделенных складок (Верхнекальмиусская) в структурном отношении представляет собой полукупол (или «структурный нос») и на геологической карте никак не отображается. Она фиксируется на полях шахт «Щегловская-Глубокая» и им.А.Ф.Засядько по гипсометрии основных рабочих пластов, на глубинах более 1350-1400 м от поверхности.

Основными пластами-коллекторами газа в угленосной толще являются угольные пласты и песчаники. Содержащийся в них газ, может находиться в свободном и сорбированном состоянии. В углях газ находится преимущественно в сорбированном состоянии. Количество свободного газа в порах и трещинах углей не превышает 20-35% общей их газаносности. В породах, напротив, практически весь газ находится в свободном состоянии.

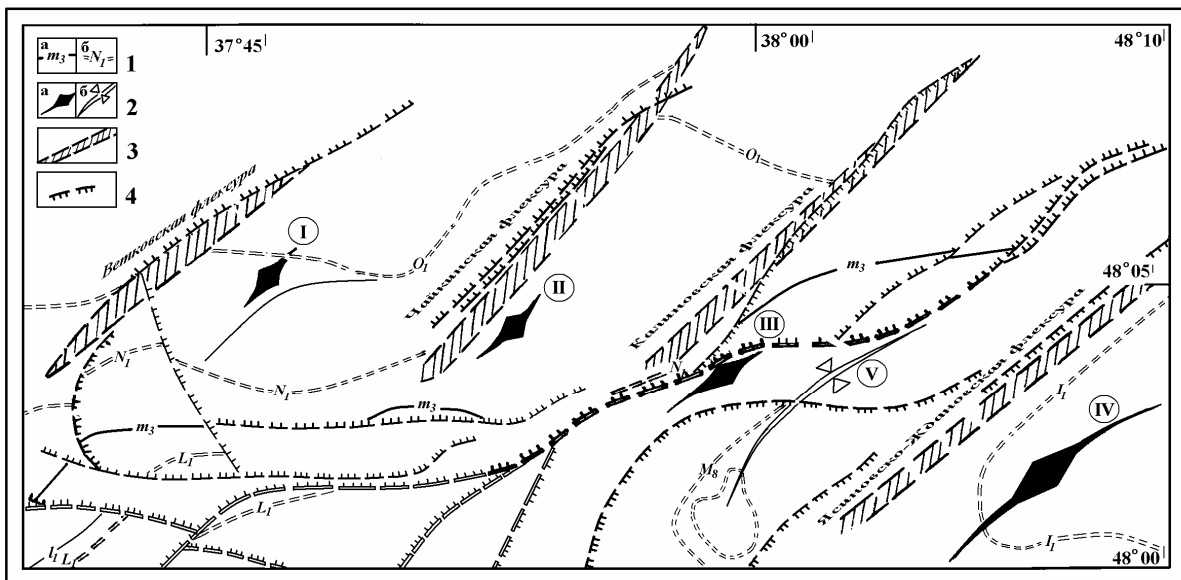


Рис. 1. Геолого-структурная схема северной части Донецко-Макеевского района.

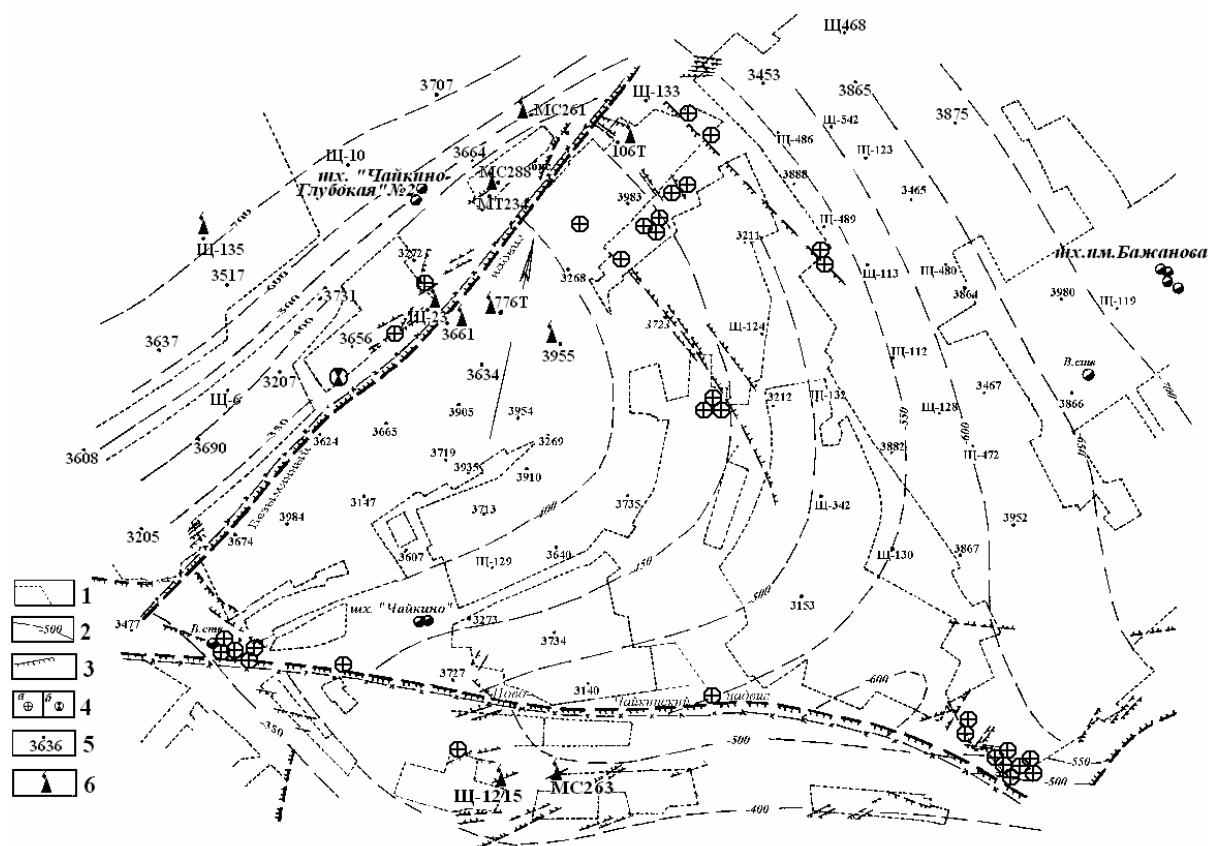
- 1 – маркирующие горизонты: угли (а), известняки (б); 2 – оси складок: а) антиклинальных (I – полукупол Верхнекальмиусский; II – Чайкинский купол, III – Калиновский купол, IV – Зуевский купол), б) синклинальных (V – Макеевская синклиналь); 3 – флексуры; 4 – тектонические разрывы.

Определения величин абсолютной, открытой и эффективной пористости, газопроницаемости пород параллельно и перпендикулярно напластованию, проведенные в Донецко-Макеевском районе Донбасса, показали, что они практически газонепроницаемы и обладают низкой открытой пористостью от 0,6 до 9,4% (для песчаников в интервале глубин от 160 до 1400 м). На тех же глубинах газопроницаемость изменяется в пределах от 0,0 до 1,34 млрд. [3-5]. Есть все основания полагать, что с глубиной эти показатели ещё меньше. Низкая пористость и проницаемость свидетельствует о том, что свободный газ в породах может находиться в основном в трещинах различного генезиса. Массовое развитие трещин, в свою очередь, возможно лишь в зонах различных тектонических дислокаций (пликативных и дизъюнктивных). Поэтому

наибольший интерес при поисках промышленных скоплений метана в этом районе могут представлять лишь структурные и структурно-тектонические ловушки.

Именно в пределах подобных структур фиксировались значительные скопления свободного газа (газопроявления в скважинах, газодинамические явления в горных выработках и т. п.).

Например, при разведочном бурении в зоне Чайкинской флексуры повышенная газоносность отмечается в алевропесчаных толщах в стратиграфическом интервале от пл. m_3 до пл. m_2 . Здесь же при перебурке скважиной Ш-23 песчаника k_8Sl_1 произошел описанный во многих литературных источниках [3-7] выброс газа. Газовый фонтан достигал высоты почти 20 м. Продолжительность газовыделения составила около 7 лет. Всего же на флексуре зафиксировано более 10 скважин с газопроявлениями разной продолжительности (от 1 месяца до 5-7 лет).



Макеевскому району – $13 \text{ м}^3/\text{мин.}$ или $18,7 \text{ тыс.м}^3/\text{сутки}$ [3]. Полученный дебит сопоставим с минимальным дебитом скважин промышленных месторождений газа.

Продолжительность действия многих скважин достигала 3-5 лет. За 3 года объём извлеченного здесь газа составил $44,5 \text{ млн.м}^3$.

В опущенном крыле флексуры, в районе 3-й северной лавы, после взрыва метано-воздушной смеси 16 мая 1987 г. работами УкрНИИГаз было установлено, что над этой лавой в песчаниках горизонта $m_4^0 Sm_4^1$ находится литологически ограниченная и тектонически экранированная сместителем Безымянного надвига газовая залежь с ориентировочными запасами 50 млн.м^3 [3].

Аналогичная ситуация с газом наблюдается и на шахте им.А.Ф.Засядько. Высокая степень газоносности углей ($20 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$ и выше) и газонасыщенности угленосных отложений в зоне Ветковской флексуры, проявила себя серией свободных газовыделений из разведочных скважин, пробуренных в сводовой части флексуры и Верхнекальмиусского полукупала. Для уменьшения поступлений газа в горные выработки и целенаправленной добычи метана помимо поземных, проходились дегазационные скважины с дневной поверхности. Скважины обычно функционировали до 4-5 лет, со средним дебитом $1000-3300 \text{ м}^3/\text{сутки}$. За указанный период каждой из них извлекалось от 450 тыс. до $4,0-7,7 \text{ млн. м}^3$ газа. Максимальные дебиты скважин отмечены в сводовой части флексуры и на западном крыле шахтного поля, осложненном Ветковским надвигом.

В пределах Калиновской флексуры и одноименного купола также зафиксированы многочисленные газопроявления в скважинах (например, в скв. МС-178, МС-62, МС-64, МС-65, МС-69, МС-50, 3167 и др.).

В западной части Зуевского купола в настоящее время шахтой «Кировская-Западная» отрабатывается угольный пласт h_{10}^B . Пласт характеризуется аномальной для данной марки (Т) и глубины природной газоносностью, которая достигает $35-40 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$. И хотя работы ведутся на глубинах, не превышающих 300-350 м, после каждой первичной посадки основной кровли происходит обильное выделение метана из залегающего в кровле песчаника и загазирование выработок.

Т.о. все эти дислокации (и флексуры, и купола) можно рассматривать для Донецко-Макеевского района в качестве потенциальных структурных ловушек 1-го порядка. В дальнейшем в пределах выделенных участков объектами разведки могут являться пласты-коллекторы (особенно с повышенной природной газоносностью) в пределах локальных ловушек структурно-тектонического и структурно-литологического типа. Для их прогноза на начальных этапах поисков может применяться комплекс различных структурно-геологических и геофизических исследований. Весьма перспективными при этом могут оказаться тектонофизические методы.

Существующие тектонофизические методики в настоящее время позволяют реконструировать целый ряд параметров полей напряжений и деформаций. Это, прежде всего, пространственная ориентировка осей главных нормальных напряжений, главных осей деформаций, значение коэффициента Лодэ-Надаи ($\mu_{\sigma,\epsilon}$), отражающего вид напряженного состояния, а также значение Z-компоненты (Z-компонента – проекция оси удлинения ϵ_1 на вертикальную плоскость; отражает движения дневной поверхности при деформации горного массива).

Тектонофизические исследования для решения различных задач уже на протяжении многих лет проводятся во многих районах Донбасса, в том числе и в Донецко-Макеевском. Наиболее широко при этом используется кинематический метод. Исходными материалами для реконструкции параметров полей напряжений и деформаций в этом случае являются данные о пространственной ориентировке и кинематике трещинно-разрывных структур. Для Донецко-Макеевского района были выполнены замеры более 2000 тектонических трещин и разрывов, что позволило реконструировать основные параметры полей тектонических напряжений и деформаций. В последние годы были отстроены карты пространственного распределения этих

параметров [8]. Для этого использовалась программа GEOS, разработанная в ИФЗ и Геологическом институте РАН О.И.Гущенко и А.О.Мострюковым. Суть самой методики описана в работе [9]. В качестве примера на рисунке 3 приведена одна из подобных карт - карта поля деформаций и траекторий оси максимального укорочения ε_3 для Донецко-Макеевского района. В целом, ось укорочения ориентирована в северо-западном – близмеридиональном направлении (аз.пр.330-350°). Ориентация осей может сильно изменяться в разных крыльях крупных региональных разрывов. Часто одна из осей занимает положение параллельное плоскости разрыва.

На приведенной карте достаточно отчетливо проявляется зональность восстановленного поля деформаций. На севере преобладает взбросовый, на юге – сбросовый тип поля. В средней части района (примерно вдоль Мушкетовского надвига) намечается сдвиговый и переходные типы поля – сбросо- и взбросо-сдвиговый (рис.3).

Для оценки перспективности всех выделенных структур и участков из всех тектонофизических параметров важнейшими, несомненно, являются значения коэффициента μ_ε и Z-компоненты. Наибольший интерес, на наш взгляд, представляют участки, деформация которых происходила в условиях растяжения (т. е. характеризующиеся отрицательными значениями коэффициента μ_ε) и значениями Z-компоненты > 1 . Один из подобных участков выделяется в средней части поля шх. им. А. Ф. Засядько, другой в пределах поля шх. «Красная Звезда». Имеется и ряд других участков растяжения. Попадающие в их пределы складчатые структуры могут рассматриваться как потенциальные газовые ловушки. Дополнительным благоприятным поисковым критерием для этих участков является значение Z-компоненты более 1, что свидетельствует о подъёме дневной поверхности в ходе деформации.

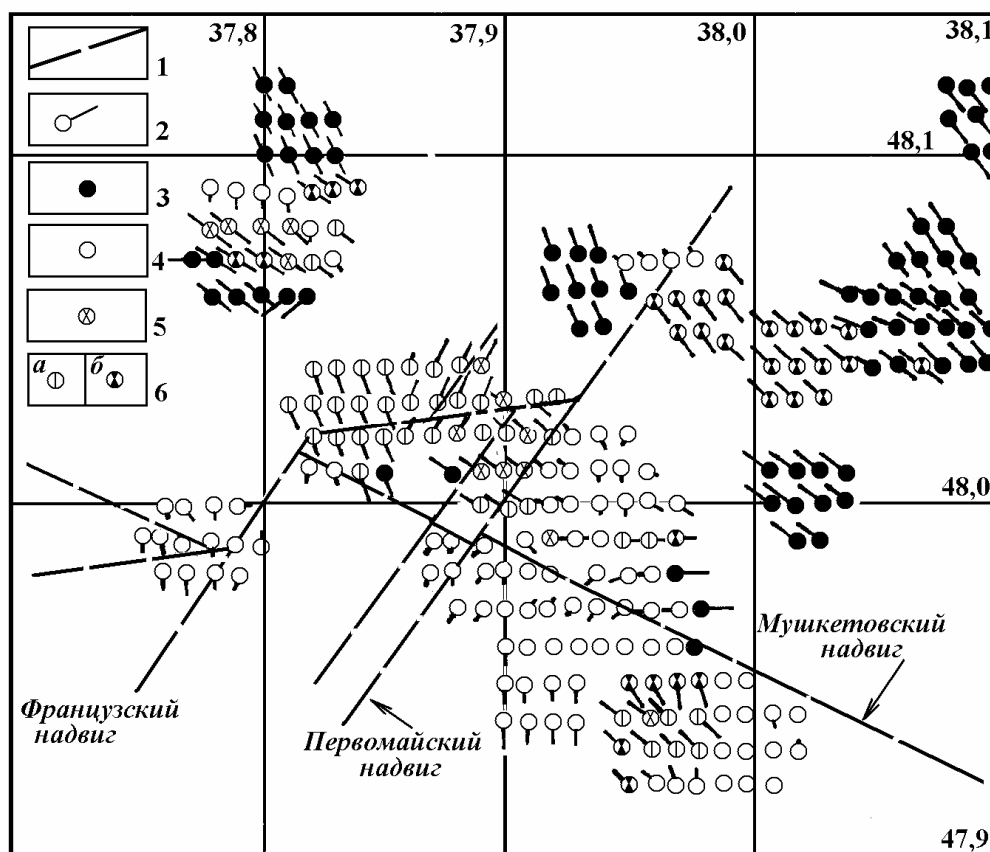


Рис. 3. Карта поля суммарных тектонических деформаций Донецко-Макеевского района (траектории оси ε_3)
1 – тектонические разрывы; 2 – точки расчета параметров поля деформаций с направлением одной из осей;
3–6 типы поля деформаций: 3 – взбросовый, 4 – сбросовый; 5 – сдвиговый; 6 – сбросо- (а) и взбросо-сдвиговый (б).

Однако для более обоснованного прогноза необходимы дальнейшие более детальные тектонофизические исследования и сопоставление их результатов с данными о газоносности и газопроявлениях вразведочных скважинах и горных выработках шахт.

Т. о., для Донецко-Макеевского района намечается отчётливый структурный контроль скоплений газа. Они приурочены к крупным пликативным структурам – основным складкам и флексурам. Для выделения в пределах этих структур локальных перспективных объектов могут быть использованы результаты тектонофизических исследований, а именно – определения коэффициента μ_e и Z-компоненты с выделением участков растяжения и поднятия дневной поверхности.

Библиографический список

1. Анциферов А.В. и др. Газоносность угольных месторождений Донбасса. – Киев: Наукова думка, 2004 – 232 с.
2. Брижанёв А.М., Галазов Р.А. Закономерности размещения метана в Донецком бассейне. – М.: ЦНИЭИуголь, 1987 – 49 с.
3. Зеников М.А., Зеленская Л.Н. Геологический отчет о переоценке запасов каменных углей поля шахты «Чайкино» с участком Чайкино-Глубоком №2 ПО «Макеевуголь». – Донецк, Макеевская ГРЭ, ПО «Укруглегеология», 1991.
4. Зеніков М.А. та ін. Геологічний звіт про розвідку поля шахти ім.В.М.Бажанова. – Донецьк, Макіївська ГРЕ, ВО «Укрвуглегеологія», 2003. – 124 с.
5. Монзелевский Н.М. и др. Геологический отчет о детальной разведке каменного угля на участке «Бутовском-Глубоком» №2 в Донецком бассейне (1977-1983гг.) – Артёмовск, Щегловская ГРЭ, ПГО «Донбассгеология», 1984.
6. Газоносность угольных бассейнов и месторождений СССР. Т1. – М.: Недра, 1979.
7. Дмитриев А.М., Куликова Н.Н., Бодня Г.В. Проблемы газоносности угольных месторождений. – М.: Недра, 1982. – 264 с.
8. Корчемагин В.А., Павлов И.О. Поля напряжений, деформаций и выбросоопасность углей и пород Донецко-Макеевского района Донбасса.// Сб.науч.трудов УкрНИМИ, ч.2, 2009 - №5. – С.189-195
9. Гущенко О.И. и др. Тектонический стресс-мониторинг и поля напряжений Причерноморского региона.// Сб. науч.трудов ДонНТУ, серия горно-геологическая, 2001. – Вып.32. – С104-117.

© Корчемагин В. А., Павлов И. О., Никитенко А. В., 2011.

Анотація

На підставі аналізу геологічних матеріалів та тектонофізичних досліджень у статті робиться висновок, що у Донецько-Макіївському районі суттєві скупчення газу у вугленосній товщі контролюються великими плікативними структурами. У межах цих структур найбільш перспективні ділянки, деформація яких відбувалася в умовах розтягнення.

Ключові слова: вугленосні відкладення, газоносність, складчасті структури, поля напруг та деформацій.

Abstract

On the grounds of geological data and tectonophysic researches analyses authors came to conclusion that large coal gas accumulations are controlled by large-scale plicated structures. Areas deformed in tension conditions are most perspective within the structures.

Keywords: carboniferous deposits, presence of gas, folded structures, fields of stress and deformation

УДК 553.447

Сопоставление Комсомольского рудопрооявления с промышленным аналогом стратиформного типа

Купенко В. И.^{*}, Черныш О. Г.

Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина

Поступила в редакцию 17.06.10, принята к печати 01.10.10.

Аннотация

В статье излагаются результаты изучения минеральных парагенезисов руд свинцово-цинковых рудопрооявлений и месторождений, залегающих в карбонатных породах (Комсомольское, Благодатское и Екатерино-Благодатское). Рассматриваются данные по вещественному составу полиметаллических руд, текстурно-структурные условия локализации, минералого-геохимические и другие характеристики.

Ключевые слова: стратиформное месторождение, свинцово-цинковая руда, элементы-примеси, минеральная ассоциация.

Стратиформные низко- и среднетемпературные свинцово-цинковые месторождения находятся практически во всех геотектонических сооружениях земной коры. Они широко распространены в чехлах древних платформ, размещаясь на склонах щитов, в перикратонных прогибах, на плитах и авлакогенах, в чехлах молодых платформ, тяготея к остаточным массивам, располагающимся в ядрах антеклиз; в чехлах разнообразных эпиплатформенных орогенных поясов, формируясь преимущественно в периферических частях крупных поднятий. Они известны также в складчатых областях в образованиях обращенных предгорных прогибов, внешних миогеосинклинальных и внутренних эвгеосинклинальных частях над древними ядрами или на их склонах, а также в чехлах срединных массивов. Приуроченность провинций к определенным геотектоническим сооружениям земной коры определяет развитие некоторых специфических особенностей магматизма и рудоносности, выступающих на фоне проявления общих закономерностей магматизма и металлогении.

Общей особенностью рассматриваемых месторождений, определяющих их высокую промышленную ценность, является широкое площадное распространение оруденения и в ряде случаев многоярусное его строение. В результате этого характеризуемые месторождения обладают значительными запасами руд, преимущественно залегающими вблизи поверхности и характеризующихся нередко высокими содержаниями металлов. В достаточно разнообразных по составу месторождениях наряду со свинцом и цинком концентрируются крупные запасы меди, серного колчедана, флюорита, барита, а в некоторых случаях также сурьмы, ртути и мышьяка. Руды большинства месторождений обогащены редкими и рассеянными элементами и, в частности, содержат серебро, кадмий, германий, таллий, кобальт, никель, германий, галлий, реже висмут, теллур, золото, иногда уран, находящиеся в извлекаемых количествах. Все это определяет характеризуемые свинцово-цинковые месторождения в качестве важных промышленных объектов.

Галенит-сфалеритовые месторождения, приуроченные к карбонатным породам, выделены в отдельную формацию. Но к ней относятся и месторождения, локализованные в карбонатно-терригенных породах. Рудные тела рассматриваемой формации имеют пластообразную форму и отличаются довольно простым минералогическим составом (основные минералы – галенит и сфалерит, кроме них наиболее часто встречаются пирит, барит, флюорит). Ведущими текстурами являются прожилково-вкрапленная и вкрапленная, реже встречаются полосчатая и массивная. Эти особенности послужили основанием для выделения отдельного промышленно-генетического типа – свинцово-цинковых «стратиформных» месторождений, причем особо подчеркивалась приуроченность к толщам карбонатных пород. Обоснование систематики рудной формации

^{*} Для переписки: geolog@dgtu.donetsk.ua

включает в себя геологическое строение месторождения, его минеральный состав, околорудное изменение, геологические и геохимические условия формирования и т.д. Рассмотрим сопоставление этих данных на примере Комсомольского полиметаллического рудопоявления зоны сочленения Донбасса с Приазовским кристаллическим массивом и хорошо изученной группы подобных месторождений Восточного Зауралья, а именно Благодатского и Екатерино-Благодатского стратиформных месторождений.

Свинцово-цинковое рудопоявление, вскрытое в карьере Комсомольского рудоуправления, расположено в зоне влияния Волновахской зоны разломов, входящих в структуру Южно-Донбасского глубинного разлома.

В пределах зоны обнаружены две жилы, содержащие полиметаллическое оруденение. Азимут простирания главной рудной жилы составляет 330° , падение крутое – 85° – 90° к горизонту. Вмещающие жилу известняки серого цвета среднезернистые, катаклазированные, разбитые густой сетью кальцитовых прожилков мощностью от 1-2 мм до 40 см. Для жильного кальцита характерна хорошая раскристаллизованность и розовый оттенок. Рудная минерализация представлена в основном галенитом и сфалеритом и приурочена к интенсивно измененным, брекчированным, кальцитизированным известнякам. Соотношение галенита и сфалерита в рудной жиле меняется по простиранию. Кроме этих главных рудных минералов в жиле в небольших количествах отмечается пирит и другие сульфиды (меди, мышьяка). Основная жила прослежена по простиранию на 36 м, мощность рудной части с богатым галенит-сфалеритовым оруденением изменяется от 2 см до 45 см. В 5 м к западу от основной рудной жилы выявлена вторая жила с аналогичными параметрами и характером рудной минерализации. Вторая жила прослежена по простиранию на 12 м.

В 20 м от главной жилы в СВ направлении выявлена кварц-пиритовая жилка мощностью до 2 см. В этой жилке наблюдается видимая медная минерализация, представленная малахитом. Жилка срезает более мощную кальцитовую жилу системы главной рудной жилы. Такие взаимоотношения рудных жил указывают на многоэтапность формирования оруденения. О многоэтапном формировании рудной жилы свидетельствует и анализ борозд и штрихов на плоскостях тектонических трещин. Результаты такого анализа показали, что на одних и тех же зеркалах скольжения отмечаются разнонаправленные подвижки. При этом штрихи, фиксирующие отдельные направления, имеют различную сохранность, что указывает на различный возраст деформаций. В главной рудной жиле зафиксированы сдвиговые деформации, которые можно отнести к пострудному этапу. Доказательством этого служит мелкий разрыв субширотного простирания, вскрытый в одной из разведочных канав. Нарушение смещает северо-восточный зальбанд главной рудной жилы по правостороннему типу на 10 см. К юго-востоку от описанного проявления на протяжении нескольких сотен метров установлены новые мелкие жилы с полиметаллическим оруденением. Для этих жил характерны некоторые особенности. Во-первых, новые жилы располагаются кулисообразно и имеют простирание, близкое к главной рудной зоне, описанной выше. Во-вторых, в составе нерудных минералов резко увеличивается доля кварца. Первая особенность указывает на формирование полиметаллического оруденения при сдвиговых деформациях. Этот факт находит подтверждение и в результатах поисково-разведочных работ на площади, прилегающей к проявлению. По данным этих работ на площади установлен крупный разлом запад-северо-западного простирания, имеющий падение в южном направлении под углом 50° – 60° – Комсомольский сброс. Полиметаллические жилы локализованы висячем борту этого разлома. Анализ пространственных взаимоотношений основного шва Комсомольского разлома с рудоносными жилами, содержащими полиметаллическое оруденение, позволяет сделать заключение, что формирование полиметаллических жил в данном районе происходило при правом сбросо-сдвиге по системе сколов Комсомольского разлома [1]. Установлено, что рудная жила приурочена к тектонической зоне запад-северо-западного простирания, в пределах которой известняки интенсивно изменены и брекчированы. При прослеживании рудоносной тектонической структуры в северо-западном направлении на горизонте +40 м среди известняков выявлена мощная (до 12 м) зона брекчирования с убогой сульфидной минерализацией, представленной пиритом, марказитом и другими минералами. На юго-восточном продолжении рудоносной структуры на горизонте +20 м выявлены глыбы известняка размером 2×2 м с галенит-сфалеритовым оруденением. Здесь сфалерит преобладает над галенитом.

Палеозойские породы, развитые на аналогичных полях Благодатского и Екатерино-Благодатского полиметаллических месторождений, образуют синклинальную складку. Она диагонально пересекается Центральным разломом, выполненным дайкой кварцевых порфиров. Крупными нарушениями в пределах месторождений являются Благодатский, Екатерино-Благодатский и Средний разломы. Одной из морфологических особенностей последнего является его изгибы по простиранию, к которым и приурочены рудные тела Благодатских месторождений. В местах изгиба разлом сопровождается многочисленными оперяющими трещинами,

контролирующими ту или иную зону оруденения. Эти тектонические нарушения, определившие развитие в пределах месторождений трещин субмеридионального и северо-западного простираний, имели большое значение для структурного контроля оруденения и сыграли важную роль в локализации рудных тел [2].

Минеральный состав руд, их типы и закономерности распределения в рассматриваемых месторождениях и рудопроявлениях во многом сходны, как и условия формирования. Поэтому текстуры и структуры руд этих объектов тоже заслуживают внимания.

В карьере «Северный» Комсомольского рудопроявления рудная минерализация представлена двумя основными минералами – галенитом и сфалеритом и приурочена к участкам брекчирования. В целом галенит преобладает над сфалеритом. Первичные рудные минералы – сфалерит, галенит, халькопирит, пирит, марказит, полибазит, самородное серебро, акантит, тетраэдрит, теннантит. Вторичные минералы представлены смитсонитом, англезитом, церусситом, малахитом и гидроокислами железа.

Согласно изученным аншлифам для вторичных минералов характерны коррозионные структуры, структуры пересечения и решетчатые. Следует отметить, что вторичные минералы развиваются, прежде всего по трещинам спайности галенита и др. Распространенные текстуры данного рудопроявления – жильная (кварц-галенитовая жилка сечет карбонатную), прожилковая (пирит-сфалеритовые и пирит-галенитовые агрегаты), плейчатые (галенитовые и пирит-сфалеритовые руды). По имеющимся микроскопическим данным устанавливается следующий порядок кристаллизации рудных минералов: сфалерит¹ – сфалерит² – галенит – халькопирит, пирит, марказит, блеклая руда, акантит, полибазит, самородное серебро – ковеллин, халькозин, малахит, смитсонит, англезит.

Описанные структурно-текстурные особенности руд указывают на низкотемпературные условия образований с преобладанием процессов замещения и перекристаллизации.

Сплошные руды полей Благодатских полиметаллических месторождений, залегающих в карбонатных породах, характеризуются массивными текстурами, образовавшимися вследствие интенсивного замещения вмещающих пород. Они сложены различными по составу сульфидами – пиритом, сфалеритом, галенитом, сульфосолями свинца и др. Руды с полосчатыми текстурами встречаются во всех рудных телах. В жильнообразных рудных телах полосчатые текстуры наблюдаются в приконтактных участках и состоят из чередующихся полос буланжерита и сфалерита. В трубообразных залежах полосчатые руды различны по составу и строению. Наиболее распространены руды, сложенные чередующимися полосами сфалерита и пирита. Иногда в строении этих руд участвует кварц и доломит. В рудах со сложно-полосчатыми текстурами проявляется сочетание тонкополосчатых текстур пирит-сфалеритовых агрегатов – следствие замещения доломитов – и грубополосчатых пирит-галенитовых – результат наложения и замещения ранних минералов более поздними. На участках развития тектонических нарушений, послерудного дробления или в зонах сопряжения трещин наблюдаются различные метаморфические текстуры: брекчиевидные, разлинзования, течения (струйчатая) [2].

Прожилковые текстуры возникли вследствие пересечения пирит-сфалеритовых, чаще сфалеритовых руд тонкими неровными метасоматическими пирит-арсенопиритовыми и более выдержанными по простиранию галенит-буланжеритовыми прожилками. Встречаются также прожилковые текстуры, образовавшиеся в результате заполнения серии мелких субпараллельных трещин галенитом или сульфоантимонидами свинца.

На участках развития тектонических нарушений, послерудного дробления или в зонах сопряжения трещин наблюдаются различные метаморфические текстуры: брекчиевидные, обломочные, разлинзования, течения. Разновидностью последней является "струйчатая" текстура.

Брекчиевые текстуры руд наблюдаются в зонах нарушения. Здесь сульфиды подвергаются брекчированию с образованием остроугольных обломков, представленных мелкозернистой массой пирита, арсенопирита, сфалерита, галенита и буланжерита, сцементированных либо карбонатом либо тонкоперетертым сульфидным материалом.

Метаморфические текстуры руд и Комсомольского рудопроявления и Благодатских месторождений свидетельствуют об интенсивных послерудных и внутрирудных подвижках, которые способствовали возникновению хрупких и пластических деформаций в сульфидах, сопровождавшихся перекристаллизацией и перегруппировкой вещества.

Спектральными и химическими анализами среди мономинеральных проб сфалерита карьера «Северный» обнаружены десятые и сотые доли процента меди, кадмия, стронция и сурьмы, а также тысячные доли процента олова, германия и серебра (табл. 1). По микроскопическим и микрозондовым данным в сфалерите обнаружен минерал акантит (Ag_2S) – низкотемпературная ($<179^\circ\text{C}$) моноклинная модификация сульфида серебра каркасного строения, содержащая обычно 87,06 % серебра и 12,94 % серы. Акантит обычно образует в сфалерите зерна неправильной формы размером до 0,3–0,5 мм. Этот же минерал встречен также в виде мелких

включений в галените, особенно в структурах распада твердых растворов типа акантит-галенит-халькопирит и акантит-тетраэдрит [3].

Изучение вещественного состава рудной жилы показало, что богатое полиметаллическое оруденение формировалось в несколько этапов и носит комплексный характер. Кроме минералов свинца и цинка наблюдается медная и серебряная минерализация. Медная минерализация представлена малахитом. Серебряное оруденение, видимо, формировалось в конце рудного процесса после отложения медных минералов.

Табл. 1. Химический состав сульфидов полиметаллического рудопроявления (карьер «Северный»)

Минерал	Pb	Zn	Cu	Fe	Sb	As	Ag	Se	Te	Mn	S
Галенит	86,59	0,91	0,17	0,05	0,21	0,00	<0,01	0,50	0,00	0,13	12,45
"-"	86,61	0,00	0,26	0,01	0,07	0,00	<0,01	0,20	0,00	0,14	13,02
Блеклые руды	0,37	7,34	30,46	0,96	27,83	0,46	6,61	не опр.	0,00	0,00	25,63
"-"	0,43	7,06	28,41	1,07	28,09	0,45	8,96	не опр.	0,05	0,00	25,29
"-"	0,40	7,54	30,91	0,58	28,48	0,78	5,70	не опр.	0,00	0,00	25,19
"-"	0,30	8,41	30,73	не опр.	28,42	0,17	5,58	0,62	0,00	0,01	25,55
Полибазит	0,43	0,07	18,83	0,00	11,60	0,00	50,47	0,00	0,00	0,00	17,63
"-"	5,56	0,00	24,51	0,00	12,08	0,00	38,09	0,00	0,00	0,00	19,82

Состав минералов по данным химических и спектральных анализов Благодатских месторождений характеризуется следующим. Сфалерит обладает наибольшими количествами меди и олова. Их содержание выдерживается в десятых долях процента. Отмечено резкое колебание индия в случае увеличения окисной формы олова (включая касситерит). Постоянство содержаний и корреляций меди и олова в благодатских сфалеритах указывают на то, что эти элементы могли быть первоначально изоморфными, а затем выделились в форме станнина, наблюдавшегося микроскопически во всех образцах. Закономерное повышение количества железа и индия отмечается с увеличением содержания серебра в сфалеритах. 56 спектральных анализов проб благодатских сфалеритов и 57 проб галенитов отмечают повышение количества серебра в тех пробах, где сфалерит больше загрязнен галенитом или сульфоантимонидами свинца. Также в составе сфалерита установлен галлий в тысячных и десятитысячных долях процента. А вот кобальт не характерен для месторождений Восточного Забайкалья, залегающих в карбонатных породах. Имеется молибден в тысячных долях процента, присутствует ртуть. Постоянно обнаруживаются в сфалерите десятые доли марганца, неравномерно распределено железо – от 3 до 12 молекулярных процентов и относительно постоянные количества марганца и кадмия, соответственно CdS и MnS 0,3 и 0,2 молекулярных процентов.

Кристаллизация галенита происходила позже сфалерита в Благодатском рудном поле. Типичные примеси в галените – серебро, сурьма, кадмий, медь. Примесь олова составляет в галените 0,1–0,3 %. Также отмечен индий. Резкие колебания в содержании серебра и сурьмы составляют соответственно 0,1–0,65 % и 0,12–0,63 %. Единичные резкие отклонения (до 3 % Sb) обусловлены загрязнением проб галенита сульфоантимонидами свинца, в частности буланжеритом.

Целыми и реже десятыми процентами отмечено содержание мышьяка в пиритах. Обусловлено это, по-видимому, сростанием пирита с арсенопиритом. Присутствует серебро. Сурьма и олово установлены во всех пробах пирита – от нуля до десятых долей процента. Очень редко установлено золото. Таллий характерен для буланжерита и геокронита. Содержание его – сотые и тысячные доли процента.

Итак, особенностью сульфосолей свинца Благодатских месторождений является обогащенность оловом, серебром и таллием. Индий, молибден и висмут – элементы-примеси, не типичные для них.

Имеющиеся фактические данные позволили подтвердить единство рассматриваемых комплексов свинцово-цинковых оруденений и высказать некоторые новые представления о том, что, несмотря на некоторые различия в деталях, рассматриваемые месторождения и рудопроявления относятся к единой генетической группе (табл. 2). На это указывает общность минерального состава, поведение элементов-примесей, типичных для всех месторождений, последовательность образования минеральных ассоциаций.

Табл. 2. Сопоставление Комсомольского рудопоявления с аналогичными месторождениями Восточного Зауралья

Критерий	Рудопоявление (месторождение)	
	Комсомольское	Восточное Зауралье (Благодатское, Екатерино-Благодатское)
Форма рудных тел	Жильная	Гнездообразные, линзообразные, жиллообразные, трубообразные
Геотектоническая позиция	Волновхская зона разломов (Комсомольский сброс)	Центральный разлом (Благодатский, Екатерино-Благодатский и Средний разломы) с опережающими трещинами
Текстура	Жильная, прожилковая, плейчатая	Сплошная, массивная, полосчатая, брекчиевидная, разлинзования, прожилковая струйчатая, пятнистая
Элементы-примеси	Cu, Cd, Sr, Sb, Sn, Ge, Ag	Cu, Sn, Ga, Hg, Mo, Mn, Fe, Cd, Ag, Sb, In, As, Au, Tl
Структура	Пересечения, решетчатая, коррозионная, аллотриоморфнозернистая	Коррозионная
Вмещающие породы	Известняки C ₁ tc – C ₁ td	Доломиты

Таким образом, совокупность данных по вещественному составу полиметаллических руд, текстурно-структурных условий их локализации, минералого-геохимических и других характеристик указывает на многоэтапность формирования полиметаллических оруденений и их комплексный характер. Сложность, многоэтапность формирования, полиминеральный состав эндогенных оруденений – все это характерные признаки крупных рудных объектов, которые могут быть обнаружены. Отмечено влияние внутрирудного метаморфизма и стадийности минералообразования. Локализация рудопоявлений и месторождений в карбонатных отложениях и сравнение с подобными известными дает возможность говорить о перспективности других идентичных площадей на комплексное полиметаллическое оруденение.

Библиографический список

1. Корчемагин, В. А. О связи полей тектонических деформаций и напряжений с рудоносностью в Донбассе / В. А. Корчемагин, В. А. Дудник, Б. С. Панов, В. И. Алехин // Геофизический журнал – 2005. – Т. 27. – С. 97-109.
2. Добровольская, М. Г. Минеральные ассоциации и условия формирования свинцово-цинковых руд / М. Г. Добровольская, Т. Н. Шадлун - М. : Наука, 1974. – 274 с.
3. Панов, Б. С. Структурно-текстурные особенности и минеральный состав нового полиметаллического проявления зоны Южно-Донбасского глубинного разлома / Б. С. Панов, В. И. Алехин // Наук. вісник Національного гірничого університету. Геологія. – 2005. - №6. – С. 12-15.

© Купенко В. И., Черныш О. Г., 2011.

Анотація

У статті викладаються результати вивчення мінеральних парагенезисів руд свинцево-цинкових рудопоявів і родовищ, що залягають в карбонатних породах (Комсомольське, Благодатське і Єкатерино-Благодатське). Розглядаються дані щодо речового складу поліметалічних руд, текстурно-структурні умови локалізації, мінералого-геохімічні та інші характеристики

Ключові слова: стратиформне родовище, свинцево-цинкова руда, елементи-домішки, мінеральна асоціація.

Abstract

The results of mineral parageneses research of Pb-Zn ore and deposits occurring in carbonaceous rocks (Komsomolskoe, Blagodatskoe and Ekaterino-Blagodatskoe) are stated. Polimetallc ore material constitution, localization geotectonic conditions, mineralogical and geochemical parameters are considered.

Keywords: stratiform deposit, Pb-Zn ore, admixture elements, mineral association

УДК 622.233 : 551.49

Влияние физических полей на свойства ледовых КОМПОЗИТОВ

Кожевников А. А., Судаков А. К., Пащенко А. А., Камышацкий А. Ф.,
Лексиков А. А., Колесников М. А.

Национальный горный университет, Днепрпетровск, Украина

Поступила в редакцию 17.06.10, принята к печати 01.10.10.

Аннотация

Рассмотрены предпосылки создания технологии оборудования гидрогеологических скважин гравийными фильтрами, изготовленными с применением эффекта двухфазного инверсного перехода агрегатного состояния минераловязущего вещества водоприемной части.

Ключевые слова: скважина, фильтр.

Актуальность и состояние проблемы. При оборудовании водоприемной части гидрогеологических скважин, представленных среднезернистыми, мелкозернистыми, тонкозернистыми и пылеватыми песками, применяются технологии, имеющие большое количество существенных недостатков, устранение которых невозможно за счет их модернизации [1].

Для решения этой проблемы необходимо вести поиск новых технологий создания гравийных фильтров, основанных на других физических процессах. К таким технологиям, на наш взгляд, относят изготовление гравийных фильтров на дневной поверхности, которые основаны на использовании эффекта двухфазного инверсного перехода агрегатного состояния минераловязущего вещества блочного фильтра.

Целью статьи является рассмотрение предпосылок для создания технологии оборудования водоприемной части гидрогеологических и геотехнологических скважин гравийными фильтрами, изготовленными с применением эффекта двухфазного инверсного перехода агрегатного состояния минераловязущего вещества.

В основу работы положена идея создания технологии изготовления элемента гравийного фильтра блочной конструкции с соединением гравийного материала в монолит с помощью минераловязущего вещества на водной основе по криогенной (низкотемпературной) технологии с последующей однопорционной доставкой и установкой его в скважине и переходом гравийного материала из монолитного состояния в рыхлое в связи с приобретением минераловязущим веществом реологических свойств воды, происходящее под воздействием положительных температур пластовых вод.

М.В.Гаврилко [2] отмечает, что монолитные гравийные фильтры блочного типа, возможно применять только в зимних условиях, при этом блоки цементируются водой способом замораживания в естественных условиях.

Цель работ, которые выполняются на кафедре техники разведки месторождений полезных ископаемых Национального горного университета (ТРМПИ НГУ), заключается в научном обосновании параметров конструкции криогенно-гравийного фильтра, технологии его изготовления и технологии оборудования гидрогеологических скважин в интервале водоносного горизонта, представленных среднезернистыми, мелкозернистыми, тонкозернистыми и пылеватыми песками.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- установления критериев выбора рецептуры минераловязущего вещества и ледово-гравийного композита;

- обоснования и выбора состава минераловязущего вещества и ледово-гравийного композита и проведения исследований закономерности изменения их теплофизических свойств;
- установление временных закономерностей изменения физико-механических свойств ледово-гравийного композита;
- обоснование конструктивных параметры криогенно-гравийного фильтра с учетом закономерностей влияния пластовых вод в системе "пласт-скважина";
- изготовление экспериментального образца криогенно-гравийного фильтра и проведение стендовых и скважинных исследований;
- обоснование параметров технологии доставки криогенно-гравийного фильтра к водоприемной части гидрогеологических скважин;
- разработка рекомендаций по проектированию конструкции, технологии изготовления и технологии доставки криогенно-гравийного фильтра в водоприемную часть гидрогеологических скважин.

В этом направлении сотрудниками кафедры ТРМПИ НГУ был проведен ряд исследований. Одно из них заключалось в районировании подземных вод Украины по температурному фактору с учетом времени года. Районирование проводилось по данным, которые были получены Б.Л.Личковым, В.И.Лучицким, К.И.Маковым, О.К.Ланге, Н.И.Толстихиним и другими исследователями [3, 4].

Распределение подземных вод на территории Украины обусловлено геологическим строением и историей естественного развития разных ее частей, которые являются обособленными гидрогеологическими регионами, отличными один от другого по возрасту, составу и условиям залегания образований, которые их составляют, и совокупности основных естественных факторов, которые определяют закономерности формирования, распределения, состав и условия эксплуатации подземных вод.

Исходя из этого, было установлено, что температура пластовых вод при глубинах скважин до 250 м зависит от времени года и находится в пределах: зимой - от $+1^{\circ}\text{C} \dots +7^{\circ}\text{C}$ и летом до $+11^{\circ}\text{C} \dots +20^{\circ}\text{C}$.

Также были проведены лабораторные и стендовые исследования криогенной технологии изготовления и транспортировки композита гравийного фильтра к водоносному горизонту.

Стендовые исследования проводилось на цилиндрических образцах диаметром 35 мм и высотой 50 мм. В качестве вяжущего вещества применялась техническая вода. Образцы на протяжении суток омоноличивались (замораживались) при температурах -5°C и -16°C . Температура жидкости в стеклянной трубе стенда, имитировавшая ствол скважины, составляла $+5^{\circ}\text{C} \dots +10^{\circ}\text{C}$.

В результате стендовых исследований было установлено, что под действием положительных температур скважинной жидкости, независимо от температуры омоноличивания, происходит достаточно быстрое растепление образцов, которое начинается с первых метров транспортировки. В стендовых исследованиях технологии доставки криогенно-гравийного фильтра испытано свыше 20 образцов. Максимальная глубина транспортировки составила 8 м.

Авторами было предположено, что для увеличения срока жизни криогенно-гравийного фильтра необходимо влиять на процесс его омоноличивания физическими полями.

Целью исследований было определение влияния физических полей на растепление ледового композита, который состоит из смеси воды и горной породы - песка. В качестве критерия выбора оптимального состава минераловязущего вещества, используемого для омоноличивания гравийного материала криогенно-гравийного фильтра, есть время растепления. Растепление опытных образцов происходило в воздушной среде при температуре $+20^{\circ}\text{C}$. Для всех видов испытаний использовались образцы диаметром 35 ± 1 мм и высотой 50 ± 5 мм.

Исходя из этого, при проведении исследований определялось:

- влияние действия магнитных полей на время растепления криогенно-гравийного композита;
- влияние электролиза на время растепления криогенно-гравийного композита;
- влияние времени заморозки вяжущего материала криогенно-гравийного композита на время его растепления.

Для проведения экспериментов по влиянию магнитного поля на растепление ледово-гравийного композита использовались два постоянных магнита, расположенных на

противоположных сторонах образца. Обработка образца проводилась на протяжении всего времени замораживание. Замораживание длилось 24 часа при температуре минус 16⁰С. В качестве контрольного образца, использовали необработанный магнитными полями композит, который тоже замораживался в течение 24 часов. Результаты эксперимента приведены у табл. 1.

Табл. 1. Изменение массы образцов ледового композита в граммах со временем после заморозки в течение 24 часов при постоянной обработке магнитным полем

Полюса	Время растепления, мин						
	0	20	40	60	80	100	120
Северный / северный	206	206	202	198	192	186	180
Южный / южный	205	206	199	195	191	188	180
Северный / южный	210	205	203	201	199	195	190
Южный / северный	204	202	200	198	197	195	189
Контрольный образец	200	198	195	193	190	189	-

Исходя из результатов экспериментов, которые приведены у табл. 1, обработка магнитными полями ледово-гравийного композита, независимо от их полярности, не приводит к значительному влиянию на время растепления образцов.

При электролизе происходило разделение водной среды на положительно и отрицательно заряженные частицы. В результате визуального наблюдения установлено, что под действием электрического поля на водопроводную воду происходило выделение смоляных желто-коричневых, плавучих веществ, которые перед замораживанием из разделенных сред удалялись.

Разделенные позитивные и негативные воды по окончании 24 часов тепловой обработки в морозильной камере растеплялись при комнатной температуре с измерением массы образцов во времени. Результаты эксперимента приведены на рисунке.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что обработка электрическим полем не приводит к значительному влиянию на время растепления образцов. Характер растепления обработанных образцов похож с характером растепления контрольного образца. Масштабный фактор растепления образцов в воздушной среде приводит к незначительному увеличению срока растепления образцов.

При исследовании влияния времени замораживания образцов при температуре морозильной камеры -16⁰С, на время их растепления при комнатной температуре образцы замораживались от 12 до 48 часов с шагом в 12 часов и подвергались действию положительных температур, равных +20⁰С. Результаты эксперимента занесены у табл. 2.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что время обработки тепловым полем приводит к значительному влиянию на время растепления образца. В среднем при увеличении времени замораживания с 12 до 24 часов время растепления увеличилось в 1,33 раз с 12 до 36 на в 1,67 раз. Характер растепления обработанных образцов схож с характером растепления контрольного образца.

Таблица 2 – Изменение массы (г) ледового образца во времени после обработки постоянным тепловым полем.

Время обработки, мин	Время растепления, мин							
	0	10	20	30	50	60	80	100
12	200	198	196	194	190	180	-	-
24	201	198	194	190	189	188	180	-
36	200	199	198	196	194	192	190	180
48	199	199	198	198	197	196	189	-

Выводы. Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что в качестве минерализующего вещества использование технической воды при оборудовании гравийным фильтром водоносного горизонта гидрогеологических скважин является проблематичным.

Для увеличения времени растепления криогенно-гравийного фильтра необходимо введения в его дисперсную среду веществ структурообразователей.

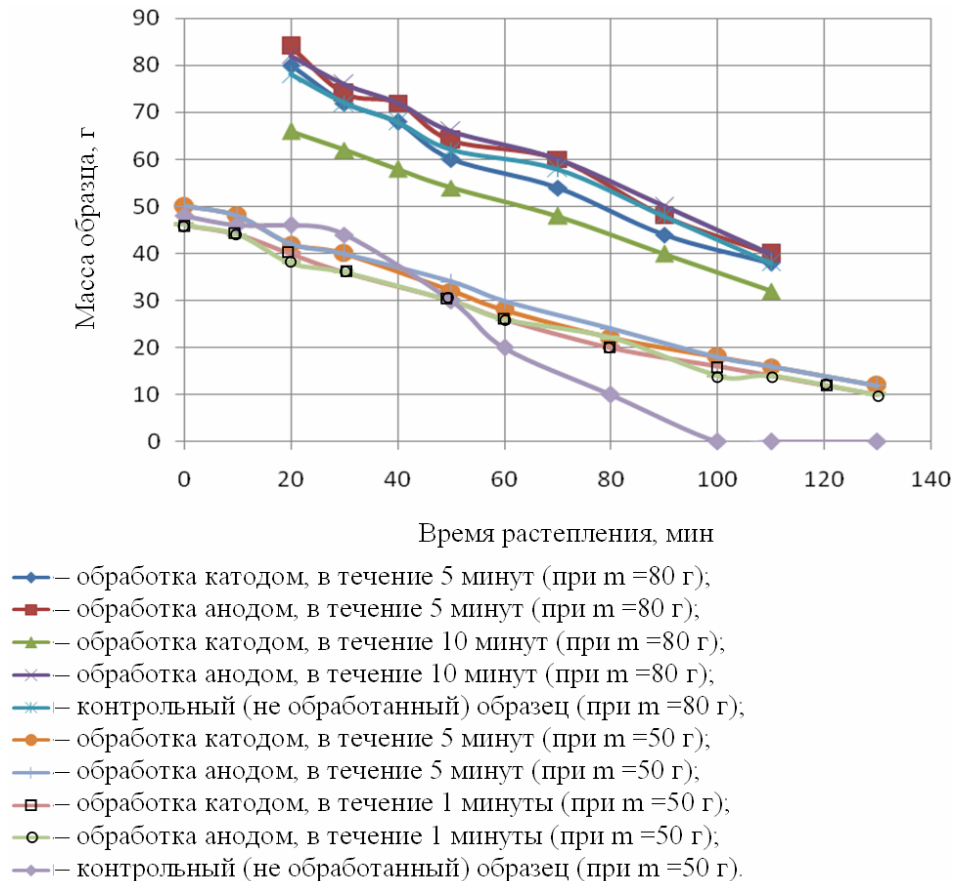


Рис. 1. Результаты экспериментов по электрической обработке ледовых образцов

Библіографічний список

1. Кожевников А.А., А.К.Судаков, Гриняк А.А. Гравийные фильтры с использованием эффекта двухфазного инверсного перехода агрегатного состояния вяжущего вещества. Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: вып.11. – Киев: ИСМ им. Бакуля НАН Украины 2008. С.84-88.
2. М.В.Гаврилко. Фильтры буровых скважин. – М. Недра, 1961.
3. Гидрогеология СССР В 45-ти т. Т. 5. Украинская ССР. Под ред. Ф.А. Руденко. - М. Недра, 1971, 614 с.
4. Гидрогеология СССР. Сводный том в пяти выпусках. Вып. 3. Ресурсы подземных вод СССР и перспективы их использования. М., «Недра», 1977, 279 с.

© Кожевников А. А., Судаков А. К, Пащенко А. А., Камышацкий А. Ф., Лексиков А. А., Колесников М. А., 2011.

Анотація

Розглянуто передумови створення технології обладнання гідрогеологічних свердловин гравійними фільтрами, виготовленими з застосуванням ефекту двофазного інверсного переходу агрегатного стану мінералів'яжучої речовини водоприймальної частини.

Ключові слова: свердловина, фільтр.

Abstract

Pre-conditions are considered of technology creation of equipment gravel filters of hydrogeological wells, made with the use of effect double phase inversion transition of the aggregate state of mineral astringent matter of water accepting part.

Keywords: wellbore, filter.

Прогнозування аномально високих пластових тисків(АВПТ) у процесі буріння методом d-експоненти в реальному часі буріння свердловин з використанням ЕОМ

Олексюк М. П., Юрич А. Р., Різничук А. І.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна

Надійшла до редакції 23.04.10, прийнята до друку 01.10.10.

Анотація

В статті описано суть методу d-експоненти та спосіб його реалізації на ЕОМ, з метою виділення зон АВПТ в режимі реального часу безпосередньо при поглибленні свердловини.

Ключові слова: свердловина, ускладнення, прогноз.

В переліку можливих ускладнень в процесі буріння свердловини особливе місце займають флюїдопроявлення(ФП) оскільки вони можуть призвести до відкритого фонтанування, що спричинює:

- великі витрати коштів і засобів, для ліквідації фонтанування, руйнування бурового обладнання і інструменту, забруднення навколишнього середовища і навіть загибель людей;
- нерегульований відбір флюїда з пласта на екстремальних режимах, що може порушити стан надр і покладів, призвести до втрати великої кількості цінної сировини (нафта, газ), а інколи і родовища в цілому.

Надійність попередження ФП перш за все залежить від достовірності інформації про глибину залягання пластів АВПТ. Відомо, що відомості про гірничо-геологічні характеристики гірських порід по розрізу свердловини відносяться до категорії статистичних, імовірних даних, характеризуються дисперсією при певному ступеню надійності. Точність інформації зменшується із збільшенням глибини свердловини і залежить від стану вивчення площі.

Для ефективної профілактики ФП необхідні [1,2]:

- виділення зон АВПТ і прогнозування пластового тиску, в тому числі в процесі буріння;
- раннє виявлення ФП, з використанням сучасних методів, технічних засобів і технологічних прийомів;
- розробка конструкції свердловини, що забезпечує ефективне глушіння ФП;
- оснащення бурової установки ефективним противикидним обладнанням;
- використання раціональних методик глушіння ФП, що запобігає створенню високих тисків у свердловині;
- підвищення точності визначення вибірного тиску у свердловині при різних технологічних операціях (мех. буріння, СПО, простої тощо).

При виконанні перелічених вимог ліквідація ФП (а вони у відповідних умовах завжди можливі) набуває характеру звичайної, хоча й небажаної технологічної операції. У зв'язку з цим надзвичайно важливим є попередження ФП при бурінні свердловин.

Попередження ФП може бути забезпечено при відомій характеристиці пластів з АВПТ по розрізу свердловини, а також забезпечення відповідних умов їх розкриття. Достовірною або близькою до достовірної інформація є при бурінні експлуатаційних свердловин, коли розріз свердловини і характеристики пластів добре вивчені, але буріння з мінімальною репресією на пласт не завжди забезпечує відповідні умови розкриття покладу. При бурінні розвідувальних, а тим більше

пошукових свердловин інформація про це неповна. При бурінні в таких умовах необхідно знати способи прогнозування наближення до пластів з АВПТ і величини пластового тиску до розкриття цих відкладів, тобто при розбурюванні покришок або екрануючих товщ, що переважно представлені глинистими породами. Такий прогноз найбільш важливий стосовно газоносних пластів.

Оскільки прогноз - це передбачення АВПТ, то найбільшу цінність представляють методи, що дають інформацію до розкриття пластів і без запізнення інформації в часі.

Одним із таких методів є метод d-експоненти [1,2], що базується на зміні умов руйнування гірської породи при бурінні в літологічно однорідних глинистих породах, що є покришками газових покладів.

Метод базується на використанні впливу так званого диференційного тиску і розкріплення гірської породи на механічну швидкість буріння V_m під час буріння практично непроникних глинистих покришок газових покладів. Поровий простір цих покришок протягом геологічного часу існування газових покладів заповнився газом з утворенням ореолу вторгнення. Тиск газу в ореолі вторгнення з наближенням до газового колектора буде все більш наближатися до пластового, тобто буде помітно зростати. Зростає коефіцієнт пластового (порового) тиску, а значить змінюються (покршуються) умови руйнування гірської породи на вибої свердловини.

У 1966 р J. R. Jorden та O. J Shirley запропонували для прогнозування зон АВПТ метод d-експоненти [3]. Цей емпіричний метод оснований на використанні рівняння M. G. Bingham:

$$\frac{V_m}{n} = a \cdot \left(\frac{G_o}{D_o} \right)^d \quad (1)$$

де V_m – механічна швидкість проходки, м/год;

n – частота обертання долота, об/хв;

G_o – осьове навантаження на долото, кН;

D_o – діаметр долота, м;

a, d – емпіричні коефіцієнти, що характеризують умови руйнування гірської породи на вибої свердловини.

Отже розв'язавши рівняння M. G. Bingham з урахуванням масштабування ми можемо визначити один із емпіричних коефіцієнтів, який буде відображати зміни умови руйнування гірської породи на вибої свердловини.

$$d = \frac{\ln\left(\frac{V_m}{196,8 \cdot n}\right)}{\ln\left(\frac{1,498 \cdot 10^{-6} \cdot G_o}{D_o}\right)} \quad (2)$$

Досвід показав, що характер зміни d-експоненти під час буріння в глинистих породах покришки при якісній очистці вибою від шламу вибуреної породи дозволяє надійно виділяти зони АВПТ і прогнозувати поровий тиск. З урахуванням прийнятих припущень і масштабних коефіцієнтів d-експонента зменшується при збільшенні механічної швидкості буріння. Тому при розбурюванні зон з нормальними пластовими тисками при $K=\text{const}$ величина d-експоненти збільшується, а при вході в зону з підвищеним поровим тиском – зменшується. На цій особливості зміни механічної швидкості і d-експоненти базується метод. При використанні даного методу вимірювання механічної швидкості слід проводити через 1-5 м проходки.

З метою своєчасного виділення зон АВПТ з використанням ЕОМ створено програмний продукт який дозволяє працювати в режимі реального часу при поглибленні свердловини. При алгоритмізації здійснено декомпозицію інформаційного потоку, який характеризує даний процес: константи, сталі параметри, змінні параметри (змінюються в реальному часі) [4,5]. Структурна схема алгоритму зображена на рисунку 1.

Під константами в даному процесі ми розуміємо коефіцієнти масштабування, які входять у вираз згідно з яким визначають d-експоненту. Сталими параметрами є режимні параметри буріння (діаметр долота, навантаження на нього та частоту обертання), змінними - час механічного буріння та проходка.

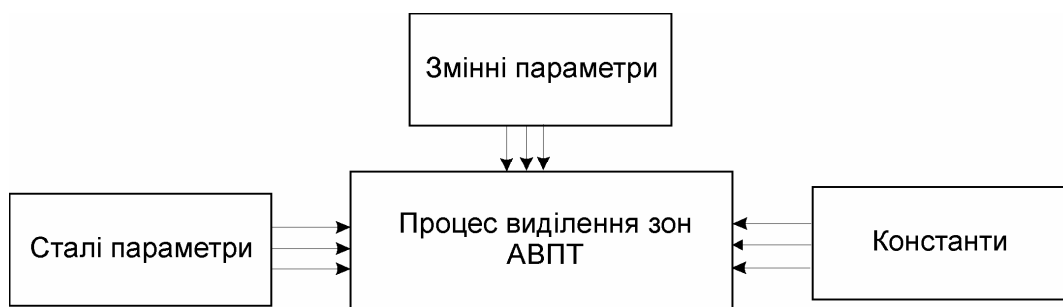


Рис. 1 Структурна схема алгоритму виділення зон АВПТ

Даний підхід спрощує і полегшує реалізацію методу. Створення програмного продукту включає три етапи:

- створення форми для заповнення вхідними параметрами;
- створення форми для проведення обчислень згідно математичної моделі розрахунку;
- створення форми графічної візуалізації d-експоненти.

Перш ніж приступити до проведення розрахунку за допомогою програми слід заповнити електронну форму вхідних даних, яка включає в себе назву родовища, номер свердловини, режимні параметри буріння (діаметр долота, навантаження на нього та частоту обертання). Після цього в процесі механічного буріння форму доповнюють значеннями проходки та часу буріння (рис. 2).

Назва площі	Пн-Долина
Номер свердловини	25

Режимні параметри буріння	
Діаметр долота, м	0,1905
Навантаження на долото, кН	150
Частота обертання долота, об/хв	60

Результати механічного буріння			
№	Інтервал буріння, м		Час бур, хв
1	4000	4002	18
2	4002	4005	29
3	4005	4006	10
4	4006	4008	21
5	4008	4010	22
6	4010	4013	38
7	4013	4016	42
8	4016	4018	30
9	4018	4020	32
10	4020	4023	52
11	4023	4026	36
12	4026	4028	18
13	4028	4029	7
14	4029	4030	5
15	4030		
16	0		
17	0		
18	0		
19	0		
20	0		

Рис. 2 Електронна форма вводу вхідних даних

У результаті роботи програми, по мірі заповнення форми вхідних даних, ми отримуємо значення d-експоненти у реальному часі. Отримані значення відображаються на формі графічної візуалізації зміни d-експоненти у вигляді функції d(H) (рис. 3).

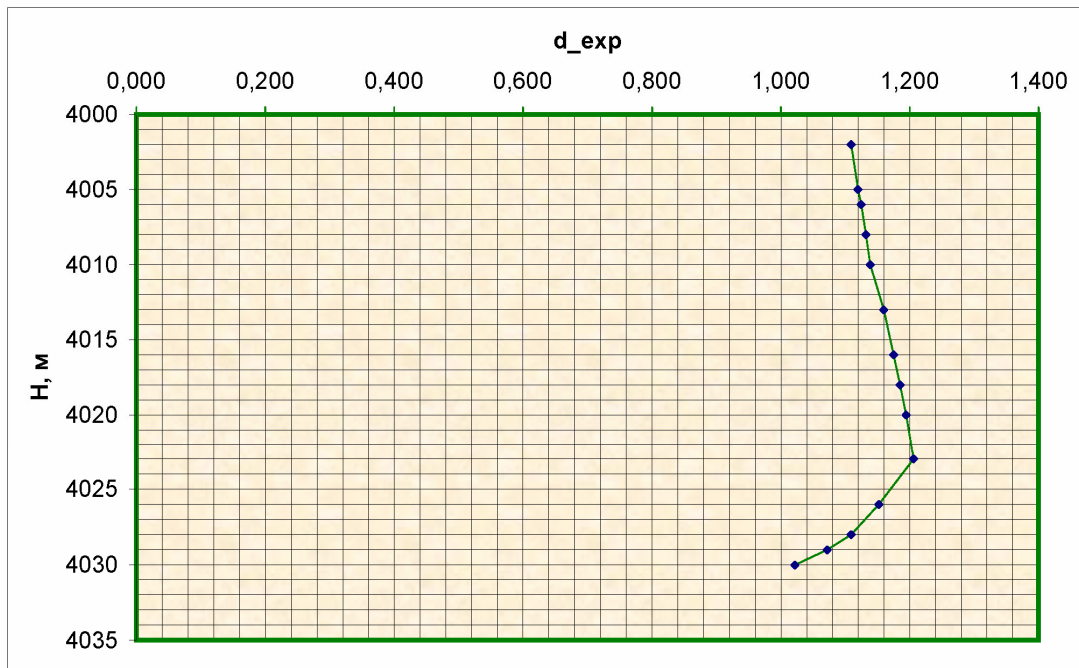


Рис. 3 Графічна візуалізація зміни d-експоненти

Як видно з наведеної інтерпретації починаючи з глибини 4023 м різко зростає механічна швидкість буріння та зменшується значення d-експоненти. Це є явною ознакою того, що ми наближаємось до зони АВПТ. Тому слід провести комплекс техніко-технологічних заходів по підготовці свердловини до розкриття цієї зони і попередження флюїдопроявлення.

Даний підхід до реалізації даного методу виділення зон АВПТ дозволяє: збільшити швидкість прийняття рішень, графічно візуалізувати залежність $d(H)$, полегшити статистичний аналіз ідентифікації зон АВПТ, як для окремо взятої свердловини так і для родовища загалом.

Враховуючи швидкий ріст інформатизації суспільства та зростаюче використання ЕОМ даний підхід до виділення зон АВПТ дасть змогу створити базу даних про параметри які описують цей процес. Подальші дослідження будуть спрямовані на створення інформаційної системи підтримки прийняття рішень при виділенні зон АВПТ, що включає використання систем реального часу, новітніх підходів до автоматичного контролю параметрів буріння, теорії алгоритмів, теорії прийняття рішень, відомих методів та підходів що стосуються проблеми прогнозування та попередження флюїдопроявів.

Даний підхід до використання методів прогнозування може використовуватись на бурових підприємствах України, як один з елементів техніко-технологічного комплексу заходів з прогнозування та попередження флюїдопроявлень при спорудженні свердловин.

Бібліографічний список

- 1 Ясов В.Г. Осложнение в бурении/ Ясов В.Г., Мислюк М.А.-М.: Недра.-334с
- 2 Шевцов В. Д. Предупреждение газопроявлений и выбросов при бурении глубоких скважин / В. Д. Шевцов.-М.: Недра, 1988.-116с.
- 3 Мислюк М. А. Буріння свердловин [Текст]: [довідник]: у 5 т./ М.А. Мислюк, І. Й. Рибич, Р. С. Яремійчук; - К.: Інтерпрес ЛТД, 2004-. Т. 5.- 2004.-373с.:іл., табл. - ISBN 966-501-037-9.
- 4 Солдатов В.Н. Банки данных в нефтяной промышленности / Солдатов В.Н., Чудинов И.Л., Ямпольский В.З.- Новосибирск: Наука.- 1988.- 126с.- Бібліогр.: с. 122-126.
- 5 Расел С., Норвинг П. Искусственный интеллект: Современный поход / Расел С., Норвинг П. //- перевод с англ.- 2-е изд.- М.: изд. дом «Виасян», 2006.- 1908с.

© Олексюк М. П., Юрич А. Р., Різничук А. І., 2011.

Взрывные работы в очистных забоях

Шевцов Н. Р.^{*}, Калякин С. А., Купенко И. В.

Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина

Поступила в редакцию 29.04.10, принята к печати 01.10.10.

Аннотация

Рассмотрены способы производства взрывных работ в механизированных очистных забоях, в том числе, направленные на борьбу с внезапными выбросами угля и газа, основные параметры буровзрывных работ. Даны принципиальные схемы расположения шпуров (скважин).

Ключевые слова: очистной забой; взрывные работы; контурное взрывание; пластовое торпедирование; передовое торпедирование

Практически до середины XX века на угольных шахтах с применением буровзрывных работ (БВР) добывалось около 60% угля. Взрывные работы применялись почти при всех системах и способах выемки угля в очистных забоях и конкурировали только с технологией выемки угля отбойными молотками. Долгое время взрывные работы были неотъемлемой частью при выемке угля в лавах с машинным врубом и без него, в комбайновых и струговых лавах, в щитовых забоях, в наклонных, горизонтальных слоях мощных пластов, при выемке целиков угля. Однако, с конца 40-х годов XX века начинается широкомасштабный ввод в технологию выемки угля в шахтах механизированной техники – угольных комбайнов и механизированных очистных комплексов. При этой технологии в механизированных лавах взрывными работами ведут только выемку угля в нишах, а на очень крепких и вязких углях применяют предварительное взрывное ослабление угольного массива по всей длине лавы.

Дальнейший рост энергонасыщенности и мощности горной добычной техники к концу XX века практически вытеснил взрывной способ выемки угля в лавах.

Анализ последних исследований и публикаций показал, что добыча угля в условиях шахт Донбасса сопряжена с опасностью ведения горных работ, которая обусловлена большой глубиной разработки пластов, газоносностью горного массива и выбросами угля, породы и газа в выработки. С увеличением глубины разработки газоносность угольных пластов и их выбороопасность растут. Поэтому могут возникать ситуации, когда взрывные работы в механизированных очистных забоях помогут решить комплекс задач, связанных с добычей угля, управлением горным давлением, обеспечением мероприятий по выборобезопасности и предварительной дегазации угля. В этой связи становится актуальной задача управления газовыделением, труднообрушаемыми кровлями и пучением почвы в местах сопряжений лавы и штреков при помощи взрывного воздействия на горный массив. Для этого необходимо установить соответствующие параметры взрывных работ и обеспечить безопасность применения шпуровых или скважинных зарядов предохранительных ВВ (ПВВ). В этой связи представляет интерес проведение многогранного системного анализа взрывных технологий в очистных забоях. Необходимо установить не только параметры взрывных работ для отбойки и предварительного рыхления угольного пласта, но и установить факторы, определяющие параметры дегазации угля, управления горным давлением и предотвращения выбросов угля и газа.

Целью работы является системный анализ известных взрывных технологий в очистных забоях, что позволит выбрать в зависимости от горно-геологических и горно-технических условий основные технические направления ослабления и дегазации угольного массива, снижения его выбороопасности перед началом комбайновой выемки для увеличения нагрузки на забой.

^{*} Для переписки: const@mine.dgtu.donetsk.ua

Рассмотрим основные положения известных технологий, обеспечивающих ослабление и дегазацию угольного массива перед началом комбайновой выемки (в безлюдной обстановке), а также снижение выбросоопасности угольных пластов [1, 2].

А. Взрывание комплекта шпуровых зарядов в угольном пласте в режиме рыхления, при котором во всем объеме обуренного угольного массива формируется сеть взаимосвязанных трещин практически без отбойки угля.

На пластах, имеющих большую крепость и вязкость угля, а также при наличии породных прослоек, прочно связанных с кровлей пласта, для обеспечения нормальной работы комбайна иногда уголь или породные прослойки предварительно рыхлят взрыванием зарядов ВВ в шпурах, расположенных в целике угля [3]. Шпуры в забоях комбайновых лав располагают в один ряд в более крепких слоях угля (рис. 1, а) или вблизи породных прослоек (рис. 1, б), а иногда в два ряда, причем один – в прослойках (рис. 1, в).

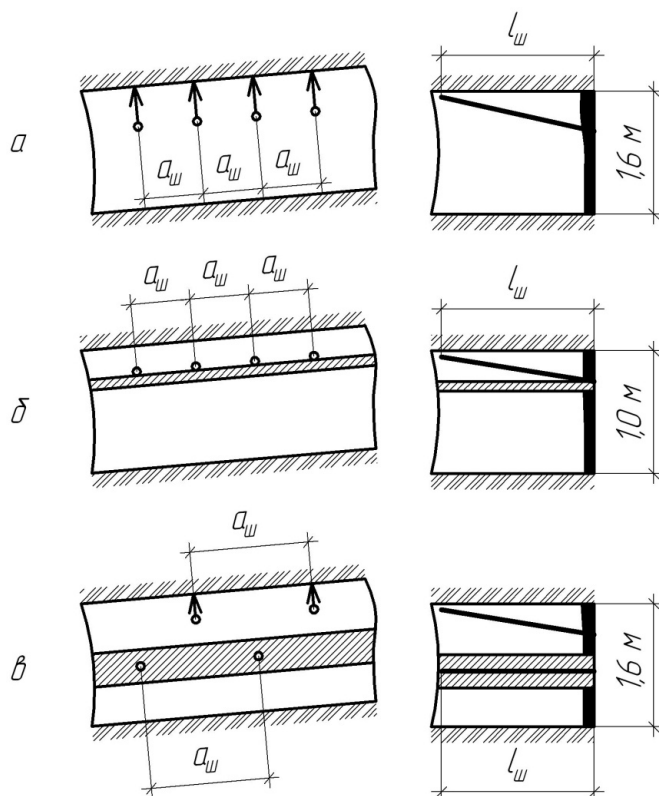


Рис. 1. Принципиальные схемы расположения шпуров для предварительного рыхления угля и породных прослоек в лавах:

а – взрывание в угольном пласте, как правило, в крепких углях; б – взрывание в угольном пласте вблизи породного прослойка; в – взрывание в породном прослойке и в угольном пласте;
 $a_{ш}$ – расстояние между шпуровыми зарядами ВВ; $l_{ш}$ – глубина шпуров

Расстояния между шпуровыми зарядами ВВ в одном ряду принимают в пределах 0,8...2,4 м. Глубину шпуров берут равной глубине комбайновой выемки. Удельный расход ВВ для предварительного рыхления очень крепкого угля и породных прослоек в комбайновых лавах составляет 0,08...0,18 кг/т или 0,10...0,25 кг/м³ угля в массиве. Лучше всего расход ВВ устанавливать путем опытного взрывания в конкретных условиях. Величины зарядов для предварительного рыхления угля находятся в пределах 0,2...0,6 кг на один шпур.

Б. Отбойка угля из тонких и крутопадающих пластов с помощью БВР.

Отбойку угля с помощью ВВ в очистных забоях применяют в лавах с машинным врубом и без него, комбайновых и струговых лавах, щитовых забоях, наклонных, горизонтальных и других слоях, при выемке целиков угля [3].

Достижение высокой эффективности взрывных работ и уменьшение количества выбиваемой крепи в лаве обеспечиваются правильно подобранной схемой расположения шпуров,

при использовании которой в смежных рядах шпуров применяются разные серии замедления электродетонаторов. Рациональные схемы и последовательности разрушения массива угля в частях лавы, имеющих длину более 10 м, приведены на рис. 2.

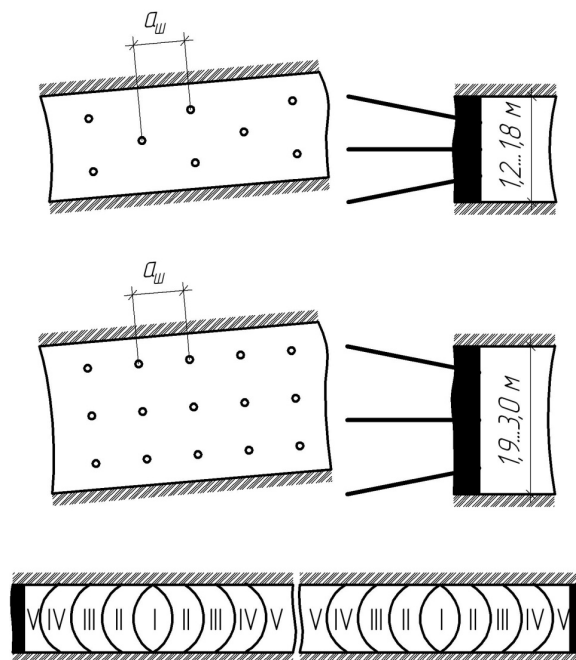


Рис. 2. Принципиальная схема расположения шпуров и последовательности разрушения массива угля в очистных забоях:

$a_{ш}$ – расстояние между шпуровыми зарядами ВВ;

I...V – последовательность разрушения

Расстояние между шпуровыми зарядами ВВ в ряду зависит от многих факторов. При взрывной отбойке угля без машинного вруба в зависимости от мощности пласта шпуров располагают в один, два, три и даже четыре ряда. Расстояние между шпуровыми зарядами в каждом ряду равно 0,9...1,2 м. В тех случаях, когда пласт угля имеет слабую связь с кровлей и порода в кровле неустойчивая в верхнем ряду, шпуров располагают на расстоянии 1,5...2,0 м и дно шпуров не доводят до кровли на 0,5...1,0 м.

Глубину шпуров принимают в зависимости от устойчивости пород кровли. При недостаточной устойчивости пород в кровле подвигание забоя лавы за цикл составляет 0,8...1,0 м, при этом глубина шпуров должна быть 1,0...1,2 м, при хорошей устойчивости пород подвигание забоя лавы за цикл составляет 1,6...2,0 м, а глубина шпуров – 1,8...2,2 м.

Масса шпурового заряда принимается обычно несколько меньшей, чем в угольных забоях подготовительных выработок. При взрывании в лавах без машинного вруба величина заряда на шпур составляет 0,3...0,5 и 0,4...0,6 кг при глубине шпуров соответственно 1,5...1,8 и не менее 1,9 м. Указанные выше величины зарядов справедливы для ВВ с работоспособностью не ниже 280 см³ [3]. Плотность шпуров принимается исходя из крепости угля и мощности пласта. Среднее значение этого показателя в лавах составляет 1,8...2,5 шпуров на 1 м² площади забоя.

При взрывных работах в лавах, имеющих одну поверхность обнажения, в первую очередь применяются веерные или двойные призматические врубы, а в зонах геологических нарушений лав – только двойные призматические.

Использование рекомендуемых параметров взрывных работ позволяет получать эффективную отбойку угля на заданной длине забоя. Вместе с этим отмечается обрушение кровли выработки в результате выбивания крепи и обнажения большой поверхности недостаточно устойчивых пород кровли. Для предотвращения таких обрушений целесообразно правильно выбирать глубину шпуров и количество одновременно взрывающихся шпуровых зарядов ВВ. Кроме того, в соседних рядах шпуров целесообразно использовать электродетонаторы с замедлением через одну серию [4].

В. Бурение с откаточного и вентиляционного штреков (на расстоянии, равном примерно 5 м от забоя лавы) встречных скважин в 2...4 ряда, которые заряжаются ВВ; скважинные заряды

взрываются в режиме камуфлета при наличии запирающей забойки и обеспечивают отбойку угля одновременно по всей длине лавы (рис. 3).

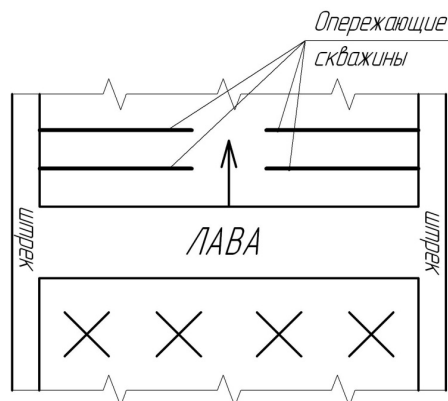


Рис. 3. Принципиальная схема расположения опережающих лаву скважин в угольном пласте

Г. Применение контурного взрывания в зонах сопряжений лавы с напряженным горным массивом для борьбы с внезапными выбросами угля и газа .

Как известно [1, 5], контурное взрывание – технологический прием, заключающийся в установлении таких условий взрывания зарядов ВВ в оконтуривающих шпурах, при которых создается сравнительно гладкая поверхность боков и кровли выработки, достигаются незначительные переборы породы (не более 3...5%; при обычном взрывании они могут достигать 30% и более) и сохраняется естественная прочность пород законтурного массива, т.е. имеет место малая глубина нарушения законтурного массива (не более 50...70 см; при обычном взрывании глубина трещинообразования может достигать 125 см и более).

Контурное взрывание обеспечивается уменьшением в 2...4 раза концентрации энергии в оконтуривающих шпурах и снижением расстояния между ними до 40...50 см (рис. 4). Кроме того, при контурном взрывании следует бурить шпуры в направлении от оконтуривающих к врубовым. В процессе бурения коронка стачивается и уменьшается в диаметре. Тогда плотность заряжения, а, следовательно, и давление продуктов взрыва зарядов ВВ, будет выше во врубовых шпурах по сравнению с оконтуривающими.

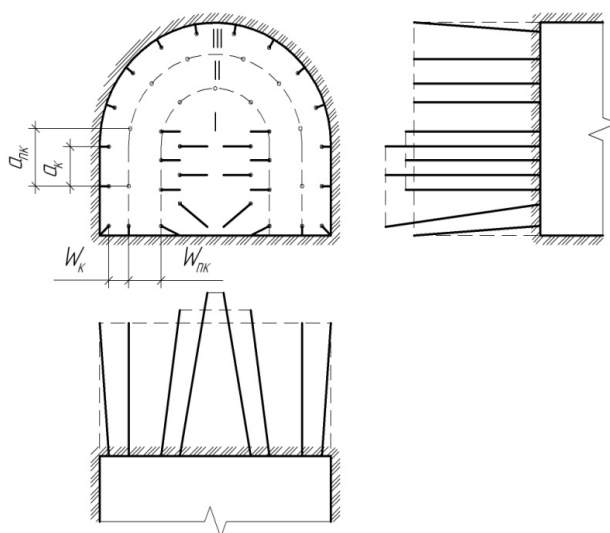


Рис.4. Принципиальная схема расположения шпуров при проведении выработок способом контурного взрывания:

I, II, III – зоны последовательного разрушения пород;

W_k – длина линии наименьшего сопротивления оконтуривающего ряда шпуров; $W_{пк}$ – то же для предконтурного ряда; a_k – расстояние между шпуровыми зарядами оконтуривающего ряда; $a_{пк}$ – то же для предконтурного ряда

Д. Сотрясательное взрывание и борьба с внезапными выбросами угля и газа путем пластового торпедирования.

Примерные схемы расположения скважин, использующиеся для пластового торпедирования, приведены на рис. 5 [4]. Характерной особенностью приведенных схем является то, что вновь буримые скважины располагаются между старыми.

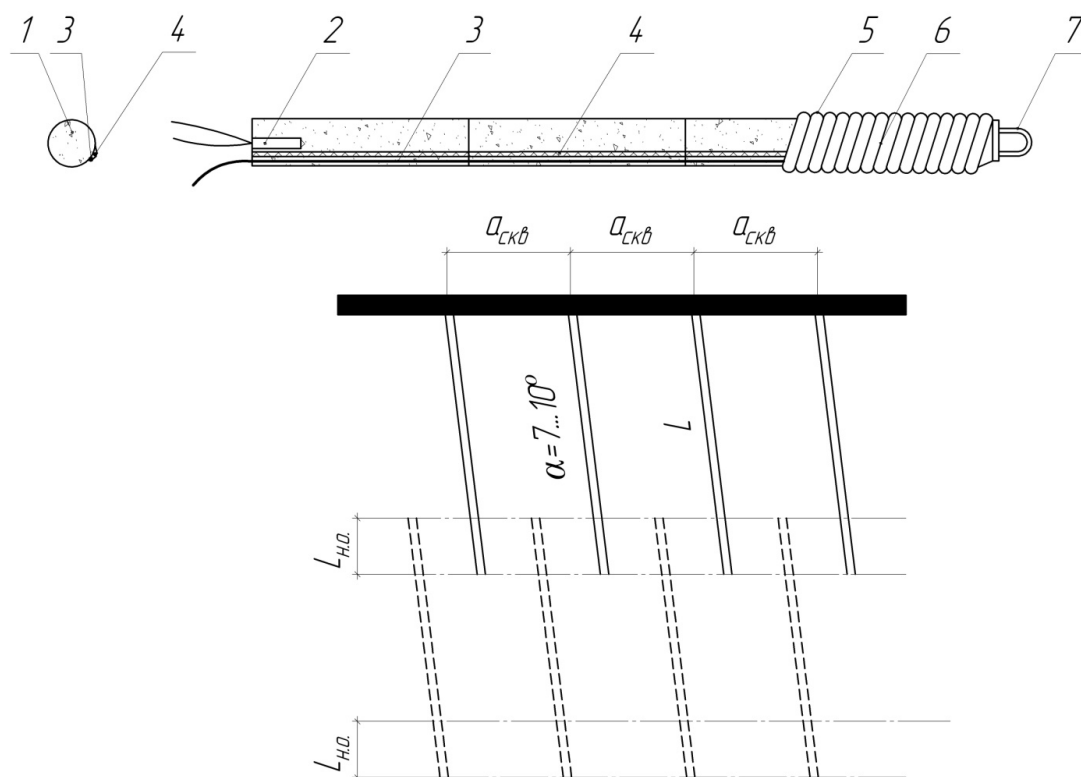


Рис. 5. Конструкция заряда для пластового торпедирования в комбайновой части лавы и примерная схема расположения скважин:

1 – патрон ВВ; 2 – электродетонатор; 3 – веревка; 4 – детонирующий шнур; 5 – шпагат; 6 – плотная ткань; 7 – петля;

$a_{\text{скв}}$ – расстояние между скважинными зарядами ВВ; $L_{\text{н.о.}}$ – неснижаемое опережение

Монозаряд изготавливается вблизи места ведения взрывных работ. При этом патроны ВВ вместе с детонирующим шнуром и отрезком веревки, необходимой для доставки монозаряда, монтируются вместе. Конструкция такого заряда показана на рис. 5. Петля, расположенная на монозаряде со стороны дна скважины, нужна для досылки заряда в скважину. Длина забойки принимается равной 3,5; 4,0 и 5,0 м при глубине скважины 8,5; 8,5...9,0 и более 10 м соответственно. В случае использования гидровзрывной обработки пласта с предварительным нагнетанием воды, масса скважинного заряда принимается равной 2,5...3,0 кг. Скважины, используемые для гидровзрывной обработки угольного массива, бурятся с наклоном вниз под углом не менее 7° . Это обеспечивает удержание в них воды. Монозаряды взрываются в камуфлетно-прострелочном режиме.

Е. Проведение передового торпедирования пород труднообрушаемой кровли угольного пласта в камуфлетном режиме (с запирающей забойкой из сыпучих материалов) (рис. 6) [1].

Передовое торпедирование – это способ разупрочнения труднообрушаемых пород кровли впереди очистного забоя взрывом в ней скважинных зарядов со следующими параметрами: диаметр скважины – 76...112 мм, длина скважины – 30...110 м, длина монозаряда – 10...55 м, масса заряда в скважине – 50...210 кг.

При использовании в качестве ВВ аммонита 6ЖВ, камуфлетное взрывание достигается при длине сыпучей забойки, равной не менее длины скважинного заряда ВВ (при снижении скорости детонации заряда ВВ длина забойки для реализации камуфлета возрастает [6]).

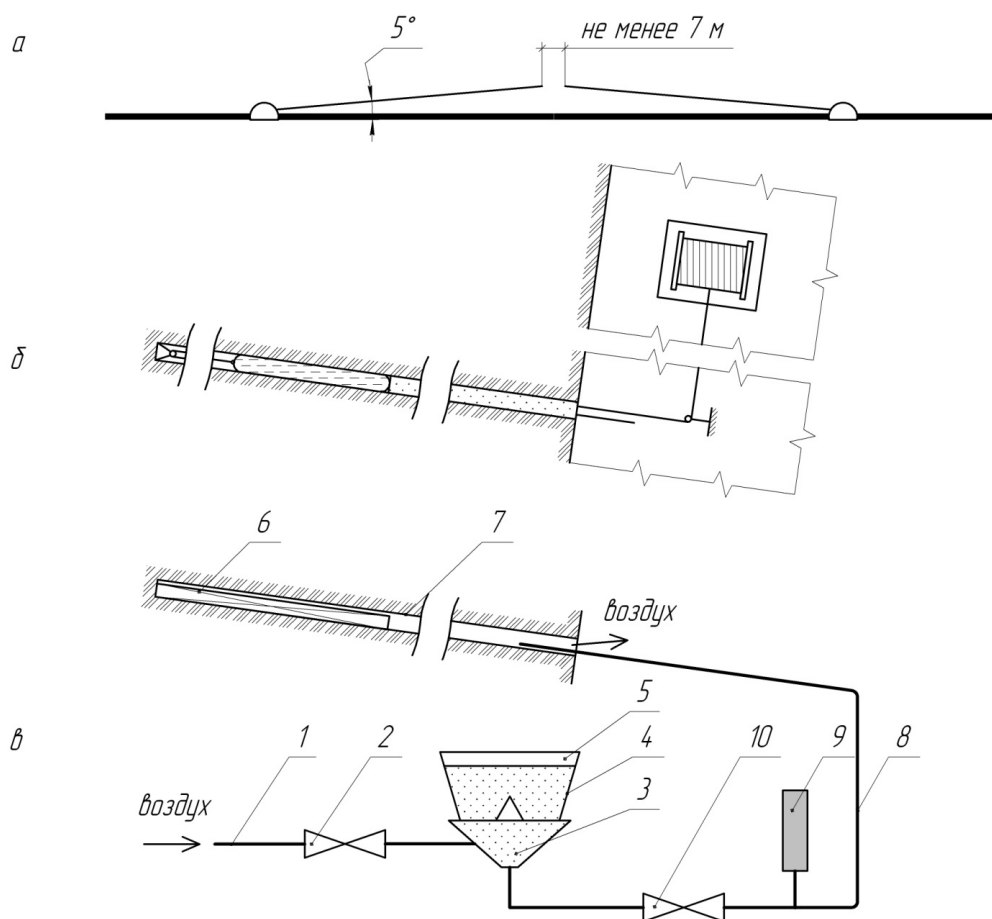


Рис.6. Вариант схемы расположения и зарядки скважин при передовом внепластовом торпедировании:
 а – схема расположения скважин над угольным пластом; б – конструкция скважинного монозаряда ВВ; в –
 схема формирования забойки в скважине при камуфлетном взрывании;
 1 – воздухопровод; 2 – клапан; 3 – дозировочная камера; 4 – запорный конус; 5 – приемный бункер; 6 –
 заряд ВВ; 7 – скважина; 8 – зарядный трубопровод; 9 – резервуар с водой; 10 – вентиль

Ж. Разработка параметров технологии буровзрывных работ как способа борьбы с пучением пород почвы и охраны сопряжений лавы с опережающими штреками. Взрывание в породах почвы выработки наклонных скважинных зарядов в режиме «гидровзрывания» (рис. 7).

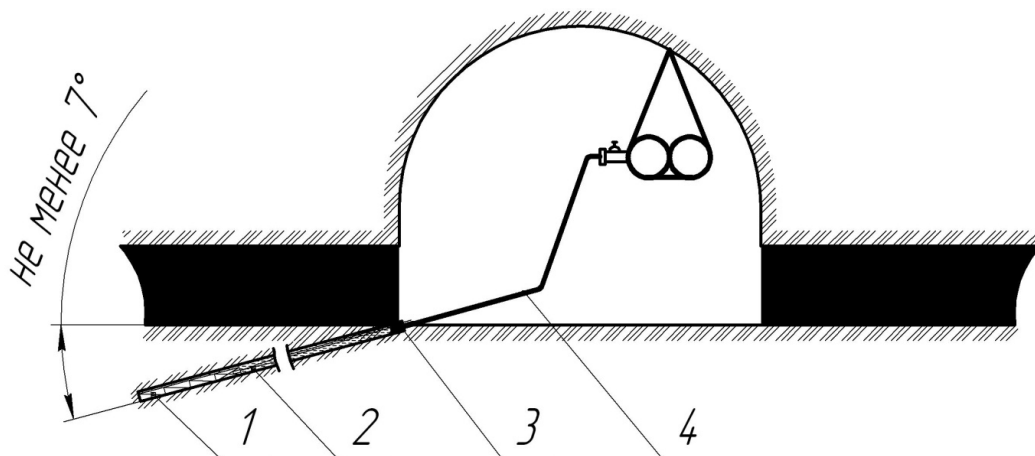


Рис. 7. Вариант конструкции наклонного скважинного заряда для взрывания в породах почвы выработки с целью борьбы с пучением:
 1 – заряд ВВ; 2 – гидрозабойка; 3 – гидрозатвор; 4 – трубопровод для подачи воды в скважину

Выводы

Опыт буровзрывных работ позволяет в очистных забоях угольных шахт эффективно бороться с выбросами угля и газа, газовыделением, пучением пород почвы, осуществлять управление труднообрушаемой кровлей. Это, в свою очередь, позволяет осуществлять безопасную выемку угля по газовому фактору без снижения нагрузки на очистной забой, а в ряде случаев и повысить скорость подвигания лавы в 1,2...2,0 раза по сравнению с чисто механизированной выемкой.

Работа будет продолжена в направлении корректировки параметров и технологических схем буровзрывной технологии применительно к конкретным условиям взрывания зарядов высокопредохранительных ВВ, в т.ч. в условиях угольных шахт ОАО «Павлоградуголь».

Библиографический список

1. Шевцов, М.Р. Руйнування гірських порід вибухом / М.Р. Шевцов, П.Я. Таранов, В.В. Левіт, О.Г. Гудзь // Підручник для вузів. – 4-е видання перероб. і доп. – Донецьк: ТОВ «Лебідь», 2003. – 272 с.
2. Миндели, Э.О. Взрывные работы на глубоких горизонтах шахт / Э.О. Миндели, Л.А. Вайнштейн, П.А. Демчук. – Донецк: «Донбасс», 1971. – 96 с.
3. Росинский Н.Л. Мастер-взрывник / Н.Л. Росинский, М.А. Магойченков, Ф.М. Галаджий // Учебник для профессионального обучения на производстве. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Недра, 1988. – 384 с.
4. Колесов, О.А. Взрывные работы в шахтах, опасных по внезапным выбросам / О.А. Колесов, В.И. Стикачев. – К.: Техника, 1987. – 167 с.
5. Таранов, П.Я. Контурное взрывание в угольных шахтах / П.Я. Таранов, Е.М. Гарцуев, А.Г. Гудзь и др. – Донецк: «Донбасс», 1972. – 80 с.
6. Шевцов, Н.Р. Взрывозащита горных выработок / Н.Р. Шевцов // Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – 280 с.

© Шевцов Н. Р., Калякин С. А., Купенко И. В., 2011.

Анотація

Розглянуто способи проведення вибухових робіт у механізованих очисних вибоях, у тому числі, спрямовані на боротьбу із раптовими викидами вугілля та газу, основні параметри вибухових робіт. Приведено принципіальні схеми розташування шпурів (свердловин).

Abstract

The methods of blasting in mechanized stopes production, including those aimed at combating sudden outbursts of coal and gas and the main parameters of blasting are considered. The fundamental charts of boreholes (wells) arrangement are given.

УДК 624.132:622.281.4

Методика определения параметров взрывного набрызгбетонирования горных выработок

Шевцов Н. Р.^{*}, Хоменчук О. В., Рублева О. И.

Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина

Поступила в редакцию 26.05.10, принята к печати 01.10.10.

Аннотация

Решена задача по определению доли распыленного вещества, наносимого взрывом на обрабатываемую поверхность. Дана последовательность решения прямой и обратной задач взрывного набрызгбетонирования. Приведены результаты промышленного испытания способа.

Ключевые слова: взрыв, распыление, набрызгбетон.

Одним из направлений снижения себестоимости добытого угля является снижение затрат на поддержание и ремонт горных выработок. Существенное сокращение затрат на эти операции может быть достигнуто за счет снижения себестоимости и металлоемкости крепи, улучшения ее конструктивных и технических характеристик, а также повышения производительности труда по креплению.

В тоже время традиционные виды крепи (металлическая аровая, монолитная бетонная, металлобетонная, сборная железобетонная и др.) являются весьма дорогостоящими и материалоемкими, требуют больших затрат ручного труда на возведение, плохо поддаются механизации. Кроме того, они не обеспечивают плотный контакт с породным массивом, не позволяют использовать несущую способность приконтурного слоя породы и выполняют лишь роль ограждающих конструкций.

Многолетняя практика использования набрызгбетона при проведении выработок доказала, что набрызгбетон есть и будет самым эффективным, с точки зрения снижения трудоемкости и материалоемкости, видом крепи, который в сочетании с другими видами крепи может использоваться в различных горно-геологических условиях.

В 80..90 г. XX столетия рядом авторов был предложен способ, при котором жидкие покрытия наносятся на поверхности защищаемых объектов с помощью энергии взрыва [1, 2]. Предлагалось осуществлять способ при помощи различных средств: углубления в почве выработки, в котором располагался заряд и бетонная смесь; специальных сосудов (устройств) на рельсовом ходу; легкоразрушаемых сосудов. Наиболее простым в реализации оказался последний из перечисленных способов [3].

Сущность взрывного способа набрызгбетонирования состоит в том, что направленный поток цементно-песчаной (бетонной) смеси формируется путем её диспергирования из легкоразрушаемого (полиэтиленового) сосуда при помощи взрыва размещенного в нём центрального заряда ВВ [4].

Одним из важных преимуществ способа является безлюдность, т.е. в момент нанесения смеси на поверхность выработки рабочие не находятся в загрязненном пространстве, что является неизбежным при сухом и мокром набрызгбетонировании механическими способами. Следует отметить также, что взрывной способ является довольно гибким и может быть использован при нанесении не только бетонной смеси, но различных жидких веществ (побелка, краска и т.п.) на

^{*} Для переписки: const@mine.dgtu.donetsk.ua

поверхности различного рода конструкций (трубопроводы, коллекторы, камеры, емкости, цистерны и т.п.) [5].

Целью данной работы является разработка методики определения эффективных параметров взрывного способа набрызгбетонирования, которая позволит рационально возводить качественный слой набрызгбетонной крепи.

Методика определения параметров способа при проектировании технологии набрызгбетонирования сводится к решению одной из главных задач – определению доли распыленного вещества, которая окажется нанесенной взрывом на обрабатываемую поверхность. Зная этот параметр, представляется возможным определить толщину наносимого слоя (при набрызгбетонировании) и соответственно количество последовательных взрываний для создания защитного слоя нужной толщины.

Для решения этой задачи необходимо, в первую очередь, рассмотреть механизм образования многофазного облака, формируемого центральным взрывом заряда ВВ, и взаимодействие этого облака со стенками обрабатываемого объекта (конструкции, подземной горной выработки и т.п.). Согласно современным теоретическим и экспериментальным представлениям, не позже чем через 2,5 мс от начала распыления, продукты взрыва распыляющего заряда ВВ и капли диспергированной жидкой оболочки перемешиваются с образованием однородного двухфазного потока. С течением времени прорыв в такого рода дисперсную систему окружающего воздуха приводит к образованию трехфазного потока и к росту облака, а это в свою очередь приводит к росту аэродинамического сопротивления, и как следствие, к резкому торможению процесса расширения через 25...40 мс от начала распыления. В последующие промежутки времени радиус формируемого облака, при предельном его значении в 5,1 м, практически не возрастает. Учитывая, что при применении цилиндрического распыляющего заряда ВВ радиус облака вдоль оси центрального заряда примерно в 2 раза меньше радиуса в направлении, перпендикулярном оси (R_{np}), облако по форме близко к эллипсоиду вращения с предельным объемом, равным:

$$V_{np} = 2,1 R_{np}^3. \quad (1)$$

Прямыми экспериментами установлено [5], что преграда не оказывает влияния ни на размеры многофазного облака, формируемого центральным взрывом заряда ВВ в жидкостной и порошковой оболочке, ни на размеры предохранительного облака, ни на скорость его формирования в свободных направлениях (преграда как бы отсекает часть сформированного в неограниченном пространстве облака). Это означает, что предельный радиус облака в свободных направлениях остается примерно таким же, как и при распылении в неограниченном пространстве.

Учитывая, что процесс нанесения вещества на обрабатываемую поверхность длится только десятки миллисекунд, отскоком частиц цементно-песчаной смеси либо капель побелки от поверхности можно пренебречь.

Исходя из вышеизложенных положений, минимально возможная доля распыленного вещества, которая в динамике будет нанесена на внутреннюю поверхность обрабатываемой замкнутой конструкции, определяется по формуле:

$$\Delta_{np} = \frac{S_{np} - S_{об}}{S_{np}}, \quad (2)$$

где $S_{об}$ – площадь поперечного сечения обрабатываемого объекта (выработки), m^2 ;
 S_{np} – предельная площадь облака дисперсной системы в направлении, перпендикулярном оси распыляющего заряда, m^2 .

Параметр S_{np} определяется ориентацией распыляющего заряда ВВ, а $S_{об}$ – зависит от конфигурации обрабатываемой поверхности.

В действительности, на обрабатываемую поверхность может быть нанесено больше распыляемой смеси, чем определенной по формуле (2). Это происходит, во-первых, из-за неровности переднего фронта облака – его сплошное ядро подпирает отдельные струи, длина которых изменяется во времени в пределах 0,2...1,5 м; во-вторых, плотность слоя вдоль переднего фронта облака может быть несколько выше его средней плотности; в-третьих, после прекращения интенсивного роста облака под действием взрыва на его динамику могут оказывать влияние внешние факторы, в первую очередь, вентиляция.

Часть распыленного вещества, которое окажется в облаке в пределах поперечного сечения объекта, постепенно, по законам гравитации, осядет на нижнюю часть (почву, дно и т.д.) объекта.

Минимально возможная толщина наносимого слоя $\delta_{сл}$ при распылении жидкой (пластичной) смеси из одного сосуда (взрывом одного заряда) равна:

$$\delta_{сл} = \frac{M \cdot \Delta_{np}}{F_{об} \cdot \rho_{см}}, \quad (3)$$

где M - масса распыляемой смеси, кг;

$\rho_{см}$ - плотность распыляемой взрывом смеси, кг/м³;

$F_{об}$ - поверхность объекта (выработки), обрабатываемая одним устройством, м², равная:

$$F_{об} = P_{об} \cdot R_{np}, \quad (4)$$

где $P_{об}$ - периметр обрабатываемого объекта, м.

Параметр R_{np} определяется через гиперболический тангенс по следующей эмпирической формуле:

$$R_{np} = 3,96 + 0,58 \cdot (M_{fэ} - 2,58) - 0,59 \cdot (M_{fэ} - 2,58) \cdot \tanh\left(\frac{M_{fэ} - 2,58}{6,66}\right), \quad (5)$$

где $M_{fэ}$ – эквивалентная масса распыляемой навески (кг), приведенная к массам эталонных порошковой оболочки и распыляющего заряда ВВ, введенным проф. Н.Р.Шевцовым.

В общем виде

$$M_{fэ} = \psi \cdot e_p \cdot M, \quad (6)$$

где ψ – коэффициент ранжирования веществ по их способности диспергироваться под действием центрального взрыва, характеризующий количественный переход распыляемой системы к порошковой (для порошков $\psi = 1,0$, для водного раствора ПАВ $\psi = 1,15$, для воды $\psi = 1,32$, для известкового раствора $\psi = 1,55$, для цементно-песчаного раствора $\psi = 1,67$, для прессованных порошков $\psi = 1,83 \dots 3,44$);

e_p – коэффициент распыляющей эффективности заряда ВВ, определяемый по формуле:

$$e_p = \frac{88,3 \cdot 10^8}{f_{зар}}, \quad (7)$$

где $88,3 \cdot 10^8$ кг·с^{-1/2}·Дж^{3/2} – энергетический критерий распыляющей эффективности 0,2 кг угленита Э-6, принятого проф. Н.Р. Шевцовым за эталонный распыляющий заряд ВВ;

$f_{зар}$ – энергетический критерий заряда ВВ, принятого для производства набрызгбетонирования, кг·с^{-1/2}·Дж^{3/2}, равный:

$$f_{зар} = \frac{m_{зар}^{5/2} \cdot Q_v^{3/2} \cdot D^{1/2}}{l_{зар}^{1/2}}, \quad (8)$$

где $m_{зар}$ – масса распыляющего заряда, кг;

$l_{зар}$ – длина заряда, м;

Q_v – удельная теплота взрыва, Дж/кг.

D – скорость детонации распыляющего заряда, м/с;

Зависимость предельного радиуса (R_{np}) от эквивалентной приведенной массы вещества $M_{fэ}$ показана на рис. 1.

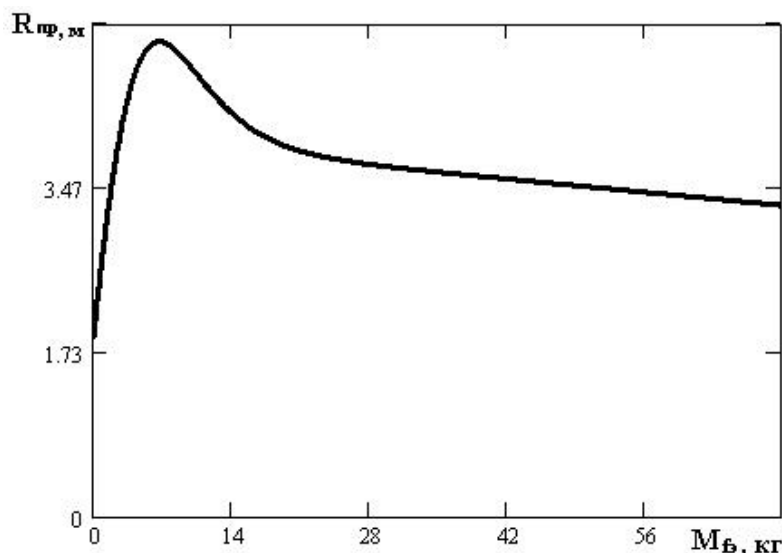


Рис. 1. График зависимости предельного радиуса облака взрыва от эквивалентной массы распыляемой навески

При использовании ручного труда для подвески сосудов, следует использовать легкоразрушаемые сосуды, наполненные распыляемым веществом общей массой не более 20 кг. Распыление небольших масс нерационально при набрызгбетонировании взрывом, т.к. из-за большой плотности цементно-песчаной смеси на обрабатываемую поверхность наносится слой незначительной толщины. Эффективность набрызгбетонирования взрывом значительно повышается при применении средств подъема (лебедки, краны и т.п.), а также легкоразрушаемых пакетов большой грузоподъемности, например, «биг-бэг» (широко применяемые в настоящее время для транспортирования сыпучих строительных материалов), которые могут выдерживать груз массой 1100 кг в подвешенном состоянии.

На практике чаще всего решается так называемая прямая задача, в которой заданы масса и плотность распыляемой навески, а также тип ВВ, величина и конструкция распыляющего заряда, и требуется установить предельный радиус облака, по величине которого рассчитать для заданного объекта, например, горной выработки параметры $\Delta_{пр}$ и $\delta_{см}$. Решается задача путем последовательного расчета по формулам (8), (7), (6), (5), (4), (3), (2).

В табл. 1 представлены значения предельного радиуса облака, формируемого при распылении 20 кг различных по консистенции систем взрывом заряда из ВВ различных типов и масс.

Возможно решение и так называемой обратной задачи, в которой задается масса распыляемой навески (M) и тип применяемого ВВ, а требуется установить массу распыляющего заряда ВВ, при взрыве которого формируется облако максимально возможных размеров, т.е. при $R_{пр} = 5,1$ м с последующим нахождением $\Delta_{пр}$ по формуле (2) и $\delta_{см}$ по формулам (4) и (3). Решается задача путем расчета в следующей последовательности.

Вначале методом последовательных приближений, используя формулы (5) - (8), определяется масса заряда, при которой предельный радиус облака взрыва будет максимальным.

Затем полученную величину массы заряда округляют в большую или меньшую сторону таким образом, чтобы принятая величина $m_{зар.ум}$ была кратной массе одного патрона. Если принятая масса заряда отличается от расчетной более чем на 5%, следует скорректировать энергетический критерий принятого заряда по формуле (8) и коэффициент распыляющей эффективности по формуле (7), по величине которого скорректировать принятую массу распыляемой смеси, сохранив расчетное значение $M_{в}$ по формуле (6).

При решении обеих задач, необходимо иметь ввиду, что, если расчетное значение толщины слоя не удовлетворяет поставленным требованиям, то изменяют массу распыляемой навески и, если необходимо, величину распыляющего заряда и расчет повторяют.

Табл. 1. Значения предельного радиуса облака взрыва при распылении различных систем массой 20 кг

Параметры распыляющего заряда ВВ			Предельный радиус облака R_{np} в зависимости от вида распыляемой взрывом смеси, м	
тип ВВ	масса, кг	e_p	цементно-песчаная смесь	известковый раствор
Аммонит 6ЖВ	0,2	0,351	4,48	4,59
	0,3	0,157	4,92	4,86
	0,4	0,062	3,68	3,58
Аммонит АП-5ЖВ	0,2	0,446	4,15	4,25
	0,3	0,200	5,01	5,01
	0,4	0,079	4,03	3,92
Аммонит Т-19	0,2	0,502	4,02	4,10
	0,3	0,225	4,98	5,01
	0,4	0,089	4,21	4,10
Угленит 13П	0,2	0,884	3,69	3,72
	0,3	0,397	4,32	4,42
	0,4	0,156	4,93	4,86
Ионит	0,2	1,873	3,34	3,39
	0,3	0,680	3,80	3,84
	0,4	0,409	4,27	4,38

В табл. 2 представлены некоторые значения массы распыляемой смеси в зависимости от массы заряда ВВ, при которой предельный радиус облака взрыва составляет 5,1 м. При этом заряд состоит как из одного, так и из связки нескольких патронов ВВ боковыми поверхностями.

При набрызгбетонировании стенок горных выработок, масса распыляемой смеси в сосуде может быть увеличена расположением последнего на почве горизонтальной или наклонной выработки или на забое вертикальной выработки.

Таким образом, используя формулы (6) – (8) и изложенные выше рекомендации, рассчитывают основные параметры взрывного способа набрызгбетонирования и побелки различных замкнутых конструкций. Однако, вся эта последовательность рассуждений и расчета применима для одиночных сосудов, расположенных по оси или в центре обрабатываемого объекта (подземной горной выработки). В тоже время при разработке схемы размещения снаряженных сосудов для обработки различных объектов (сооружений, изделий и др.) необходимо учитывать, что при направленных взрывах может иметь существенное значение, помимо движущихся воздушных потоков (при искусственном проветривании), также сопротивление атмосферного воздуха. В этом отношении характерен опыт по созданию первых искусственных островов (насыпных холмов) в поймах рек для установки опор высоковольтных линий и других целей, которые затем затапливаются в результате строительства гидротехнических сооружений. Идея устройства искусственного холма при помощи направленного выброса породы весьма проста. Необходимо обеспечить образование при помощи взрыва кольцевого заряда траншеи и отбросить к центру кольца возможно более значительную часть породы (удаляемой из выемки). Однако при первых попытках осуществить на практике подобный направленный выброс оказалось, что к центру кольцевой выемки перебрасывается меньше породы, чем следовало бы ожидать на основе опыта с прямолинейными выемками. Детальное исследование этого противоречия показало, что здесь отрицательную роль играет атмосферный воздух. При движении масс выброшенной породы к общему центру воздух сжимается и, не имея возможности быстро прорваться сквозь сходящиеся потоки раздробленной породы, интенсивно тормозит эти потоки. Далее начинается расширение этого воздуха, и порода разбрасывается в стороны, не имея возможности достигнуть намеченного центра. Чтобы преодолеть эту трудность, разделили круговую систему зарядов на четыре равные части, которые взрывали по отдельности. Сначала взрывали какие-либо две противоположные секции. В этом случае воздух сможет уходить из центральной части кольца зарядов над секциями, которые еще не взрываются. После образования навала породы, вызванного этим взрывом, производится взрыв двух оставшихся секций и завершается, таким образом, формирование искусственного холма.

Табл. 2. Масса распыляемой цементно-песчаной смеси, необходимая для получения облака взрыва с $R_{пр}=5,1$ м

Параметры заряда ВВ			Масса распыляемой цементно-песчаной смеси за одно взрывание, кг
тип ВВ	масса, кг	e_p	
Аммонит скальный № 1 прессованный	0,4	0,0402	100
	0,8	0,0073	550
	1	0,0042	1000
	1,4	0,0018	2200
Аммонит 6 ЖВ	0,3	0,0926	43,00
	0,6	0,0232	180,00
	0,9	0,0103	400,00
	1,2	0,0041	1000,00
Аммонит АП-5ЖВ	0,3	0,1178	35,00
	0,6	0,0295	135,00
	0,9	0,0131	300,00
	1,2	0,0052	780,00
Аммонит Т-19	0,3	0,1325	30,00
	0,6	0,0331	125,00
	0,9	0,0147	275,00
	1,2	0,0059	690,00
Угленит 13 П	0,3	0,2334	17,00
	0,6	0,0584	70,00
	0,9	0,0259	160,00
	1,2	0,0103	390,00
Ионит	0,4	0,2409	17,00
	0,6	0,1236	32,00
	0,8	0,0602	68,00
	1	0,0345	115,00
	1,2	0,0268	150,00

Поэтому центральное размещение (подвеска) снаряженных сосудов (рис. 2) можно применять только в объектах, которые или имеют хотя бы один выход на дневную поверхность, например, в отрезках металлических труб, или же в протяженных горных выработках. Причем, инициирование распыляющих зарядов в нескольких последовательно размещенных сосудах следует производить или мгновенными электродетонаторами, или же замедленными (короткозамедленными) электродетонаторами, но последовательно, причем в направлении устья горной выработки (выхода на дневную поверхность) или открытого торца.

При центральном взрывании в закрытых (полужакрытых) емкостях (металлической цистерне, во взрывной камере и т.д.) у стенок воздух будет сжиматься и препятствовать нанесению на них распыленной жидкости. В таких объектах сосуды с наносимым веществом целесообразно располагать вблизи стенок (по периметру объекта) на некотором расстоянии от них (рис. 3), чтобы избежать разрушения. Снаряженный сосуд будет располагаться в этом случае на расстоянии (l_n) от стенки, меньшем предельного радиуса облака ($R_{пр}$), т.е. при $l_n < R_{пр}$. Тогда на стенку объекта будет нанесена только такая масса распыленного вещества (дисперсной фазы), которая взвешена в облаке с поперечным сечением, равным площади сегмента со стрелой, равной l_n . Однако величина стрелы весьма мала (порядка 0,05...0,1 м) по сравнению с величиной предельного радиуса облака. Учитывая это, а также то, что при круговом расположении сосудов вдоль внутренней поверхности обрабатываемого сооружения от взрыва распыляющих зарядов атмосферный воздух сжимается внутри емкости, и при его последующем расширении распыленное вещество будет прижиматься к поверхности сооружения, стрелой сегмента можно пренебречь и считать, что снаряженный сосуд контактирует с обрабатываемым объектом. Тогда

на стенки обрабатываемого объекта будет нанесена половина распыленного вещества. Остальная его часть опустится на дно емкости и частично попадет на ее верх.

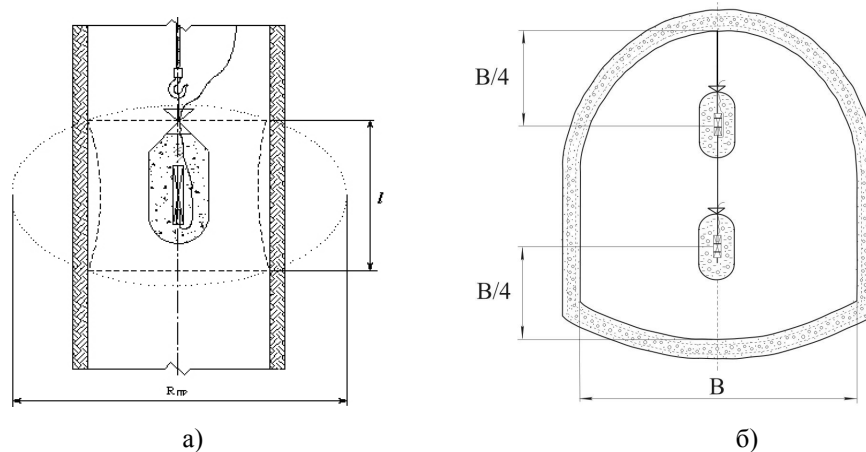


Рис. 2 Принципиальные схемы размещения сосудов с бетонной смесью в подземных горных выработках: а) в вертикальных выработках (скважинах); б) в горизонтальных и наклонных выработках

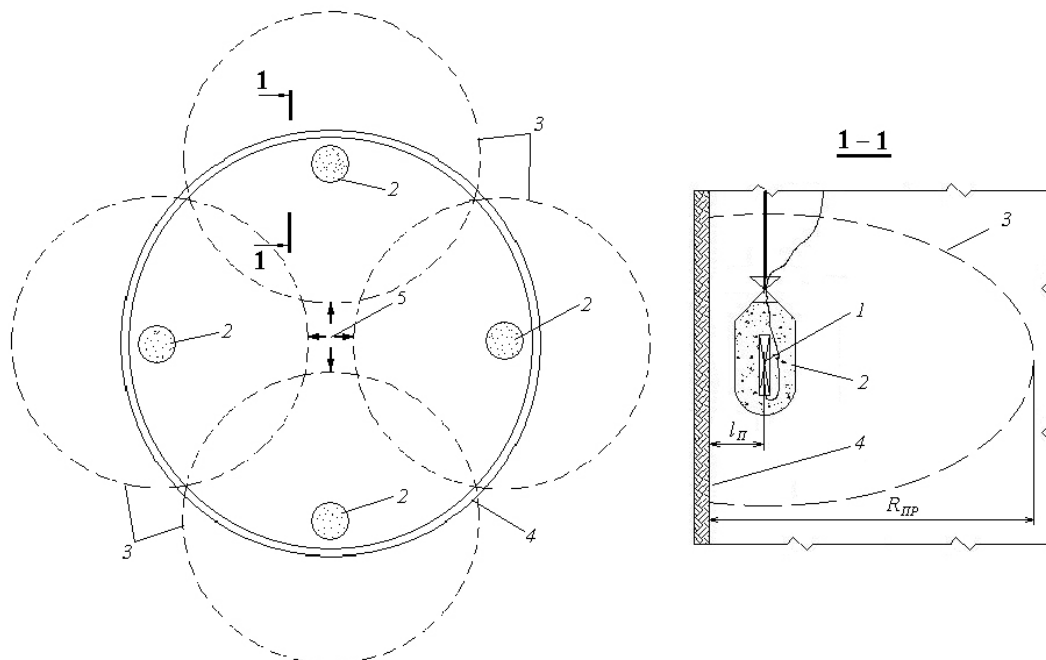


Рис. 3 Модель формирования облака взрывом центрального заряда в жидкой оболочке, размещенной вблизи стенок обрабатываемого объекта:

1 – распыляющий заряд ВВ; 2 – жидкая оболочка; 3 – передний фронт расширяющегося облака; 4 – стенка обрабатываемого объекта; 5 – реакция сжимаемого воздуха.

Изложенные выше принципы построения схем расположения сосудов с наносимым на внутреннюю поверхность обрабатываемой замкнутой конструкции веществом являются фундаментальными и должны учитываться при проектировании набрызгбетонирования, побелки и покраски взрывом.

В 2002 г. взрывной способ набрызгбетонирования был применен для создания временной крепи при проходке вентиляционного вертикального ствола на шахте «Заря» ПО «Снежноеантрацит» [6].

Ниже приведены условия, в которых проводилось набрызгбетонирование: глубина ствола – 776 м; диаметр ствола в проходке – 7,3 м; пересекаемые породы – песчаник ($f = 18 \dots 20$); приток воды в забой ствола – $15 \text{ м}^3/\text{ч}$; тип ВВ – аммонал скальный № 1 прессованный ($D = 5050 \text{ м/с}$, $Q_v =$

$54,09 \cdot 10^5$ Дж/кг); тип электродетонаторов – ЭДКЗ-ПМ и ЭДКЗ-ОП; соотношение компонентов бетонной смеси по объему (цемент : песок : щебень) – 1,00:1,11:2,24; водоцементное соотношение – 0,54; вид цемента – сульфатостойкий марки 400; ускоритель схватывания – $CaCl_2$.

Для нанесения слоя бетонной смеси на незакрепленные боковые стенки призабойного участка ствола высотой 5,0 м необходимо было распылить 1600 кг бетонной смеси. В качестве емкости использован полипропиленовый мешок вместимостью порядка $0,785 \text{ м}^3$, который ранее использовался для транспортирования и хранения хлористого кальция. Распыляющий заряд состоял из двух патронов (диаметр патрона – 45 мм, длина – 180 мм, масса – 0,4 кг). Патроны размещались в специально изготовленном из ватмана шпуре диаметром 56 мм. Для извлечения мощности взрыва (снижения времени детонации заряда) применили рассредоточенный заряд (рис. 4.). Промежуточная забойка длиной 180 мм была изготовлена из граншлака. Каждый патрон инициировался снизу вверх (обратное инициирование) отдельным электродетонатором мгновенного действия ЭДКЗ-ОПМ.

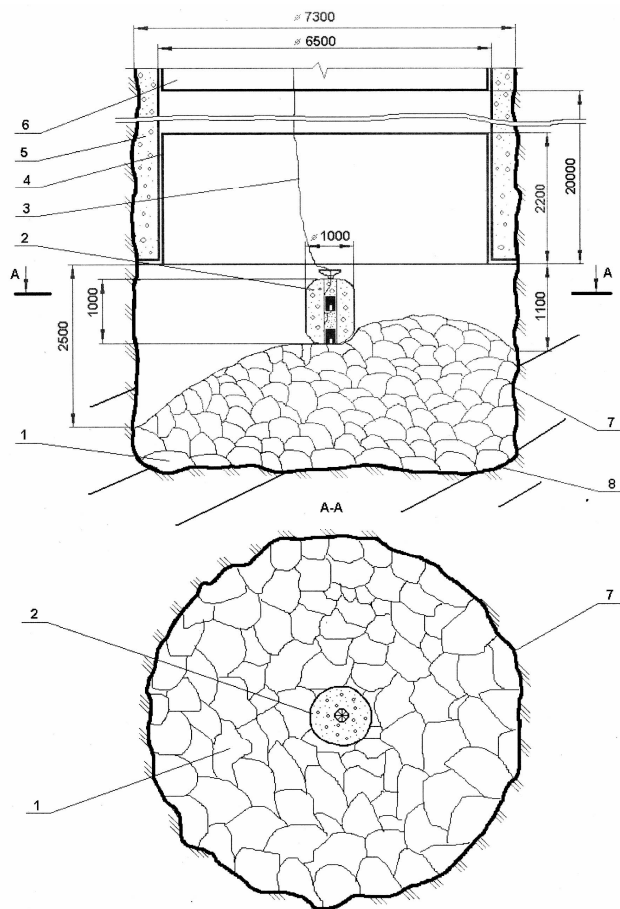


Рис. 4 Схема расположения устройства для набрызгбетонирования взрывным способом в вентиляционном стволе шахты «Заря»:

1 – развал породы после взрывания; 2 – устройство для формирования набрызгбетонной крепи взрывом; 3 – выводные провода; 4 – опалубка; 5 – бетон; 6 – полук; 7 – поверхность призабойного участка ствола; 8 – забой.

Для расчета параметров набрызгбетонирования решалась прямая задача.

В соответствии с (8) энергетический критерий заряда равен (т.к. заряд рассредоточен, то за величину $\ell_{зар}$ принята длина одного патрона):

$$f_{зар} = (0,8^{5/2} \cdot (54,09 \cdot 10^5)^{3/2} \cdot 5050^{1/2}) / 0,18^{1/2} = 1,206 \cdot 10^{12} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{Дж}^{3/2}$$

По (7) коэффициент распыляющей эффективности заряда ВВ равен:
 $e_p = 88,3 \cdot 10^8 / 1,206 \cdot 10^{12} = 0,0073$.

Согласно (6), эквивалентная приведенная масса распыляемой навески равна:
 $M_{\text{ф}} = 1,67 \cdot 0,0073 \cdot 1600 = 19,5 \text{ кг}$.

По (5) предельный радиус облака для данных условий взрывания равен:

$$R_{\text{пр}} = 3,96 + 0,58 \cdot (19,5 - 2,58) - 0,59 \cdot (19,5 - 2,58) \cdot \tanh\left(\frac{19,5 - 2,58}{6,66}\right) = 3,91 \text{ м}.$$

Определяем минимально возможную толщину наносимого на стенки ствола бетонной смеси ($\rho_{\text{см}} = 2000 \text{ кг/м}^3$) путем последовательного расчета по формулам (4), (2) и (3): $F_{\text{об}} = 89,6 \text{ м}^2$; $\Delta_{\text{пр}} = 0,129$; $\delta_{\text{см}} = 1,15 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Выводы

1. После проведенного взрывания вся поверхность ствола от опалубки до отвала породы (высотой 3,6...5,0 м) оказалась обработанной набрызгбетоном. Полученные практические результаты подтвердили работоспособность взрывной технологии набрызгбетонирования.
2. Разработанная методика расчета параметров набрызгбетонирования взрывом заряда ВВ пригодна для определения (прогнозирования) проектных параметров этой технологии.
3. В силу своих особенностей способ может применяться, в основном, в тех случаях, когда невозможно использовать традиционные способы или их использование затруднено. К таким технологиям относятся: стесненные условия работы, обусловленные малым сечением выработок; отсутствие источников энергии, т.е. на месте производства работ отсутствует электроэнергия и трубопроводы для подачи воды и сжатого воздуха; малые объемы работ по набрызгбетонированию, делающие применение дорогостоящих машин и оборудования нецелесообразным. К случаям наиболее эффективного применения следует отнести: возведение крепи геологоразведочных выработок (скважин, шурфов и т. п.); возведение временной крепи и ремонт постоянной крепи в технических скважинах большого диаметра и в передовых скважинах при строительстве вертикальных стволов по комбинированной технологии; побелка подземных горных выработок, камер и других сложных сооружений.

Работа будет продолжена в направлении разработки технологических схем набрызгбетонирования взрывом заряда ВВ.

Библиографический список

1. Томашев Г.С. Нанесение набрызгбетона на стенки выработки взрывным способом / Томашев Г.С., Кореневский В.В., Лукманов Р.Х. // Разработка месторождений полезных ископаемых Сибири и Северо-Востока. – Иркутск. – 1980. С. 47-50.
2. Ягнышев В.С. Возведение набрызгбетонной крепи взрывным способом / Ягнышев В.С., Дементьев И.В., Пропп В.Д. // «Известия вузов. Горный журнал». – 1982. – № 12. – С. 19 -23.
3. Гречихин Л. И. Основы теории распыления оболочек из жидких и порошковых материалов центральным взрывом. / Гречихин Л. И., Шевцов Н. Р., Хоменчук О. В. // Проблеми гірського тиску. Випуск 9 / Під заг. ред. О. А. Мінаєва. – Донецьк: ДонНТУ, 2003. – С. 236-256.
4. Гречихин Л. И. Основы теории распыления оболочек из жидких и порошковых материалов центральным взрывом. / Гречихин Л. И., Шевцов Н. Р., Хоменчук О. В. // Проблеми гірського тиску. Випуск 9 / Під заг. ред. О. А. Мінаєва. – Донецьк: ДонНТУ, 2003. – С. 236-256.
5. Шевцов Н.Р. Взрывозащита горных выработок: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд. перераб. и доп. – Донецк: Норд-Пресс, 2002. – 280 с.
6. Шевцов Н. Р. Промышленные испытания технологии возведения набрызгбетонной крепи взрывным способом. / Шевцов Н. Р., Хоменчук О. В. // Наукові праці ДонНТУ: серія гірничо-геологічна. – Донецьк: ДонНТУ. -2002. - № 54. – С. 94-99.

© Шевцов Н. Р., Хоменчук О. В., Рублева О. И., 2011.

УДК 622.243

Снаряд термомеханического бурения

Судаков А. К.¹, Сирик В. Ф.², Крюков М. П.³

¹ Национальный горный университет, Днепропетровск

² ООО «Днепропетровский завод бурового оборудования», Днепропетровск,

³ НПП Технополис «Экоиндустрия», Днепропетровск

Поступила в редакцию 28.05.10, принята к печати 01.10.10.

Аннотация

Предложена конструкция снаряда, обеспечивающая термомеханическое разрушение горных пород при бурении скважин.

Ключевые слова: скважина, буровой снаряд, СВЧ.

Бурение широко применяется при разведке месторождений и добычи полезных ископаемых. Традиционно применяемый породоразрушающий инструмент практически исчерпал возможности дальнейшего прогресса в области совершенствования технологии бурения, достигнув определенного предела эффективности. В связи с этим актуальным вопросом становится разработка принципиально новых технических средств и технологий, обеспечивающих повышение коэффициента полезного действия породоразрушающего инструмента, скорости и информативности бурения, снижение расхода дорогостоящих истирающих материалов, энергоемкости разрушения горных пород и т.д.

Для повышения эффективности процесса бурения целесообразно использовать комбинированные способы разрушения горной породы на забое. Такие технологии должны предварительно разупрочнять горную породу с последующим ее разрушением.

Одной из перспективных технологий бурения горной породы является термомеханический способ бурения с воздействием на забой излучения СВЧ.

Предварительное тепловое воздействие на забой скважины позволяет снизить прочностные свойства горных пород в 2...3 раза и за счет этого интенсифицировать процесс механического бурения в средних и крепких горных породах в 1,5—10 раз.

Целью данной статьи является разработка технических средств шарошечного термомеханического бурения скважин большого диаметра с применением СВЧ энергии.

Снаряд термомеханического бурения в нижней части содержит планетарное двухступенчатое долото 9, во внутренней полости которого находится источник тепловой энергии, который выполнен в виде забойного генератора СВЧ энергии (магнетрона) 8. Мультипликаторы жестко связаны между собою валом, служащий для передачи осевой нагрузки и крутящего момента породоразрушающему инструменту. Вал магнетрона жестко соединен с валом понижающего мультипликатора 7, который жестко соединен с ротором генератора 6. В верхней части снаряда ротор генератора 6 с помощью шпилек соединен с валом повышающего мультипликатора 4, к верхней части которого присоединяется вал 1.

Вал 1 в верхней части присоединен по средством резьбового соединения к колонне бурильных труб, а в нижней к валу верхнего мультипликатора 4. Вал 1 служит для передачи крутящего момента и осевой нагрузки от колонны бурильных труб валу верхнего мультипликатора 4. Корпус снаряда 5 в верхней части закрепляется в скважине с помощью пневматического устройства 2 и в процессе бурения перемещается соосно со скважиной.

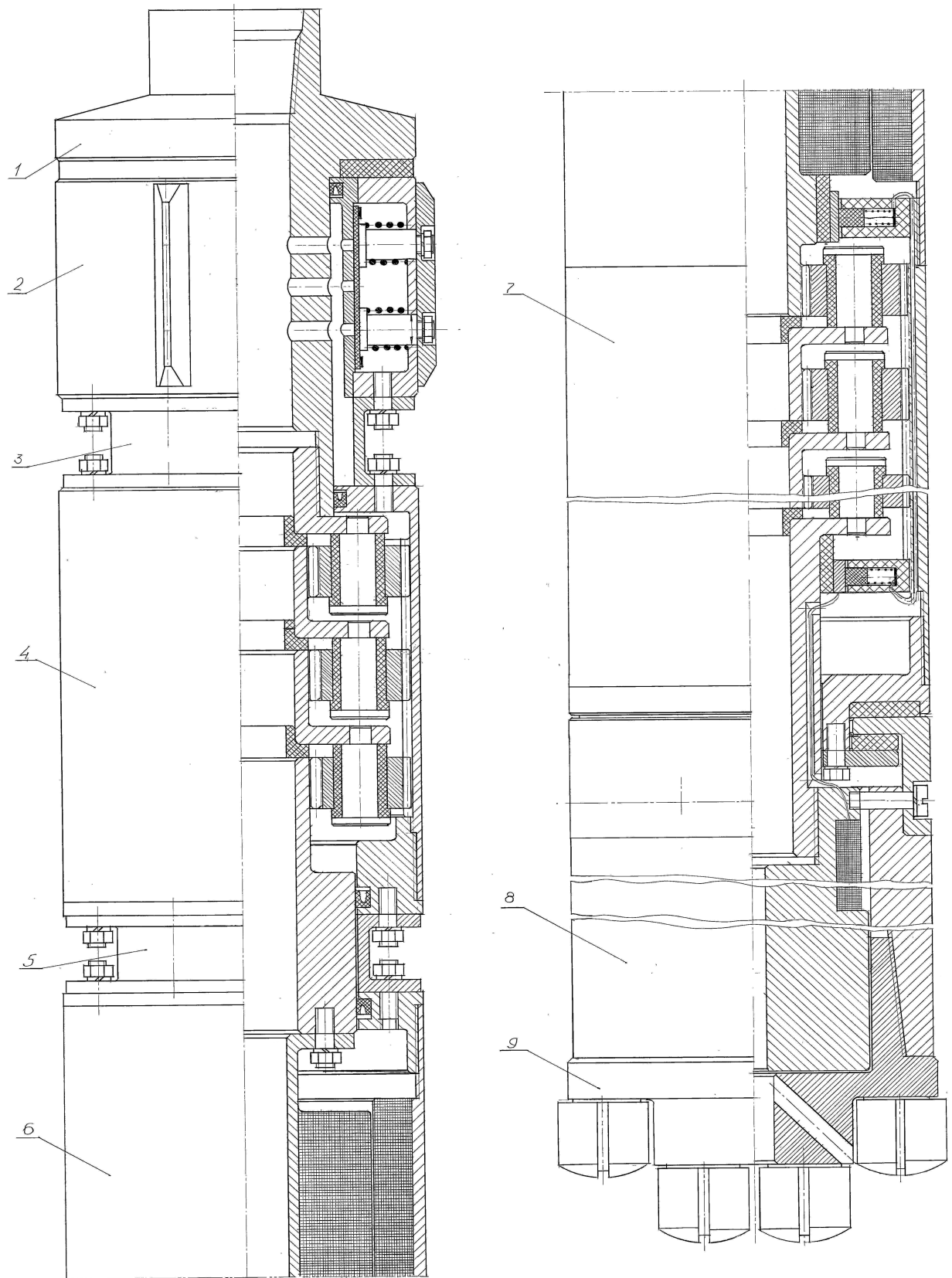


Рис. 1. Снаряд термомеханического бурения.

1 - вал; 2 - пневматический раскрепляющее устройство; 3 – фланец; 4 - повышающий мультипликатор; 5- корпус снаряда; 6 - ротор генератора; 7 - понижающий мультипликатор; 8 - магнетрон; 9 - планетарное двухступенчатое долото

Над устьем скважин к валу 1 присоединяют бурильные трубы с последующим их наращиванием. Снаряд доставляют на забой скважины. Не вращающаяся часть устройства (статор) раскрепляется в скважине в момент подачи сжатого воздуха в пневматическое устройство 2. После раскрепления устройства 2 в скважине к валу 1 с помощью бурильной колонны сообщается вращение и осевая нагрузка. Вращение и осевая нагрузка передается мультипликатору 4 соединенного с валом 1 через венцовую шестерню. Мультипликатор (верхний) 4 повышает частоту вращения в семь раз создавая достаточную частоту вращения ротора генератора 6, который служит для питания магнетрона 8. Магнетрон 8, излучает СВЧ- энергию которая проходит по волноводам долота 9. Осевая нагрузка и крутящий момент, с более низкой частотой вращения, чем ротор генератора 6, через понижающий редуктор 7 (мультипликатор нижний) и шестеренчатое соединение, передает породоразрушающему инструменту, который эффективно разрушает облученные (разупрочненные) участки забоя и одновременно раскрывает нижележащие не подвергнутые облучению пласты породы. Таким образом, за счет применения снаряда термомеханического бурения достигается: увеличение механической скорости бурения; оптимизация процесса бурения; улучшение условий работы породоразрушающего инструмента на забое буровой скважины

Предлагаемое устройство предполагается применять для бурения скважин с продувкой сжатым воздухом в породах VIII-XII категории по буримости при минимальном диаметре породоразрушающего инструмента 215,9 мм.

Вывод. Основное преимущество бурения с применением СВЧ энергии, определяющее его эффективность, заключается в том, что при одинаковой забойной мощности средняя механическая скорость бурения с применением СВЧ на 30-40% выше алмазного бурения и в 3-4 раза превышает скорость твердосплавного бурения. Предложена конструкция снаряда, обеспечивает термомеханическое разрушение горных пород при бурении скважин с продувкой сжатым воздухом в породах VIII-XII категории по буримости.

Бібліографічний список

1. Пат. № 83053. UA, МКИ(2006) E21B10/00, E21B7/14. Снаряд термомеханічного буріння / В.Ф.Сірик, А.К.Судаков, М.П.Крюков (UA). - Друк. 10.06.2008; Бюл. №11.

© Судаков А. К., Сирік В. Ф., Крюков М. П., 2011.

Анотація

Запропонована конструкція снаряда, що забезпечує термомеханічне руйнування гірських порід при бурінні свердловин.

Ключевые слова: свердловина, буровий снаряд, НВЧ.

Abstract

The construction of shell, providing thermomechanical destruction of mountain breeds at well-drilling, is offered

Keywords: wellbore, drilling tool..

Научные основы стохастического прогноза деформаций земной поверхности при её подработке

Бугаёва Н. А.*

Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина

Поступила в редакцию 18.06.10, принята к печати 01.10.10.

Аннотация

Предложено усовершенствование методики прогноза сдвижений и деформаций земной поверхности. Вместо детерминированных коэффициентов перегрузки при определении расчетных деформаций предлагается вносить поправки в виде доверительных интервалов. Выполнено стохастическое моделирование процесса сдвижений массива горных пород.

Ключевые слова: мульда сдвижения, деформации земной поверхности, стохастическое моделирование

Введение

Добыча полезных ископаемых подземным способом сопровождается сдвижением земной поверхности, которое может привести к повреждению зданий и сооружений, расположенных в пределах влияния горных работ. Для предотвращения этих повреждений осуществляется прогноз расчетных величин деформаций земной поверхности. На участках, где прогнозные величины деформаций превышают допустимый уровень, принимают горные и конструктивные меры охраны объектов.

В существующей методике прогноза сдвижений и деформаций земной поверхности на первом этапе определяют ожидаемые деформации по общеизвестным формулам [1]:

$$\begin{aligned}\eta &= \eta_{\max} S_z; \\ i &= \eta_{\max} S'_z / L; \\ K &= \eta_{\max} S''_z / L^2; \\ \xi &= \eta_{\max} F_z; \\ \varepsilon &= \eta_{\max} F'_z L,\end{aligned}\tag{1}$$

где η , i , K , ξ , ε – соответственно оседание, наклон, кривизна, горизонтальное сдвижение и относительная горизонтальная деформация в точках z расчетной полумульды L ;

S_z , S'_z , S''_z , F_z , F'_z – переменные величины, характеризующие типовое распределение оседаний, наклонов, кривизны, горизонтальных сдвижений и относительных горизонтальных деформаций в точках z расчетной полумульды;

η_{\max} – максимальное оседание земной поверхности.

Сдвигения и деформации, вычисленные по формулам (1), называются ожидаемыми. Однако, при решении вопросов подработки сооружений пользуются расчетными величинами, полученные путем умножения ожидаемых на коэффициенты перегрузки:

* Для переписки: bugayovanatasha@mail.ru

$$\begin{aligned}\eta_p &= \eta n_\eta; \\ i_p &= i n_i; \\ K_p &= K n_K; \\ \xi_p &= \xi n_\xi; \\ \varepsilon_p &= \varepsilon n_\varepsilon.\end{aligned}\tag{2}$$

На рис. 1 приведены распределения ожидаемых наклонов и расчетных, умноженных на коэффициент перегрузки $n_i=1,4$ [2]. При этом были приняты следующие исходные данные: глубина разработки пласта 310 м, длина лавы 290 м, мощность горизонтально залегающего угольного пласта 1,7 м.

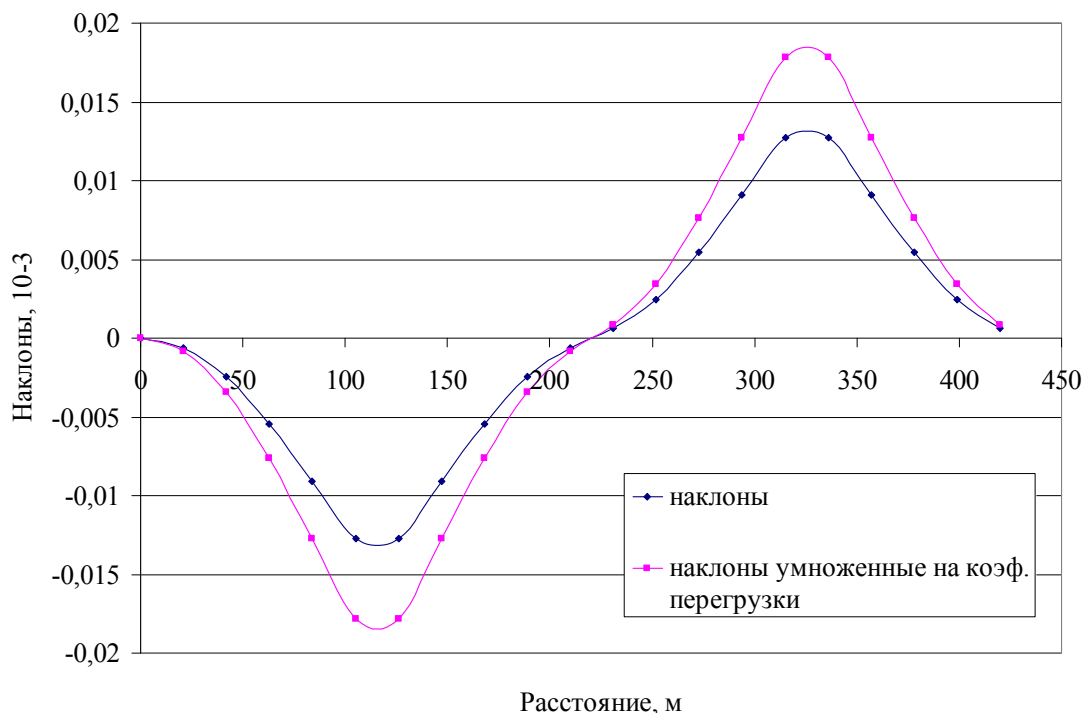


Рис. 1. График ожидаемых и расчетных наклонов вдоль мульды сдвижения

Из рисунка видно, что ожидаемые наклоны имеют значения в пределах $13 \cdot 10^{-3}$ в обе стороны относительно оси, а расчетные наклоны достигают $18 \cdot 10^{-3}$. Разница между максимальными наклонами имеет значение $5 \cdot 10^{-3}$, что в процентном отношении составляет 38% по отношению к максимальному ожидаемому. Однако, в точках со значениями ожидаемых наклонов равными нулю, при умножении их на коэффициент перегрузки расчетные значения остаются равными нулю. Данная проблема дает основание для усовершенствования методики прогноза деформаций земной поверхности.

Так, вместо коэффициентов перегрузки имеет смысл вносить поправки в ожидаемые оседания и деформации в виде доверительных интервалов (рис. 2). Эти доверительные интервалы характеризуют неопределенность, которая порождается вероятным характером разрушения массива горных пород и вызывается естественным разбросом деформационных и прочностных свойств горных пород, погрешностями определения мощности и петрографического состава породных пластов на интервалах между разведывательными буровыми скважинами, и многими другими факторами.

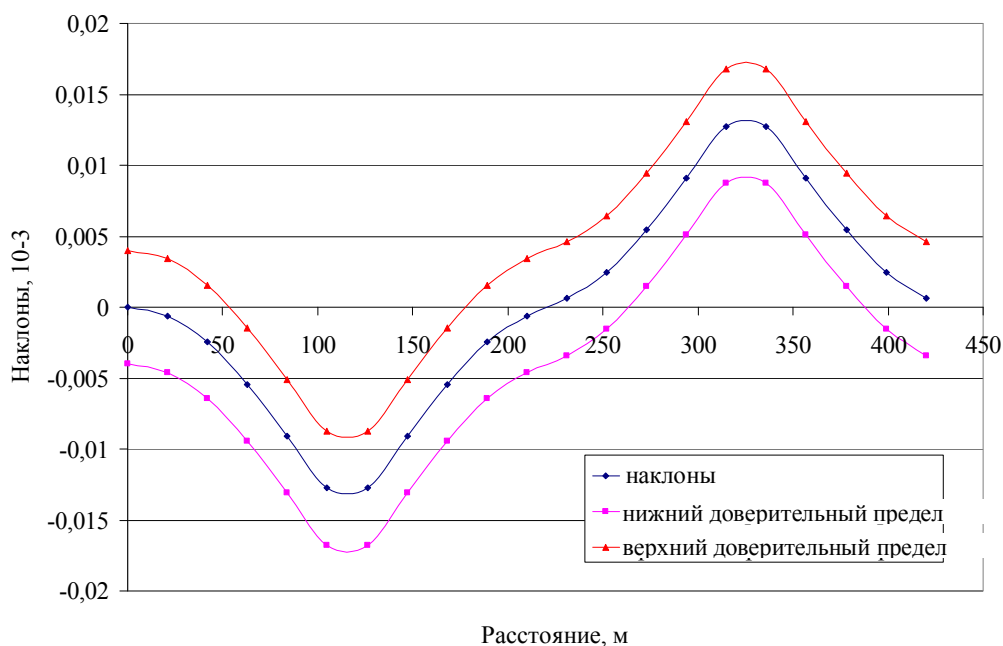


Рис. 2. Очікувані наклони, з вказанням довірчих інтервалів

Очікувані наклони мають значення такі ж, як на рис. 1 ($13 \cdot 10^{-3}$ в обидві сторони відносно осі). Розрахункові наклони в даному випадку можуть мати значення, що потрапляють в довірчий інтервал. Максимальні наклони мають значення $18 \cdot 10^{-3}$, так же як на рис. 1, однак, в точках, де значення очікуваних наклонів рівні нулю, розрахункові значення також можуть коливатися в межах довірчого інтервала. В такому випадку, можуть змінюватися не тільки величини наклонів, але і їх знак. Таким чином, після визначення довірчого інтервала деформацій земної поверхні прогноз дає не криву лінійного розподілу величин деформації вздовж заданого напрямку, а смугу можливих величин деформації з різним рівнем ймовірності.

Нова методика суттєво змінює і вдосконалює прогнозування наслідків обробки земної поверхні і підвищує надійність і достовірність прогнозу, який збільшує техногенну і екологічну безпеку при веденні гірських робіт. Тому визначення законів розподілу ймовірних поправок до очікуваних деформацій в майдані зсуву є важливою науковою задачею і обумовлює актуальність задачі досліджень.

Обоснование объекта и исходных данных. результаты решения задачи

В даній роботі досліджується вплив фізико-механічних властивостей на розрахунок параметрів зсувів, так як розброс даних параметрів коливається в межах $\pm 100\%$ і їх варіація вносить максимальний внесок в випадкові відхилення.

Для дослідження випадкового відхилення осідань і параметрів деформацій земної поверхні використовують стохастичне моделювання, яке є найбільш потужним засобом для рішення подібних задач і побудовано на основі використання методу кінцевих елементів. Суть вказаного методу полягає в тому, що на початковому етапі будується цифрова модель, в якій всі параметри є детермінованими. Це означає, що глибина розробки, довжина лави, геологічна структура масиву і їх механічні показники є повністю визначеними. При цьому параметри детермінованої моделі налаштовуються так, щоб осідання і деформації земної поверхні при заданих початкових умовах відповідали розрахунковим, визначеним з допомогою загальноприйнятої методики (наприклад, з допомогою «Правил ...» [2]).

В якості початкових даних були прийняті результати, отримані з роботи [3]. На рис. 3 представлена плоска модель масиву гірських порід для виконання стохастичного моделювання.

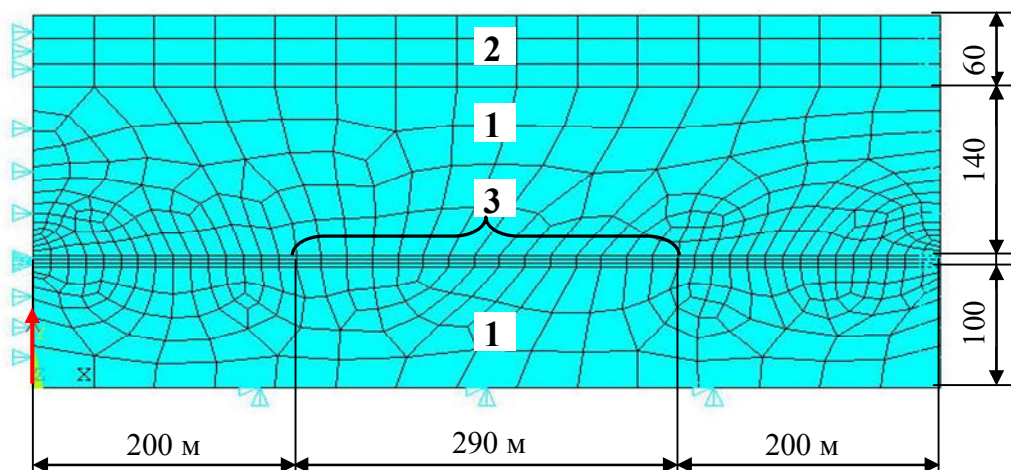


Рис. 3. Плоская модель массива горных пород для выполнения компьютерного моделирования;
1 – коренные породы; 2 – наносы; 3 – положение лавы

При этом были приняты следующие исходные данные. Глубина разработки пласта 310 м, длина лавы 290 м, мощность горизонтально залегающего угольного пласта составляет около 1,7 м, мощность наносов составляет 60 м, породы средней обрушаемости, класса A_1 , A_2 , представлены перемежающимися слоями алевритов и песчаников средней прочности и мощности слоев 10-15 м. Плотность пород 2500 кг/м^3 . Способ управления кровлей осуществляется путем её полного обрушения. Угольный пласт отрабатывается по столбовой системе разработки, скорость подвигания лавы 100-150 м/мес. Массив подработан одиночным очистным забоем.

При заданных исходных условиях существует весьма большое число возможных сочетаний модуля упругости, коэффициента Пуассона, сцепления и угла внутреннего трения для каждого из породных слоев, что существенно увеличивает сложность задачи настройки. Существует ограниченное число сочетаний указанных величин, которое обеспечивает максимальное совпадение параметров мульды полученной на модели и с помощью «Правил...». Для нахождения этого оптимального сочетания используется метод латинских квадратов [4].

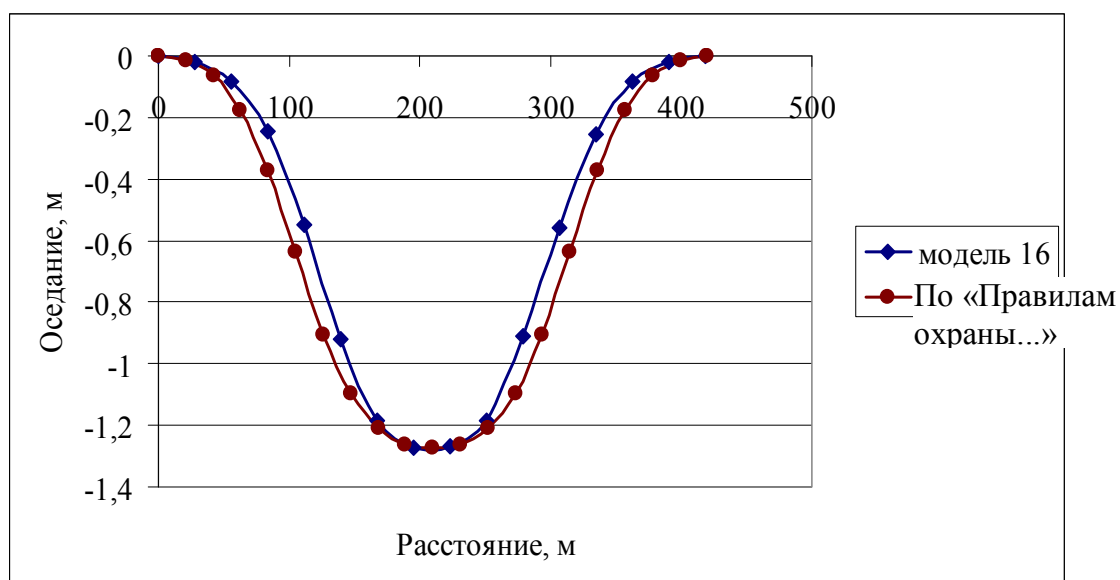


Рис. 4. Мульды сдвижений, построенные для модели №16 по предложенной методике и по «Правилам охраны...»

Для определения достоверности данной модели по «Правилам ...» [2] для таких же исходных данных была построена мульда сдвижения и в результате сопоставления её с мульдой полученной для модели №16 разница не превышает 11%, что позволяет в дальнейшем использовать данную модель в качестве основы для стохастического моделирования (рис. 4). Из рисунка видно, что длина мульды составляет 420 м, максимальные оседания наблюдаются над центром лавы и достигают значения 1,275 м.

Далее для модели №16 было проведено стохастическое моделирование, которое заключалось в задании случайного диапазона физико-механических свойств для каждого элемента. В результате было построено распределение оседаний земной поверхности на рис. 5. Подчеркнем, что показаны полные оседания поверхности с учетом реликтового сжатия массива горных пород под действием собственного веса.

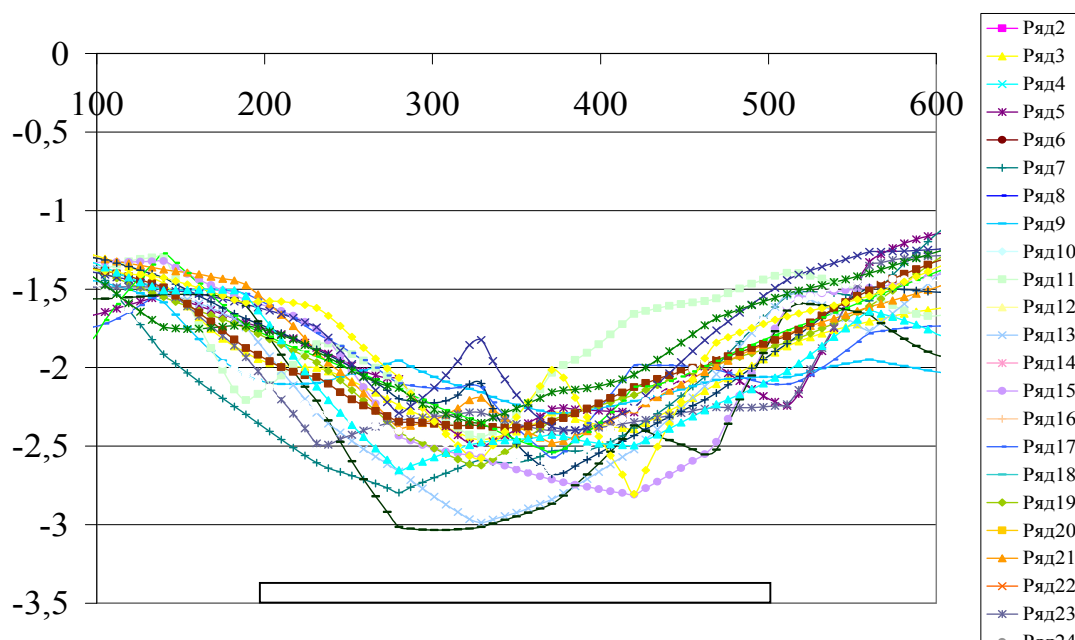


Рис. 5 - Распределение оседаний земной поверхности при случайных выборах исходных данных

Суммарный разброс оседаний на краевых частях составляет 1 м, в то время как над центром лавы он достигает 2,5 м. Таким образом, появляется область ограниченная максимальными и минимальными значениями оседаний. График свидетельствует о том, что в окрестности мульды оседаний наблюдается полоса случайного разброса величин оседаний относительно детерминированного уровня.

Для сопоставления полученных данных с натурными измерениями, приведен пример наблюдений в г. Ясиноватая, выполненные службой БСМР.

Рассматриваемый участок земной поверхности горными работами по другим пластам ранее не подрабатывался. Отработка запасов угля в 3 западной лаве пласта p_1 производится при следующих горно-технических параметрах:

- длина лавы – 230м;
- средняя вынимаемая мощность пласта в лаве – 2,20 м;
- угол падения пласта в лаве – 7°;
- средняя глубина разработки – 1010 м;
- скорость подвигания очистного забоя – 50 м/мес.;
- способ управления кровлей – полное обрушение;
- марка угля – «Г».

Принята конструктивная схема станции как типовая, показанная на выкопировке с плана поверхности, состоящая из 2 профилейных линий (рис. 6).

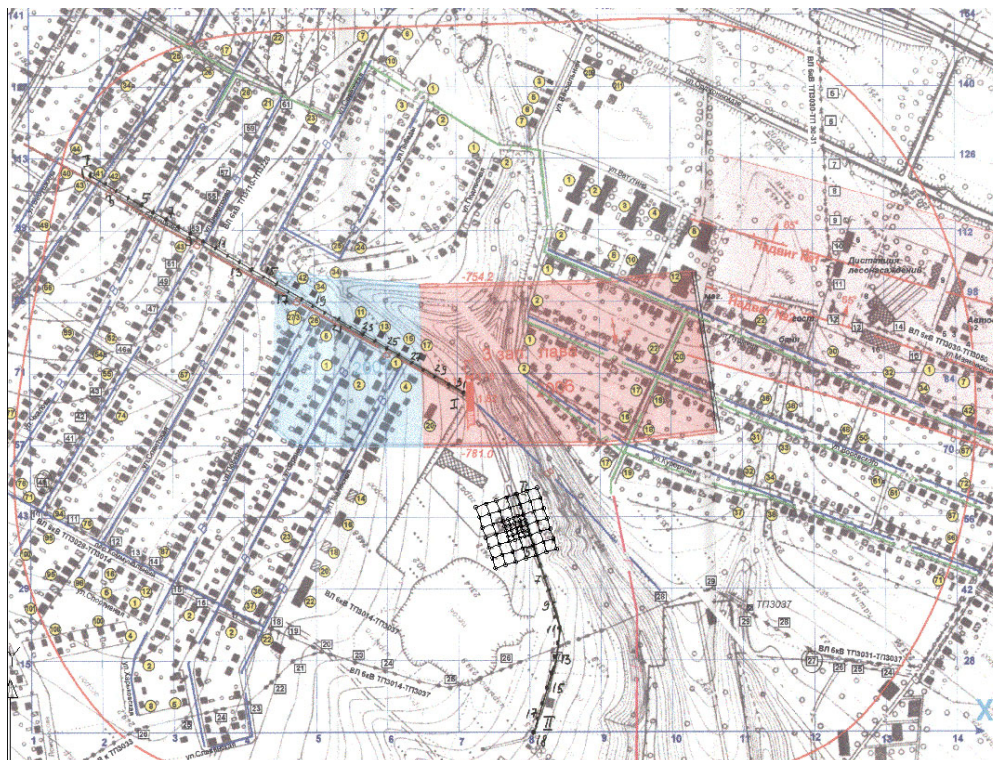


Рис.6 – Выкопировка с плана горных выработок

В результате инструментальных наблюдений были получены следующие диаграммы (рис. 7). Из рисунка видно, что распределение деформаций имеет случайный характер и также образует полосу возможных величин деформаций.

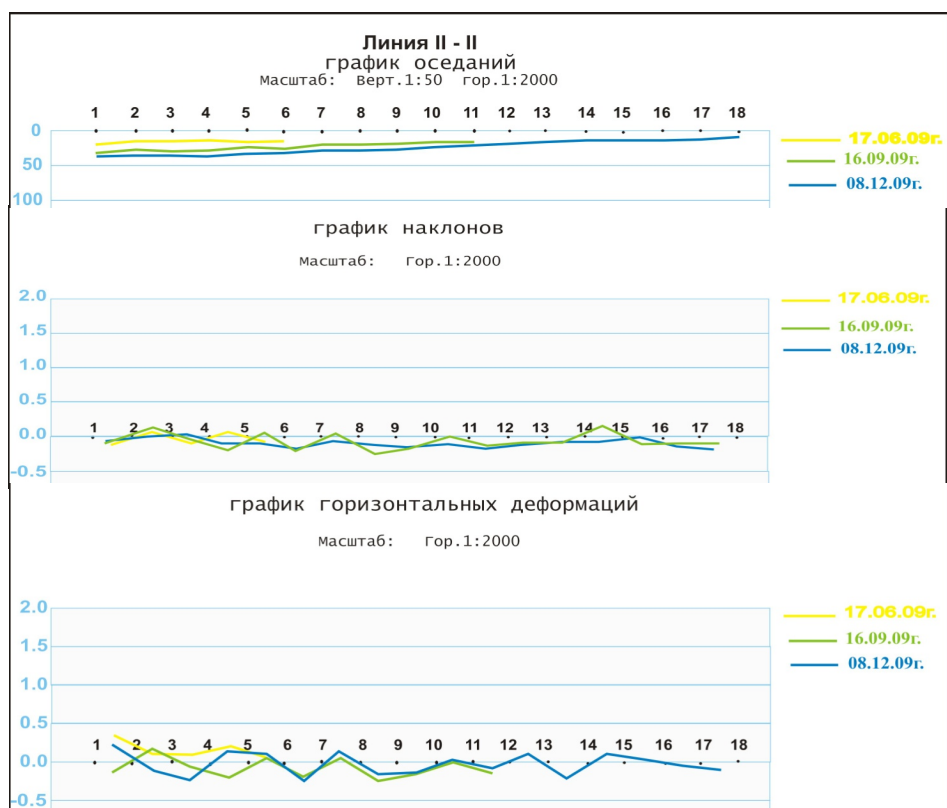


Рис. 7 – Графики распределений оседаний, наклонов и горизонтальных деформаций вдоль профильной линии II-II

Выводы

Точно определить параметры деформационных и прочностных свойств реального массива горных пород невозможно.

Для изучения характера и величины разброса оседаний и деформаций земной поверхности необходимо выполнять стохастическое моделирование. Достоверности результатов этого моделирования определяются рядом факторов и в первую очередь успешной настройкой детерминированной модели. В данной работе для настройки модели использовался метод латинских квадратов.

В результате данной настройки получена модель массива горных пород, которая позволяет определить оседания и деформации земной поверхности, величины которых отличаются от определенных по стандартной методике не более чем на 11%. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о достоверности компьютерного моделирования и позволяют выполнять дальнейшие операции стохастического моделирования.

В ходе выполнения стохастического моделирования, получены данные, свидетельствующие о том, что в окрестности мульды оседаний наблюдается полоса случайного разброса величин оседаний относительно детерминированного уровня.

На основании установленной зависимости предложена усовершенствованная методика определения расчетных параметров деформаций путем введения поправки в ожидаемые величины в виде двустороннего разброса вместо использования одностороннего коэффициента перегрузки. Такой подход повышает надежность определения величин деформаций земной поверхности при ее подработке длинными очистными забоями.

Бібліографічний список

1. Сдвигание горных пород и земной поверхности при подземных разработках/ Под общей ред. проф., д-ра техн. наук В.А. Букринского и канд. техн. наук Г.В. Орлова. М. Недра - 1984 – С. 39-44.
2. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом – Киев: Минтопэнерго Украины, 2004 – С. 89.
3. Бугаєва Н.А., Назимко В.В. Особенности распределения стохастических отклонений оседаний земной поверхности при её подработке одиночной лавой. ПРОБЛЕМИ ГІРСЬКОГО ТИСКУ. Збірник наукових праць №16/Під заг. ред. О.А. Мінаєва - Донецьк, ДонНТУ, 2008 – С. 194-237.
4. Протодяконов М.М., Тедер Р.И. Методика рационального планирования экспериментов. М., «Наука», 1970 – 76с.

© Бугаєва Н. А., 2011.

Аннотация

Запропоноване вдосконалення методики прогнозу зрушень і деформацій земної поверхні. Замість детермінованих коефіцієнтів перевантаження при визначенні розрахункових деформацій пропонується вносити виправлення у вигляді довірчих інтервалів. Виконане стохастичне моделювання процесу зрушень масиву гірських порід.

Ключевые слова: мульда зрушення, деформації земної. поверхні, стохастичне моделювання

Abstract

Improvement of a technique of the forecast subsidence and deformations of a terrestrial surface. Instead of the determined factors of an overload at definition of settlement deformations it is offered to make amendments in the form of confidential intervals. Stochastic modelling of process subsidence a file of rocks.

Keywords: trough, surface strain, stochastic modeling

УДК 54.027

Роль кисню і вуглецю в мінералоутворенні карбонатів Донбасу та зони зчленування Донбасу з Приазовським кристалічним масивом

Черниш О. Г.

Донецький національний технічний університет, Донецьк, Україна

Поступила в редакцію 18.06.10, прийнята до друку 01.10.10.

Анотація

Приведені результати дослідження ізотопного складу кисню і вуглецю карбонатів Донбасу та зони його зчленування з Приазовським кристалічним масивом. Розраховані ізотопні відносини дозволяють зробити висновок про характер гідротермальних вод, що брали участь в процесі мінералоутворення. Дослідження ізотопів вуглецю вказують на запозичення «важкого» вуглецю з осадової товщі, що підтверджує проміжне розташування карбонатів зони зчленування між типово гідротермальними і осадовими утвореннями.

Ключові слова: карбонати, ізотопний аналіз, поліметали, генезис.

Карбонати – одні з найбільш поширених в Донецькому басейні мінералів. Вони відомі серед нижньокам'яновугільних вапняків і доломіту в зоні зчленування з Приазовським кристалічним масивом, нерідко їх знахідки встановлюються у вугленосних відкладеннях в різних частинах басейну серед поліметалічних рудних жил Нагольного кряжу і т.д. [1]. Не дивлячись на широкий розвиток в регіоні цих мінералів, детального дослідження ізотопного складу вуглецю і кисню в них ще не проводилося, проте ці дані можуть допомогти з'ясуванню важливих особливостей їх генезису.

Приведені в табл. 1 і на рис. 1 результати аналізів одержані в ізотопній лабораторії Фрейбергської гірничої академії (керівник доктор І. Пілот, по методиці J. M. McCrea) [2].

Табл. 1. Ізотопний склад кисню і вуглецю карбонатів Донецького басейну

Номер проби	Мінерал і умови його знаходження	Ізотопний склад кисню		Ізотопний склад вуглецю
		δO_{SMOW}^{18}	δO_{PDB}^{18}	δC_{PDB}^{13}
1	2	3	4	5
	<i>Нагольний кряж</i>			
6211	Білий анкерит у парагенезисі з сульфідами, Єсауловське родовище	+16,6	-12,6	-9,7
6212	Кремовий анкерит, там же	+17,2	-12,0	-6,4
6202	Зона зчленування Донецького басейну з Приазовським кристалічним масивом Доломіт грубозернистий, рудник Східно-доломітовий, горизонт 100 м	+17,7	-11,5	+1,0
6218	Білий кальцит, там же			
6216	Рожевий кальцит, там же	+16,7	-13,3	+0,1
6217	Кристали кальциту, рудник Східний	+15,3	-14,6	-3,3
6219	Жильний кальцит з сульфідами, рудник Південний	+19,6	-10,5	+0,7
		+13,0	-16,4	-0,4

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5
6263	Прозорі кристали кальциту, прожилки в мергелі, Амвросіївка, верхня крейда	+22,7	-7,5	0
6264	Те ж	+22,3	-7,9	0
6265	—” —	+20,8	-9,3	0,3
6265	—” —	+22,9	-7,2	-0,3
6266	Мергель, Амвросіївка, верхня крейда	+27,7	-2,6	+2,0
6267	Те ж	+26,9	-3,4	+3,7
6237	Те ж	+25,8	-4,4	+1,7
6268	Кальцит у парагенезисі з паразитом та сульфідами, Петрово-Гнутово	+10,7	-19,0	-7,8
6289	Паризит, там же	+10,5	-19,2	-8,6
1/276	Кальцифір, Маріупольське залізорудне родовище	+21,0	-9,1	+0,8
		+29,0	-1,2	+7,8
		+15,2	-14,7	-4,5
34/100	Те ж	+17,4	-12,1	-0,5
5/76	—” —	+19,0	-11,1	-1,9
6/387	—” —	+24,8	-11,2	-0,9
359	—” —	+24,1	-5,4	-3,1
448/296	—” —	+21,1	-6,6	-4,4
<i>Вугленосна товща</i>				
6221	Кальцит в кривлі пласта вугілля I ₁ ² , шахта «Криворіжжя», Кадієввугілля	+20,4	-9,7	+0,7
6220	Кальцит у вигляді кристалів в порожнечах вапняку L ₁ . Шахта № 1 ім. Челюскінців, м. Донецьк	+20,3	-10,3	+1,0
6203	Рожевий анкерит, там же	+20,7	-8,5	-1,6
6273	Прожилок білого кальциту у сланцях, там же	+17,2	-12,8	-2,6
6274	Кристали кальциту, що проросли мілеритом, там же	+16,0	-13,9	-9,9
6275	Прозорі кристали кальциту, там же	+17,2	-12,8	-6,8

Результати ізотопних аналізів кисню виражені значеннями δO^{18} (‰) відносно кисню міжнародного стандарту SMOW (середньої океанічної води), а також щодо опорного стандарту Чикаго РДВ. Значення δO^{18} розраховувалися по рівнянню $\delta_{SMOW} = \delta_{РДВ} \times 1,03 + 29,5\%$ [3]. Одержані величини δC^{13} теж виражені відносно РДВ, для якого прийнято значення $\delta C^{13} = 0$. Визначення співвідношень ізотопів кисню і вуглецю виконувалося на поліпшеному мас-спектрометрі типу МАТ – СНЗ по вуглекислому газу, що виникає в результаті розкладання карбонатів 100 %-ною ортофосфорною кислотою. Погрішність вимірювань складала для $\delta O^{18} \pm 0,5$ (‰), для $\delta C^{13} \pm 0,3$ ‰. Одержані дані, не дивлячись на відносно невелику кількість аналізів, дозволяють зробити деякі висновки, особливо при зіставленні з наявними даними ряду дослідників по різних районах миру, узагальнених в роботах (Rösler u. a., 1968; Harzer, 1970, і ін.). При розгляді одержаних даних звертає на себе увагу угруповання результатів ізотопних відносин. Чітко відособляються дві області, кожна з яких об'єднує проби карбонатів з близькими або схожими ізотопними значеннями. У першу з них (А) потрапляють анкерити Нагольного кряжу, що знаходяться в тісній парагенетичній асоціації зі сфалеритом, буланжеритом і іншими рудними мінералами. По своїх значеннях δO^{18} (-12,0 і -12,6), а також δC^{13} (-6,4 і -9,7) ці анкерити відповідають типовим гідротермальним ювенільним карбонатам, практично аналогічним карбонатам Фрейберга або Пржибрама (рис. 1). Одержаний за вказаними ізотопними даними висновок про ювенільний магматогенно-гідротермальний генезис анкеритів Нагольного кряжу узгоджується з наявними геолого-структурними і мінералого-геохімічними даними про ці

родовища, а також не суперечить одержаним відомостям про ізотопний склад сірки сульфідів з рудних покладів [4, 5].

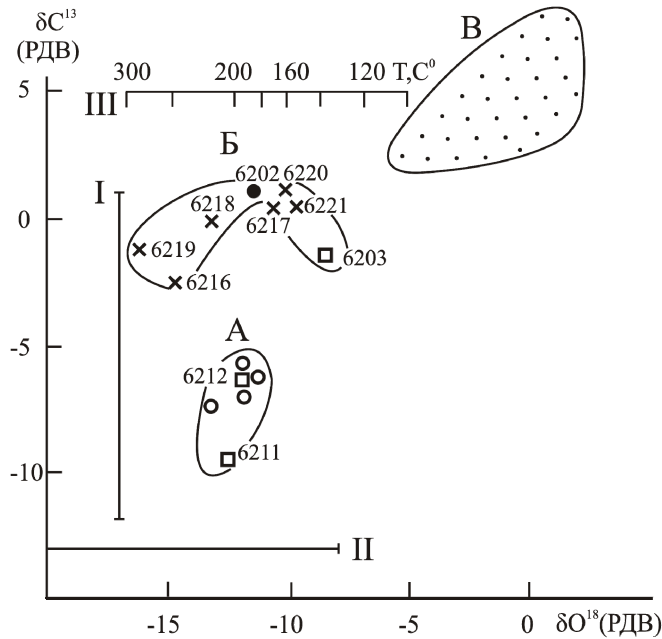


Рис. 1. Дані ізотопного складу вуглецю і кисню карбонатів Донецького басейну:

x 1 • 2 □ 3 ○ 4

1 – кальцит; 2 – доломіт; 3 – анкерит; 4 – карбонати поліметалічного родовища Пржибрам (Хладікова, 1972).

I, II – межі значень δO^{18} і δC^{13} для гідротермальних карбонатів (Harzer, 1970); III – температурна експериментальна шкала для системи вода – кальцит (Harzer, 1970). А – область анкеритів Нагольного кряжу. Б – область карбонатів вапняково-доломітової і вугленосної товщі нижнього і середнього карбону Донбасу. В – поле осадових карбонатів цехштейну і мідистих сланців Німеччини (Rösler u. a., 1968).

Карбонати з вугленосної товщі Донбасу і вапняково-доломітових відкладень зони зчленування розташовуються у верхній частині діаграми достатньо близько один до одного, утворюючи одну область, що розділяється на дві гілки. У першу з них (проби 6202 – 6219) потрапляють кальцит і доломіт зони зчленування, а в другу – карбонати з вугленосних порід (рис. 1). Вся область значно віддалена від поля типових осадових карбонатів об'єднуючого, наприклад, результати ізотопних значень карбонатів цехштейну і мідистих сланців Німеччини. Значення δO^{18} і δC^{13} вивчених проб кальциту, доломіту і анкериту не виходять за межі ліній I і II, обмежуючих поле гідротермальних карбонатів. Разом з цим спостерігається досить помітний розкид одержаних даних, особливо по значенню δO^{18} (від +13,0 до +20,7), що може указувати на джерело мінералоутворення, що менш гомогенізує, чим у разі анкеритів Нагольного кряжу [4].

При обговоренні отриманих результатів слід мати на увазі, що ділянки відбору проб карбонатів (південь Донецького басейну, Донецько-Майківський вугленосний район, північна область дрібної складчастості) знаходяться в зонах впливу глибинних розломів субширотного і субмеридіонального напрямів, так що висновок про гідротермальний характер розчинів, що відклали ці карбонати, не є несподіваним.

Для вирішення питання про характер цих гідротерм, тобто чи були вони ювенільними або підігрітими вадозними водами, одних лише значень δO^{18} недостатньо. Тут спостерігаються цікаві відмінності, що виявляються, при зіставленні температур гомогенізації первинних газопо-рідких включень вивчених карбонатів (110° – 170° по Є. Г. Осадчому) з експериментальними значеннями температур утворення, знайденими за шкалою δO^{18} – T °C для системи вода – кальцит (доломіт), які можуть указувати на збіднення гідротерм ізотопом O^{18} . Це, мабуть, пояснюється домішуванням вадозних вод до ювенільних. При цьому частка домішкових вадозних вод, що залежала від конкретних палеогідрогеологічних умов, могла коливатися в значних межах. Такі коливання і позначаються на роз'єднаності по значеннях δO^{18} областей розміщення карбонатів зони зчленування і вугленосної товщі, які займають проміжне положення між типово

гідротермальними (область А) і осадовими (область Б) утвореннями. На це ж указують значення δC^{13} (від -2 до +1,5 ‰) в досліджених карбонатах. Деякі обважнення вуглецю у вивчених мінералах щодо типових гідротермальних утворень свідчать, певне, про запозичення ізоотопу C^{13} з осадової товщі.

Бібліографічний список

1. Лазаренко, Е. К. Минералогия Донецкого бассейна / Е. К. Лазаренко, Б. С. Панов, В. И. Павлишин. – Киев : Наук. Думка, 1975. – Ч. 2. – С. 416 – 424.
2. Корчевагин, В. А. О генезисе гидротермальной минерализации Донбасса по данным изотопной геохимии / В. А. Корчевагин, Б. С. Панов, В. И. Купенко, Н. В. Бутурлинов, И. Пилот // Геохимия. – 1980. – № 3. – С. 408 – 415.
3. Панов Б. С. Особенности изотопного состава кислорода и углерода карбонатов Приазовского кристаллического массива / Б. С. Панов, Р. М. Полуновский, В. П. Кривонос // XII Всесоюз. симп. по стабильным изотопам в геохимии: Сб. науч. тр. – М., 1989. – С. 214 – 215.
4. Панов, Б. С. Минеральный состав Каракубского полиметаллического проявления зоны сочленения Донбасса и Приазовья и новые изотопные данные / Б. С. Панов, В. И. Алехин, Ю. Б. Панов // Мінералогічний журнал. – 2004. – 26, № 4. – С. 84 – 90.
5. Панов, Б. С. Новое в минералогии Донбасса и Приазовья // Минералогический журнал. – 2001. – т. 23, № 4. – С. 99 – 107.

© Черниш О. Г., 2011.

Аннотация

Приведены результаты исследования изотопного состава кислорода и углерода карбонатов Донбасса и зоны его сочленения с Приазовским кристаллическим массивом. Рассчитанные изотопные отношения позволяют сделать вывод о составе гидротермальных вод, участвовавших в процессе минералообразования. Исследования изотопов углерода указывают на заимствование «тяжелого» углерода из осадочной толщи, что подтверждает промежуточное расположение карбонатов зоны сочленения между типично гидротермальными и осадочными образованиями.

Ключевые слова: карбонаты, изотопный анализ, полиметаллы, генезис.

Abstract

The results of isotopic composition research of oxygen and carbon of research regions carbonates are submitted. The expected isotopic relations allow to make conclusion about composition of hydrothermal waters participating in the process of mineral genesis. Researches of carbon isotopes specify on borrowing of «heavy» carbon from a sedimentary layer that confirms the intermediate location of an articulation area carbonates between typically hydrothermal and sedimentary deposits.

Keywords: carbonates, isotopic analysis, polymetalls, genesis.

УДК 662.74

Экологические проблемы коксохимии

Волкова Т. П., Зуева Ю. С.*

Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина

Поступила в редакцию 21.06.10, принята к печати 01.10.10.

Аннотация

Выбросы от предприятий коксохимической промышленности негативно воздействуют на окружающую среду. Основными выбросами являются диоксид серы, сероводород, оксиды азота. Выбросы прослеживаются на всех стадиях технологического процесса коксования. Это связано с качеством углей поступающих из Донецкого угольного бассейна на коксохимические предприятия

Ключевые слова: марка угля, шихта, кокс, спекаемость, сернистость, зольность, диоксид серы, сероводород.

Чрезвычайно важным фактором, существенно влияющим на территориальную организацию всей социально-экономической жизни и эффективность производства, является экологическая обстановка. В последние десятилетия в Украине она существенно ухудшилась. Одним из основных факторов, повлиявших на экологическую обстановку, является использование горнодобывающей и перерабатывающей промышленности устаревших технологий. Коксохимия - одна из отраслей промышленности, значительно загрязняющая окружающую среду. В Донецкой области инфраструктура коксохимической промышленности представлена 7 крупными предприятиями из 13 функционирующих на Украине: ОАО "Авдеевский коксохимический завод", ОАО "Донецккокс", ОАО "Маркохим", ОАО "Енакиевский коксохимический завод", ОАО "Макеевский коксохимический завод", ОАО "Ясиновский коксохимзавод", АОЗТ "Коксан". Состав выбросов отличается широким спектром загрязнителей. Авдеевский коксохимический завод относится к числу крупнейших коксохимических предприятий Европы. Он входит в десятку самых экологически опасных предприятий Донецкой области [1].

Процесс производства кокса сопровождается образованием твердых и жидких отходов, сточных вод и газообразных выбросов в атмосферу, являющихся источниками загрязнения окружающей среды. Целью данной работы является изучение взаимосвязи состава и интенсивности загрязнения от технологии и качества перерабатываемых углей.

На Авдеевский КХЗ поступают рядовые угли марок ДГ, Г, Ж, К, ОС и Т из различных угленосных районов Донбасса, содержание серы которых колеблется в больших пределах – от 0,7 до 5,2 % (табл.1).

Табл. 1. Качественные показатели углей поступающих на Авдеевский КХЗ

Марка угля	Зольность, A^d , %	Среднее значение зольности, %	Массовая доля общей серы S^d_b , %	Средняя массовая доля общей серы S^d_b , %
Марка ДГ	32,1-44,0	38,0	1,1-1,7	1,4
Марка Г	25,5-50,0	37,8	1,1-4,7	2,9
Марка Ж	22,6-54,0	38,3	1,0-5,2	3,1
Марка К	30,5-45,0	37,8	0,7-3,2	2,0
Марка ОС	37,0-46,0	41,5	2,3-3	2,7
Марка Т	38,0-42,0	40,0	1,5-2,2	1,9

* Для переписки: zuevajtf@mail.ru

Основным свойством коксующихся углей является спекаемость. Это - способность угля при нагревании без доступа воздуха образовывать из разрозненных зерен твердый остаток. Это свойство определяется с помощью специального показателя – толщина пластического слоя, измеряется в мм. Расчет этого показателя для определения марки углей выполняют пластометрическим методом (метод Сапожникова Л.М. и Базилевич Л.П.) [2].

Наиболее высокий показатель коксемости имеют угли марки Ж (толщина пластического слоя 25-35мм). Они являются главным компонентом шихты, обеспечивая хорошую спекаемость и прочность кокса. Однако при повышенном их содержании кокс получается трещинный и мелкокусковый. Угли марки К, также характеризуются хорошей спекаемостью. Толщина пластического слоя составляет 18-24 мм. Коксовые угли в шихте придают коксу высокую механическую прочность и однородную кусковатость. Отощенно-спекающиеся угли (марка ОС) – одна из лучших отошающих компонентов в коксовых шихтах. Толщина пластического слоя составляет 6-12 мм. Для газовых углей (марка Г) характерна небольшая толщина пластического слоя 10-15мм. Применение газовых углей в шихтах коксохимических заводов, производящих металлургический кокс, повышает конечную усадку коксового пирога и способствует легкой выдаче его из печи, а также увеличивает выход газа и химических продуктов. При повышенном содержании газовых углей в шихте выход кокса уменьшается. Угли длиннопламенные газовые (марка ДГ) являются переходными между углями марок Д и Г. От длиннопламенных углей они отличаются наличием спекаемости (толщина пластического слоя 6-9 мм), а от газовых – более незначительной хрупкостью и повышенной механической прочностью. Угли марки ДГ относят к группе энергетических углей. Для участия в коксовых шихтах они мало пригодны, т.к. образующийся кокс отличается низкой механической прочностью и повышенной реакционной способностью. Длиннопламенные угли (марка Д) не спекаются или имеют небольшую спекаемость ($y=0-5$ мм). Они относятся к энергетическим углям. Угли тощие (марка Т) характеризуются отсутствием спекаемости. Используются в качестве отошающей добавки в шихте.

Изменение толщины пластического слоя от марок углей показано на рис. 1.

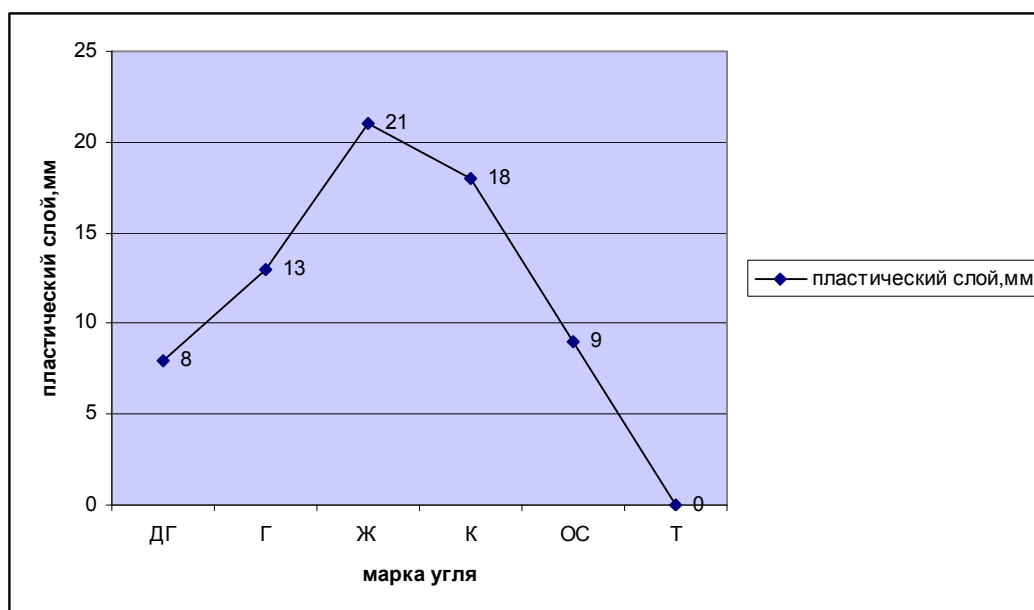


Рис. 1. Зависимость толщины пластического слоя от марки угля

Дозирование углей различных марок имеет большое значение для последующего составления угольной шихты заданного состава. Соотношение марок углей в шихте зависит от качества выплавляемой руды. Для получения высококачественного кокса необходимо производить шихтовку (смешивая угли марок ДГ, Г, Ж и ОС). Измельчение шихты проводится для повышения её однородности, что способствует улучшению качества кокса. При этом отошенные спекающиеся угли являются отошающим компонентом шихты, снижающим трещиноватость кокса, способствуют увеличению его крупности.

После шихтования углей ДГ, Г, Ж и ОС смесь должна иметь содержание серы не более 2,2%. Это достигается путем шихтования в пределах одной марки. Таким образом, качество получаемой шихты для коксования зависит не только от точной дозировки компонентов шихты, но и от постоянства качества углей (сернистость, зольность).

Основной экологической проблемой при использовании углей является содержание серы. Это является и одним из важнейших критериев пригодности угля для коксования. В шихте содержание серы не должно превышать 2,2%.

В углях Донецкого бассейна содержание серы колеблется в широких пределах. Малосернистые (S_t^f 1,5%) среднекарбоновые угли распространены преимущественно в юго-западной части бассейна, в центральных и северных районах преобладают сернистые (S_t^f 2,5-3,5%) и высокосернистые (более 3,5%) угли [3].

Различают следующие разновидности серы в углях: сульфатная, колчеданная (пиритная), органическая и элементарная. Сульфатная сера в углях Донецкого бассейна содержится в небольшом количестве (до 0,2%). Она представлена главным образом сульфатом кальция ($CaSO_4$), в небольшом количестве сульфатом железа ($FeSO_4$) и сульфатами других металлов. Встречаются сульфаты в виде тонких пленок по плоскостям напластования угля. Пиритная (колчеданная) сера – основной вид минеральной серы в углях, на её долю в среднем приходится 62 % общего содержания серы. Пирит представляет включения в угле в виде примесей, доступных для обогащения механическим способом. Формы включений пирита в угольные пласты различны. Пирит, образовавшийся в период угленакопления, распределён по угольному веществу равномерно, в тонкодисперсной форме и, как правило, связан с органической массой угля. Пирит, образовавшийся после прекращения процесса угленакопления путём инфильтрации, распределён по трещинам усыхания грубодисперсно, локализовано – в виде линз, желваков, зёрен, гнезд [4]. Органическая сера равномерно распределена по всему угольному веществу, ее невозможно выделить. При обогащении диапазон содержания органической серы в углях 0,3—0,5%, но встречается 2,5—3%. Такое бывает даже в пределах одного пласта на близлежащих участках. Это говорит о том, что органическая сера образовалась не только за счет серы исходного растительного материала. Полагают, что источниками образования вторичной серы была элементарная сера, которая при соответствующих условиях переходила в органическую составляющую углей.

А.З.Юровский установил следующую зависимость между содержаниями общей и пиритной серы в углях Донецкого бассейна (при условии содержания общей серы не более 5%):

$$S_{\text{пир}} = - 0,38 + 0,737 S_{\text{общ}}$$

Общее количество серы в углях распределяется почти поровну между пиритной и органической серой, а удельное количество сульфатной серы не превышает 10-15% от общей серы [5]. В углях малосернистых количество органической серы превышает количество колчеданной. С увеличением содержания колчеданной серы повышается и количество серы органической, но темпы нарастания содержания последней заметно ниже. В углях многосернистых и высокосернистых колчеданная сера определенно доминирует над органической [6].

Технологический процесс производства кокса и улавливания химических продуктов коксования включает следующие стадии:

- подготовительную;
- термическую;
- улавливающую и перерабатывающую.

Каждая стадия имеет как общие с другими, так и характерные только для неё загрязняющие вещества (табл.2).

На подготовительной стадии готовится шихта для коксования. После приема угля в углеподготовительном цехе производится усреднение состава и обогащение углей. Здесь же осуществляется составление и измельчение шихты. С целью стабилизации качества производится усреднение состава угольной шихты.

Табл. 2. Элементы загрязнители по стадиям технологического процесса

Стадии	Элементы загрязнители	
	Общие	Специализированные
Подготовительная	Диоксид серы Оксид азота Оксид углерода	Пыль
Термическая		Бенз(а)пирен, пыль, цианистый водород, фенолы, аммиак
Улавливающая и перерабатывающая		Пиридин, аммиак, бензол, фенолы, пары нафталина, цианистый водород, сероводород

Обогащение углей для понижения содержания в них минеральных примесей проводится методами отсадки, сепарации и флотации. Методом отсадки обогащается до 50% углей, флотации

– 15%, сепарации – 35%. При переработке угля на обогатительных фабриках достигается значительное снижение серы: до 20% при обогащении на концентрационных столах и до 20–22% на отсадочных машинах. В основном удаляется колчеданная сера, содержащаяся в многосернистых углях, причем максимальный эффект обессеривания дают угли марки Ж. В углях Донецкого бассейна преобладающее количество пирита представлено зернами размером до 15 мк, поэтому при обогащении физическими методами, используемыми в промышленном масштабе (отсадка, тяжелосредные сепараторы, гидроциклоны, противоточная сепарация и др.), снижение содержания серы в концентратах невелико. Для глубокого обогащения по сере необходимо раскрытие лиридных зерен путем дробления угля до 3 мм и менее. Эффективное обогащение по сере дробленого угля осуществляется химико-гравитационным и центробежным методами десульфурации. Однако они отличаются сложной технологией, большой энергоемкостью и высокой себестоимостью. Кроме того, существуют химический и бактериологический методы обессеривания угля [4]. Однако эти методы у нас не применяются ввиду их дороговизны. На Авдеевском коксохимическом заводе применяется метод магнитной сепарации.

Все перечисленные стадии коксохимического процесса сопровождаются организованными выбросами в атмосферу соответствующих загрязнителей (см.табл. 2). Основное загрязнение поступает из организованных источников. Кроме этого возникают неорганизованные выбросы, возникающие в результате негерметичности технологического оборудования, газоотводящих устройств, открытых источников.

Наиболее остро стоит проблема выбросов диоксида серы и сероводорода. Так в 2009 году выбросы SO_2 составили 1854,371 т/год, а выбросы H_2S – 27,393 т/год. Количество выбросов зависит от качества углей поступающих на коксование, технологии производства продукции завода. Трубы коксохимического завода имеют большую высоту, обеспечивающие их оседание на значительном расстоянии от источника. Воздействие выбросов завода на окружающую среду распространяется на прилегающий район на расстояние до 20-25 км.

Нами установлено, что содержание органической серы после шихтовки в пределах марок практически не снижается. Поскольку большое содержание органической серы связано с жирными углями, являющимся основным составляющим компонентом шихты, то следует контролировать район поступления угля. Для улучшения экологической ситуации рекомендовано ограничить поступления углей марки Ж из северных и центральных районов Донецкого бассейна, (Краснодонский угленосный район) имеющих высокосернистые угли.

Бібліографічний список:

1. Аналітична довідка про підприємства, які є найбільшими забруднювачами навколишнього природного середовища Донецької області.//Наш край, 2008.- №16.- С.2
2. Лейбович Р.Е. Технология коксохимического производства/ Р.Е.Лейбович, Е.И. Яковлева, А.Б. Филатов. – М.: Металлургия,1982. – 360с.
3. Миронов К.В. Справочник геолога-угольщика/ К.В. Миронов. – М.: Недра, 1991. - 363с.
4. Долгий В. Я. Содержание общей серы в угольных пластах на шахтах Украины/ В.Я.Долгий, А.А. Кривченко, М.Д. Шамало - «Уголь Украины», 2000. - №1- с.44-47
5. Буцик Ю.В. Методика разведки угольных месторождений Донецкого бассейна/ Ю.В. Буцик. – М.: Недра, 1972. – 340с.
6. Методика разведки угольных месторождений Донецкого бассейна/ Ю.В. Буцик и др.; под редакцией Ю.В. Буцик. - М.:Недра, 1972. - 340с.

© Волкова Т. П., Зуева Ю. С., 2011.

Анотація

Викиди від підприємств коксохімічної промисловості негативно впливають на навколишнє середовище. Основними викидами є діоксид сірки, оксид азоту, сірководень. Викиди простежуються на усіх стадіях технологічного процесу коксування. Це пов'язано з якістю вугілля яке поступає з Донецького вугільного басейну на коксохімічний завод.

Ключевые слова: марка вугілля, шихта, кокс, спекаємость, сірчаність, зольність, діоксид сірки, сірководень

Abstract

Emission of the by-product-coke enterprises negatively affect environment. The main pollutants are sulfur dioxide, hydrogen sulfide, nitric oxide. Emission may be traced in all stages of processing of the coke and by-product process. It is connected with the quality of the coals supplied by Donetsk coal basin to the by-product-coke enterprises.

Keywords: rank of coal, charge, coke, sulfur and sintering behavior of coals, ash content, sulfur dioxide, hydrogen sulfide.

УДК 550.42

Опыт определения и разграничения зон влияния источников антропогенного замещения геологической среды

Выборов С. Г.*

Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина

Поступила в редакцию 29.06.10, принята к печати 01.10.10.

Аннотация

Рассматриваются методические вопросы определения и разграничения зон влияния антропогенных источников загрязнения. Приведен пример определения зоны влияния золоотвала Кураховской ТЭС на водную среду. Применение авторской методики позволило разграничить зоны влияния золоотвала и очага интенсивного загрязнения к северу от него. Это позволило отказаться от реализации дорогостоящего мероприятия по оборудованию бетонного заслона на пути движения фильтрационного потока от золоотвала.

Ключевые слова: источник загрязнения, зона влияния, золоотвал, геологическая среда, корреляционный анализ, геохимический спектр.

В процессе проведения работ по мониторингу или при оценке воздействий каких-либо источников загрязнения почво-грунтов, поверхностных и подземных вод всегда возникает необходимость определения границы ореола загрязнения или разграничения зоны влияния исследуемых антропогенных объектов. В большинстве случаев данная задача решается с использованием методик оценки степени опасности загрязнения почво-грунтов, поверхностных и подземных вод. Для этого строятся специальные монокомпонентные или поликомпонентные карты, на которых выделяются ореолы загрязнения и по их внешнему контуру отбивается зона влияния, определяются масштабы, динамика загрязнения и делаются необходимые выводы. Однако на практике возникают гораздо более сложные ситуации, когда таким способом нельзя определить даже, связан ли выделенный аномальный ореол с источником загрязнения. Например, если большая часть аномалий значительно смещена относительно источника, или территория подвержена загрязнению со стороны двух и более источников и ореолы накладываются один на другой. В этих случаях определение зоны влияния конкретного источника весьма затруднено, а если не установлен источник, то нельзя определить степень и масштабы загрязнения с его стороны. Вся оценка параметров загрязнения при этом сводится к изучению существующего состояния почв, поверхностных и подземных вод в пределах зон влияния источников загрязнения без привязки аномальных ореолов к конкретному источнику, или эта привязка осуществляется по косвенным признакам (пространственной приуроченности, механизму предполагаемого загрязнения, ландшафтно-геохимическим условиям). Недостоверные сведения о связи установленного ореола загрязнения с конкретным источником, может привести к разработке ненужных мероприятий по ликвидации или минимизации выявленного негативного воздействия. Это неэффективно растроченные средства.

Все вышесказанное определяет актуальность разработки и применения методик, способных на достоверной основе объективно определять и разграничивать зоны влияния источников загрязнения геологической среды. Важнейшая экологическая задача до настоящего времени не решена. Поэтому утвержденных общепринятых методических рекомендаций по

* Для переписки: wsggeoeco@yandex.ru

определению и разграничению зон влияния источников загрязнения на данный момент не существует.

Предлагаемая автором методика опробована при выполнении различных работ по оценке воздействий и мониторингу компонентов ГС в зонах влияния разнообразных региональных и локальных источников загрязнения (дымовые выбросы ТЭС, городские территории, терриконы, золоотвалы, полигоны промышленных и бытовых отходов, шламонакопители и т.д.). Практически во всех случаях удавалось определить и разграничить зоны влияния источников загрязнения, идентифицировать пространственно разобщенные и удаленные от источника аномальные ореолы.

Задача по определению и разграничению зон влияния антропогенных источников загрязнения компонентов ГС решается на основе картирования комплексных ореолов загрязнения. На практике они выделяются различными способами. Для почво-грунтов успешно применяется суммарные показатели Z_c и СПК [1, 2], для водной среды можно использовать показатель СПК [3]. Задачу по определению эпицентров загрязнения, изучению пространственной приуроченности и концентрационной зональности они решают достаточно успешно.

Предлагаемая методика базируется на закономерности, проявляемой в том, что любые аномальные ореолы, сформированные под действием природных или антропогенных факторов, имеют закономерное внутреннее строение, которое обязано вполне определенной направленности процессов дифференциации вещества ГС, формирующих аномалии.

Взаимодействие природных и антропогенных факторов определяет условия миграции и локализации вредных веществ в компонентах ГС, то есть условия формирования аномальных ореолов. Закономерности проявления этих взаимодействий устанавливаются при изучении аномалий в виде:

- вполне определенной дифференциации элементов и веществ вокруг источника загрязнения;
- типичного набора главных, второстепенных, инертных и деконцентрирующихся элементов;
- определенных пространственных и временных соотношений с источником загрязнения в соответствии с ландшафтно-геохимическими условиями;
- типичной концентрационной зональности, устанавливаемой как для моноэлементных, так и для полиэлементных ореолов;
- определенной ассоциативной зональности, обусловленной закономерной дифференциацией элементов по отношению к источнику.

Проявленность всех этих признаков необходимо учитывать при определении границ зон влияния источников загрязнения. Однако наиболее информативным признаком в этом отношении является характер ассоциативной зональности ореолов загрязнения. Она определяется тем, что в центральных зонах ореолов концентрируется вполне определенная группа главных элементов, а на периферии их концентрации снижаются, и наблюдается рост содержаний не типичных для эпицентров аномалий элементов. Таким образом, набор индикаторных элементов, их концентрации от центра аномальных ореолов к периферии закономерно меняются. Причем одинаковые закономерности поведения элементов характерны для однородных или генетически близких источников загрязнения и являются своеобразным паспортом, по которому можно идентифицировать объекты воздействия. Разнородные, по характеру производства или бытовой деятельности, источники различаются типом ассоциативной зональности. Поэтому для идентификации источника загрязнения и определения зоны его влияния необходимо изучить закономерности внутреннего строения аномальных ореолов и определить характер ассоциативной зональности. Для этого предлагается осуществить следующие расчеты и построения:

1. Сформировать выборку из проб, в которых установлен максимальный уровень загрязнения при существующей степени изученности, например, выше умеренно-опасной степени для почв или высокой для воды. Нижний предел уровня загрязнения устанавливается, исходя из результатов исследований. В выборку должны попасть пробы, характеризующие эпицентры загрязнения.
2. Рассчитать коэффициенты корреляции между геохимическими спектрами проб выборки, выраженными через коэффициенты концентрации.
3. Выделить пробы, между геохимическими спектрами которых установлена значимая положительная корреляционная связь с уровнем достоверности $\alpha \geq 0,05$ и сформировать из них однородную выборку.

4. Рассчитать средние значения коэффициентов концентрации элементов для однородной выборки. Полученные средние значения будут характеризовать среднестатистические геохимические параметры эпицентров аномальных зон и будут отражать их геохимический спектр.
5. Рассчитать коэффициенты корреляции между полученными среднестатистическими геохимическими параметрами эпицентров аномалии и геохимическими параметрами (коэффициентами концентрации элементов) всех остальных проб, включая пробы однородной выборки.
6. Полученные коэффициенты корреляции (R) ранжировать по силе и характеру связи с учетом критических значений R для уровней достоверности: $\alpha \geq 0,001$; $\alpha \geq 0,01$; $\alpha \geq 0,05$; $\alpha \geq 0,10$. При этом для удобства допускается ранжирование проб в соответствии с градацией R: $\geq 0,901$; от 0,801 до 0,900; от 0,701 до 0,800; от 0,601 до 0,700 и т.д.
7. Вынести полученные значения коэффициентов корреляции на карту и с учетом предварительной группировки проб по силе и характеру связи откартировать соответствующие зоны ореола влияния.
8. По характеру установленной зональности определить границы зоны влияния исследуемого источника загрязнения и выделить аномальные пробы, в которых отмечается нетипичный данному источнику загрязнения спектр (ассоциация) элементов.

Существует некоторая трудность исследования ореолов загрязнения в водной среде, что обусловлено отсутствием надежно рассчитанных фоновых концентраций природных вод [4]. В этой связи расчеты на основе коэффициентов концентрации в данном случае не возможны. Поэтому при определении зон влияния на подземные и поверхностные воды допускается использование концентраций при условии, что в расчеты вовлекаются лишь микроэлементы, концентрация которых в естественных условиях не превышает 10 мг/дм^3 .

Такого рода исследования необходимы и наиболее эффективны в сложных экологических ситуациях, когда на одной территории сосредоточены более одного источника воздействия и их зоны влияния сопряжены в пространстве.

Наиболее ярким примером подобного рода может служить территория зоны влияния золоотвала Кураховской ТЭС в балке Сухая, который располагается на расстоянии 6 км к югу от промплощадки Кураховской ТЭС. В плане золоотвал имеет форму прямоугольника, вытянутого вдоль балки Сухая с востока на запад, и примыкает к ее правому склону. Он служит для размещения золошлаков, образующихся при сжигании угля в котлах Кураховской ТЭС. Золошлаковая пульпа подается на золоотвал по системе гидрозолоудаления. Осветленная вода дренируется в специально оборудованный к западу от золоотвала пруд и насосной станцией возвращается на промплощадку ТЭС для повторного цикла гидрозолоудаления. Золошлаки практически по всей площади отвала обводнены.

Балка Сухая не имеет постоянного водотока выше золоотвала к востоку от него. Глубина залегания грунтовых вод в этой части днища балки в летнюю межень составляет более 10 м. К западу от золоотвала за счет фильтрационных потерь с его стороны и со стороны пруда осветленной воды существует постоянный водоток, впадающий в р. Сухие Ялы на расстоянии около 7 км объекта исследования.

Длительная эксплуатация золоотвала, его постоянное наращивание вверх привели к формированию локально проявленного купола растекания техногенных вод. При этом существует общее направление движения подземных вод с юга территории к золоотвалу и далее от него на север к Кураховскому водохранилищу и р. Волчья. Узкой полосой фильтрационный поток со стороны золоотвала направлен к западу от него вдоль балки Сухая. В зоне влияния золоотвала для контроля гидродинамического и гидрохимического режима подземных вод в 2003 г. была оборудована локальная сеть наблюдательных скважин. Вокруг золоотвала расположены сельхозугодия, в пределах которых активно ведутся оросительные и агрохимические работы. Мониторинг негативного влияния этой деятельности не осуществляется.

На протяжении всего периода регулярных наблюдений, начиная с 2003 г., в зоне влияния золоотвала в 200 м к северу от него в наблюдательной скважине 3 постоянно отмечалось чрезвычайно-высокое загрязнение вод, распространяемое в северном направлении на расстояние более 1,5 км. Все это время в качестве единственного источника загрязнения подземных вод рассматривался золоотвал Кураховской ТЭС. Поэтому для исключения его влияния на грунтовые воды прилегающих сельхозугодий предполагалась в качестве наиболее эффективного мероприятия организация бетонного заслона на пути фильтрационного потока со стороны золоотвала по типу стены в грунте. Предварительная стоимость данных работ оценивалась в десятки млн. грн.

Разобраться в существующей ситуации позволили детальные специализированные исследования, проведенные летом 2009 г., на основе построения модели ассоциативной гидрогеохимической зональности подземных вод.

В результате изысканий было установлено, что плейстоценовый и неогеновый горизонты подземных вод имеют между собой прямую гидравлическую связь, подпитываются за счет вод техногенного горизонта золоотвала, и их первичный состав не влияет на сформировавшуюся антропогенную гидрогеохимическую зональность.

В пределах исследуемой территории отчетливо выделяется очаг загрязнения, расположенный к северу от золоотвала (рис. 1). Здесь устанавливается высокая минерализация (более 20 г/дм³) и хлоридно-натриевый состав вод, кислая реакция водной среды с pH 4,1. В эпицентре загрязнения установлено превышение ПДК для железа, марганца, никеля, ванадия, кадмия, ртути и других компонентов. В стороны от эпицентра происходит закономерная смена гидрохимического состава вод через сульфатно-хлоридный, хлоридно-сульфатный к сульфатному и гидрокарбонатно-сульфатному. По мере удаления от эпицентра возрастает роль кальция, наблюдается снижение уровня минерализации и общего загрязнения, воды приобретают нейтральную реакцию (pH около 7,5).

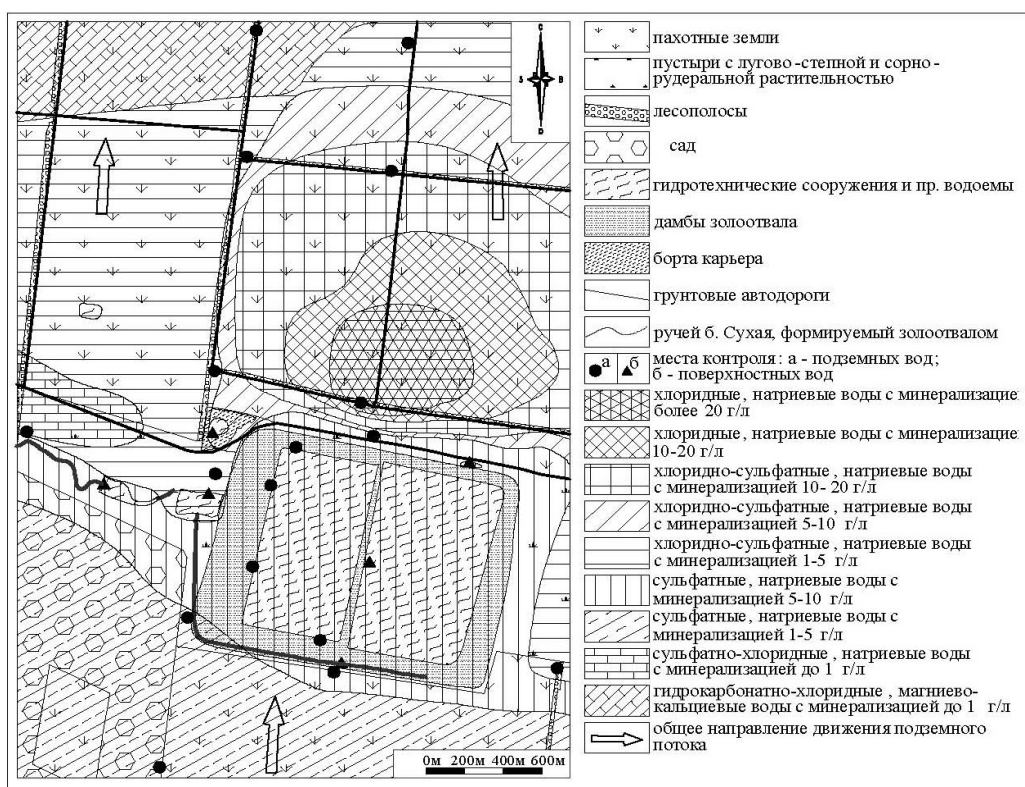


Рис. 1. Карта гидрохимической зональности района золоотвала Кураховской ТЭС в б. Сухая

В то же время зольные воды фильтрационного потока со стороны золоотвала имеют относительно низкую минерализацию до 4 г/дм³, соответствующую фоновому составу Кураховского водохранилища, сульфатный, кальциево-натриевый состав и слабощелочную реакцию (pH 8–8,5). Купол растекания техногенных вод в северном направлении позволил отследить изменение их состава по мере приближения фильтрационного потока к установленному очагу загрязнения. Были выделены воды промежуточного состава и установлено наложение более чистых техногенных фильтрационных вод золоотвала на очаг загрязнения. Уже на этом этапе исследования было установлено отсутствие связи зольных вод золоотвала и хлоридно-натриевых вод очага загрязнения, что давало основание отказаться от проектирования и строительства бетонного заслона.

Окончательно зона влияния золоотвала была определена и отделена от интенсивного ореола загрязнения в процессе изучения ассоциативной гидрогеохимической зональности на основе корреляционного анализа (табл. 1).

Табл. 1. Сопоставление геохимических спектров проб ореола распространения золных вод и очага загрязнения к северу от золотоотвала на основе коэффициента корреляции (R), граничное значение R при уровне значимости 0,05 равно 0,468

№ пробы	Mn	Fe	Cd	Pb	As	Hg	V	Zn	Ni	Cr	Ag	Co	B	Mo	Li	Cu	R, пр.3	R, скв.3
	Концентрация в мг/дм³																	
Пр 1	0,01	1,3	0,001	0,0087	0,08	0,000276	0,039	0,020	0,039	0,059	0,004	0,010	0,079	0,003	0,059	0,020	0,311	0,899
Пр 2	0,012	0,05	0,0019	0,0005	0,01	0,000286	0,036	0,018	0,054	0,036	0,004	0,009	0,071	0,005	0,054	0,018	0,642	0,242
Пр 3	0,033	0,05	0,0009	0,012	0,08	0,000277	0,026	0,018	0,037	0,055	0,004	0,009	0,055	0,003	0,055	0,018	1,000	0,239
Пр 4	0,03	0,05	0,0023	0,012	0,06	0,000379	0,038	0,019	0,038	0,057	0,006	0,009	0,057	0,003	0,076	0,019	0,947	0,211
Пр 5	0,0005	0,05	0,0013	0,002	0,003	0,000526	0,058	0,029	0,058	0,058	0,006	0,015	0,088	0,006	0,117	0,029	0,558	0,024
Скв 1	0,85	0,6	0,001	0,002	0,0005	0,000211	0,018	0,018	0,035	0,053	0,004	0,009	0,035	0,002	0,035	0,011	0,241	0,838
Скв 3	60,4	135,1	0,004	0,01	0,0005	0,001471	0,172	0,123	0,245	0,245	0,025	0,061	0,368	0,012	0,245	0,123	0,239	1,000
Скв 4	11	147,1	0,0028	0,037	0,0005	0,001026	0,072	0,051	0,154	0,103	0,010	0,026	0,103	0,005	0,103	0,051	0,237	0,937
Скв 6	0,06	2,5	0,0014	0,0036	0,0005	0,000584	0,039	0,019	0,039	0,058	0,004	0,010	0,078	0,003	0,039	0,027	0,253	0,914
Скв 7	13,8	150,1	0,0025	0,0085	0,0005	0,000415	0,042	0,021	0,042	0,042	0,004	0,010	0,062	0,002	0,042	0,012	0,237	0,943
Скв 9	0,1	1,3	0,0013	0,004	0,0005	0,000029	0,003	0,001	0,003	0,006	0,0004	0,001	0,004	0,000	0,003	0,003	0,239	0,938
Скв 10	0,05	0,1	0,001	0,0005	0,0005	0,000070	0,006	0,004	0,012	0,012	0,001	0,002	0,017	0,000	0,008	0,008	0,337	0,981
Скв 12	0,0005	0,7	0,0018	0,014	0,0005	0,000419	0,056	0,028	0,056	0,056	0,006	0,014	0,084	0,004	0,056	0,028	0,305	0,881
Гс-2	0,0005	0,1	0,0005	0,0005	0,0005	0,000435	0,048	0,024	0,048	0,048	0,005	0,012	0,073	0,003	0,048	0,024	0,532	0,498
Гс-3	0,1	0,2	0,0014	0,0059	0,0005	0,000429	0,043	0,021	0,064	0,043	0,006	0,011	0,064	0,003	0,064	0,043	0,445	0,887
Скв 11	18,76	219,2	0,0032	0,0064	0,0005	0,000934	0,057	0,018	0,03	0,024	0,001	0,02	0,095	0,004	0,094	0,053	0,237	0,941

Примечание:

- пробы ореола распространения золных вод золотоотвала, контролируемого пробой 3;

- пробы очага загрязнения, выявленного к северу от золотоотвала и контролируемого наблюдательной скв.3

Для упрощения схемы расчетов корреляционный анализ был осуществлен относительно двух очевидных зон влияния – золоотвала и очага загрязнения к северу от него. Ореол распространения зольных вод контролируется пробой 3, отобранной из чаши золоотвала, а очаг загрязнения пробой из наблюдательной скважины 3. Корреляционный анализ позволяет сопоставить геохимические спектры микроэлементов в пробах, отобранных в непосредственной зоне влияния золоотвала и оценить их изменения по мере продвижения фильтрационного потока в стороны от него (рис. 2).

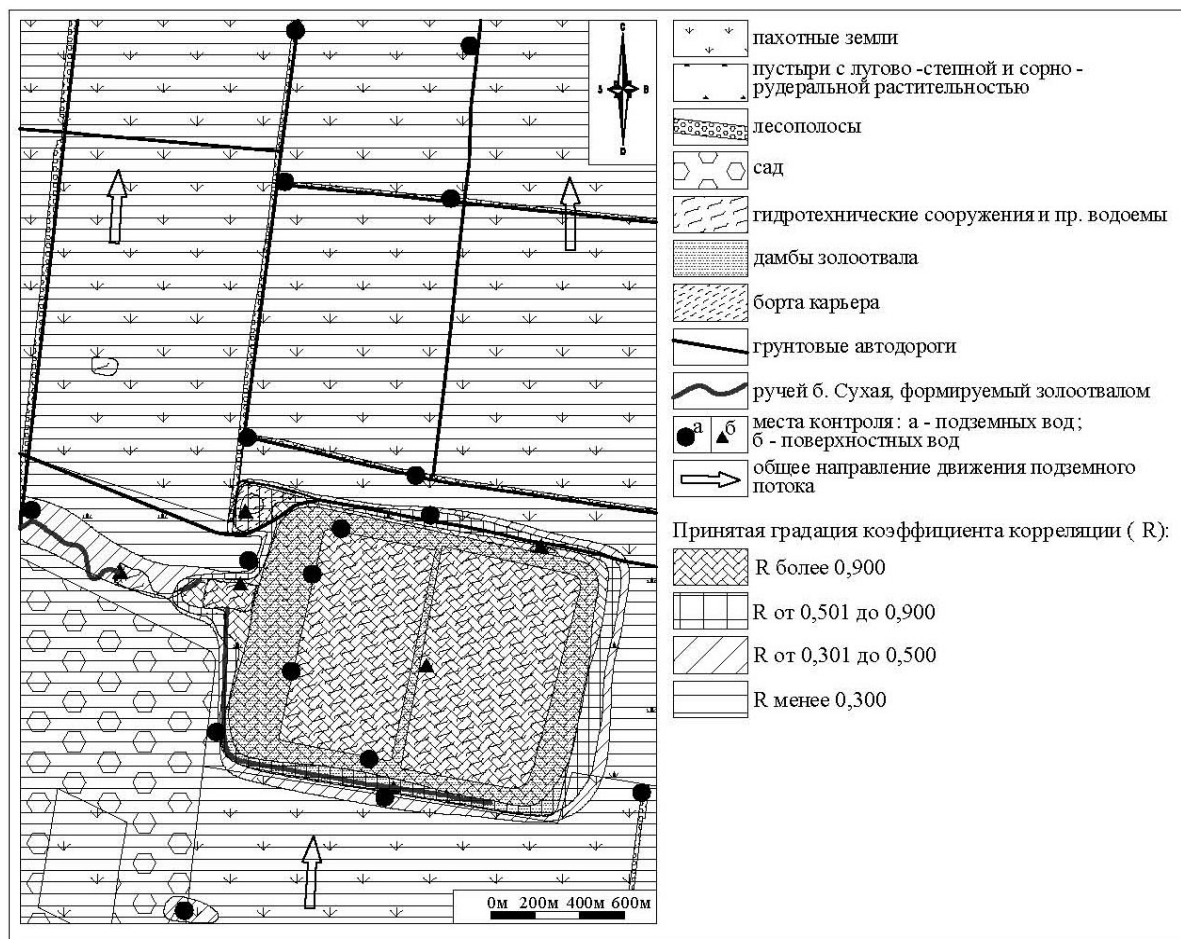


Рис. 2. Карта микроэлементной ассоциативной зональности вод в связи с золоотвалом на основе корреляционного анализа. Граничные значения коэффициента корреляции (R) по уровням значимости α для $n=16$: $R_{\alpha=0,10}=0,400$; $R_{\alpha=0,05}=0,468$; $R_{\alpha=0,01}=0,589$; $R_{\alpha=0,001}=0,708$

Картирование ореола ассоциативной геохимической зональности позволило установить закономерное изменение спектра элементов по мере удаления от золоотвала. В гидрогеологических скважинах Гс-2 и Гс-3, пробуренных к северу и к югу от золоотвала, соответственно, на предполагаемой границе купола растекания зольных вод, устанавливается высокая корреляционная связь между геохимическими спектрами микроэлементов грунтовых и зольных вод. Однако сила связи здесь уже существенно снижается и в Гс-3 не достигает граничного значения для уровня достоверности 0,05.

В пробах, удаленных от борта золоотвала на расстояние более 200м значимых связей с зольными водами не отмечается. Вместе с этим в них устанавливается высокая корреляционная связь с геохимическим спектром очага загрязнения, расположенного к северу от борта золоотвала (табл. 1). Все эти пробы отобраны из скважин расположенных практически на сельскохозяйственных полях. Поэтому был сделан вывод о связи очага загрязнения грунтовых вод и ореола, сформированного вокруг него, с применением на полях химикатов, имеющих вполне

определенные физико-химические показатели и геохимический спектр, характеризующийся высокими концентрациями хлоридов, натрия и микроэлементов. В скважине 3 отмечаются аномально высокие концентрации практически для всех проанализированных микроэлементов.

В результате проведенных расчетов и построения карты ассоциативной зональности однозначно доказывается разнородность данных вод по ассоциации микроэлементов, что совместно с другими характеристиками гидрогеохимической зональности позволило определить отсутствие связи очага интенсивного загрязнения с золоотвалом. На фоне вод прилегающей к золоотвалу территории сельхозугодий корреляционным анализом отчетливо устанавливается зона его влияния. Она наиболее проявлена в пределах купола растекания зольных вод, распространяется на расстояние до 100–200 м от борта золоотвала. Лишь вдоль ручья отмечается локальное расширение зоны влияния на расстояние до 500 м.

Грунтовые воды в пределах территорий сельхозугодий независимо от уровня минерализации и общего загрязнения имеют близкий микроэлементный состав. Выделяемая ассоциация микроэлементов, типичных для эпицентра, распространены на значительных площадях. Столь интенсивное и достаточно однотипное по геохимическому спектру загрязнение может быть обусловлено обработкой пахотных земель химикатами. Очаг загрязнения к северу от золоотвала связан с участком приготовления химических препаратов к использованию. В настоящее время он не действует, остались полуразрушенные сооружения. Однако сформированный солевой ореол в грунтах зоны аэрации и водовмещающих породах, насыщенный макро- и микроэлементами сохраняет свое влияние, которое распространилось по направлению подземного потока на несколько км на север.

Проведенные исследования убедительно доказали отсутствие связи очага загрязнения с деятельностью золоотвала Кураховской ТЭС, что позволило отказаться от реализации дорогостоящего и в данном случае лишнего природоохранного мероприятия.

Бібліографічний список

1. РК 41-00032626-00-314-98. Эколого-геохимическая оценка загрязнения почв, донных отложений, грунтовых вод. Методические рекомендации. – К., 1998. – 32 с.
2. Временные методические рекомендации по проведению геолого-экологических исследований при геологоразведочных работах (для условий Украины). – К., 1990. – 87 с.
3. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. № 4630 – 88. – М., 1988. – 68 с.
4. Шварцев С. Л., Пиннекер Е. В., Перельман А. И. и др. Основы гидрогеологии. Гидрогеохимия. – Новосибирск: Наука, 1982. – 287 с.

© *Выборов С. Г.*, 2011.

Анотація

Розглядаються методичні питання визначення і розмежування зон впливу антропогенних джерел забруднення. Наведено приклад визначення зони впливу золовідвалу Курахівської ТЕС на водне середовище. Застосування авторської методики дозволило розмежувати зони впливу золовідвалу і ореола інтенсивного забруднення на північ від нього. Це дозволило відмовитися від реалізації дорогого заходу з обладнання бетонного заслону на шляху руху фільтраційного потоку від золовідвалу.

Ключові слова: джерело забруднення, зона впливу, золовідвал, геологічне середовище, кореляційний аналіз, геохімічний спектр

Abstract

We consider the methodological issues of definition and delimitation of areas of influence of anthropogenic sources of pollution. An example of determining the zone of influence of ash dump Kurakhovskaya TPP in the aquatic environment. Application authoring techniques allowed to distinguish zones of influence of ash dump and the focus of intense pollution to the north of it. This has allowed to abandon the costly equipment concrete shields in the path of seepage flow from the ash dump.

Keywords: pollution source, the zone of influence, ash dump, the geological environment, correlation analysis, geochemical spectrum.

УДК 551.24.03:553.94(477.62)

Поля деформаций, как фактор прогноза подтоплений на территории горных отводов ликвидированных шахт г. Донецка

Черняева В. В.

Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина

Поступила в редакцию 29.06.10, принята к печати 01.10.10.

Аннотация

Статья посвящена прогнозу зон подтоплений на территории ликвидируемых угольных шахт с помощью тектонофизического анализа и сопоставлению полученных данных с данными, полученными в результате гидрогеологического мониторинга, проводимого на данной территории. В качестве полигона были выбраны ликвидированные в период с 1980 по 2000 годы шахты Пролетарского и Буденновского районов г. Донецка. В результате проведенных исследований были выделены области сжатия и растяжения массива, при этом установлено, что области фактических подтоплений приурочены к областям сжатия массива.

Ключевые слова: подтопление, прогноз, ликвидация шахт.

В середине 90-х годов прошлого столетия началась реструктуризация угольной промышленности, сущность которой заключалась в ликвидации почти 100 нерентабельных шахт Украины [1]. Вывод угольных шахт из эксплуатации осуществлялся на протяжении всей истории угледобывающих работ в Донецком бассейне. Однако прежде ликвидация угольных шахт не носила массовый характер. Как в данном случае отреагирует экосистема на массовое закрытие и затопление шахт? Ответить на данный вопрос было сложно как в начальный период реструктуризации угольной промышленности, так и в настоящее время.

Опыт, накопленный за последнее десятилетие, показал, что одной из важных проблем, связанных с реструктуризацией предприятий угольной промышленности, является прогноз зон подтопления в пределах их горных отводов. Методика прогнозов участков подтопления шахтных полей базируется на тщательном анализе гидрогеологической обстановки, сложившейся на конечный период работы шахты [1]. И только после этого принимается решение о выборе способа закрытия шахты и управления шахтными водопритоками. Далее в период и после ее ликвидации на территории угольного предприятия, чаще всего в границах жилых массивов проводится гидрогеологический мониторинг, по его результатам делаются выводы для решения возникших проблем.

Настоящая статья посвящена прогнозу зон подтоплений на территории ликвидируемых угольных шахт с помощью тектонофизического анализа. Ранее такие исследования не производились. Данная методика позволяет по новому подойти к решению проблемы.

Объектом исследований стали шахты, расположенные в Пролетарском и Буденовском районах г. Донецка. Это шахты шахтоуправлений им. газеты «Правда» и «Красная Звезда», а также шахта «Мушкетовская», «Заперевальные» №1 и №2, шахта им. 60-летия Советской Украины.

Рассматриваемая территория расположена на водоразделе рек Грузская и Кальмиус. Ландшафт представляет собой степное, слабо расчлененное пространство. Гидрографическая сеть развита слабо и представлена в основном верховьями балок, среди которых можно выделить Обеточную и Богодуховскую. Повышение рельефа наблюдается с юго-запада на северо-восток. Минимальная отметка – +120 м, максимальная – +235 м.

В геологическом строении района принимают участие породы среднего карбона свит C_2^2 , C_2^3 и C_2^4 , почти повсеместно перекрытые четвертичными и местами палеоген- неогеновыми образованиями.

Четвертичные отложения представлены лессовидными желто-бурыми суглинками, бурыми и красно-бурыми глинами мощностью от 0,5 до 38 м. Палеоген-неогеновые отложения, встречающиеся в единичных случаях, имеют мощность 3–25 м и представлены глинами и разнотернистыми песками. Пески местами обводнены и имеют характер пльвунов.

Продуктивные отложения свит C_2^2 и C_2^3 содержат в себе 21 угольный пласт, из которых рабочую мощность имеют 9: h_{10} , h_8 , h_7 , h_6 , h_4 , h_3 , h_2^1 , h_2 и g_2 .

Исследуемый участок в геолого-структурном отношении расположен в юго-восточной части Кальмиус-Торецкой котловины, которая представляет собой обширную синклиналиную складку, открытую к западу и замыкающуюся на юго-восток. Ось синклинали простирается с юго-востока на северо-запад на протяжении 150 км. Максимальная ширина котловины 75 км.

Вся описываемая площадь разбита крупными дизъюнктивами на отдельные тектонические блоки (рис. 1). Наиболее значительными разрывными нарушениями являются Мушкетовский, Первомайский, Итальянский и Восточный надвиги.

Мушкетовский надвиг – крупнейший региональный разрыв субширотного простирания. Он прослежен на протяжении 50 км с постоянным затуханием амплитуды в северо-западном направлении. Амплитуда нарушения снижается от 300 м на востоке до 90 м в центральной части и затухает в западном направлении. Приподнятым является его северо-восточное крыло. Согласно имеющимся данным, Мушкетовский надвиг смещается более молодым Первомайским надвигом.

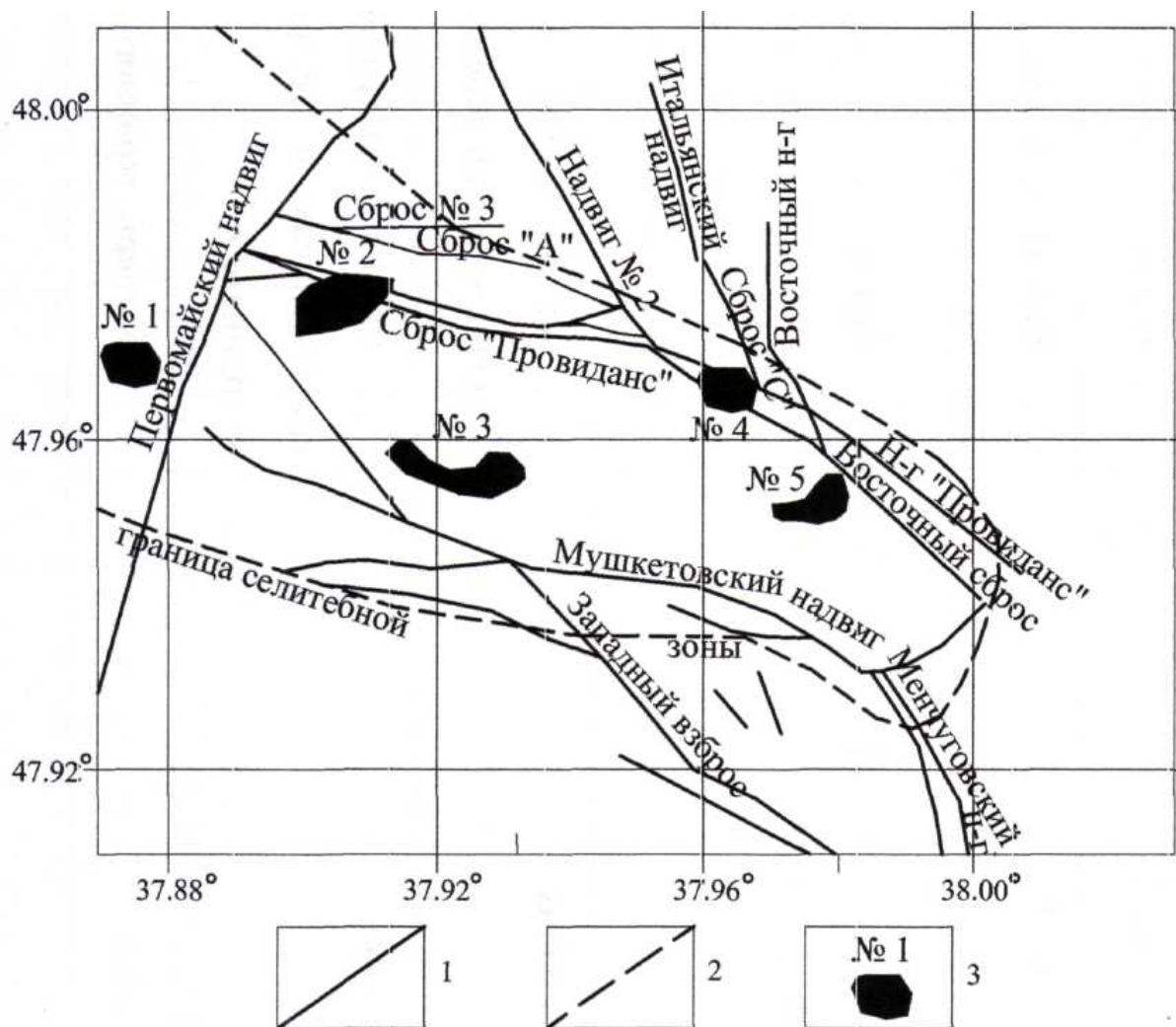


Рис. 1. Тектоническая карта Пролетарского и Буденовского районов г. Донецка
1 – разрывные нарушения, 2 – граница селитебной зоны; 3 – участки фактических подтоплений

Первомайский надвиг имеет субмеридиональное простирание. Максимальная амплитуда смещений по нарушению достигает 460 м. В южном и северо-восточном направлении амплитуда надвига уменьшается. Углы падения сместителя изменяются от 15–35° до 80°. Плоскость сместителя падает на восток. Зона дробления пород достигает 150 м.

Итальянский надвиг имеет преимущественно субмеридиональное простирание. Поверхность сместителя наклонена под углом 40°. Амплитуда смещения изменяется от 15 до 90 м, а мощность зоны нарушенных пород – в диапазоне 12–55 м.

Восточный надвиг изменяет свое простирание от субмеридионального на севере до юго-восточного на юге. Падение сместителя на запад и юго-запад под углом 45–60°. Амплитуда нарушения в центре составляет около 30 м и постепенно уменьшается к северу, надвиг затухает. На юго-востоке нарушение примыкает к надвику Провиданс с амплитудой 40–42 м.

Гидрогеологическая обстановка в данном районе довольно сложная. Вследствие широко развития фронта горных работ шахт района по пластам h_{10} , h_8 , h_7 , h_6 , h_4 , h_3 , h_2^I , h_2 и g_2 большинство водоносных горизонтов сдренировано.

Горные выработки шахт ш/у им. газеты «Правда» и ш/у «Красная Звезда», им. 60-летия Советской Украины, «Глубокая» сбиты между собой горными выработками и скважинами. Все шахты объединены в единую гидравлическую систему и представляют собой общий водный бассейн.

Шахты «Заперевальная» №1 и №2, «Мушкетовская» объединены в отдельную гидравлическую систему, не связанную с шахтами шахтоуправлений имени газеты «Правда» и «Красная Звезда».

В связи со строительством линии метрополитена в г. Донецке намечено частичное затопление вышеуказанных шахт до отметки +30.

Для изучения динамики затопления шахт и характера его влияния на окружающую среду периодически, начиная с 2000г., ПО «Укруглегеология» и ГРГП «Донецкгеология», проводят работы, включающие: создание режимной сети гидронаблюдательных скважин, замеры уровней воды в них и обследование поверхности селитебной зоны с выделением образовавшихся зон подтоплений.

Обследование поверхности ликвидированных шахт позволило установить на рассматриваемой территории 5 крупных участков подтопления (рис. 1). По результатам проведенных работ, гидрогеологи пришли к единому мнению, что частичное затопление шахты не влияет на образование участков подтопления на поверхности. Решающее значение в этом играет то, что четвертичные отложения в рассматриваемом районе зачастую подстилаются глинистыми породами каменноугольного возраста, которые при подработке шахтами проявляют способность к плавному прогибанию. За счет этого в зоне сдвижения происходит проседание отдельных участков земной поверхности, при этом уровень грунтовых вод приближается к ней.

Немаловажную роль в образовании участков подтоплений играет строительство дорог, зданий и сооружений, которые препятствуют нормальному стоку атмосферных осадков и циркуляции грунтовых вод.

Наличие же участка подтопления на территории частного сектора застройки при наличии центрального водоснабжения можно объяснить отсутствием водоотводящих систем, которые обеспечивают дополнительное питание грунтовых вод.

Необходимо обратить внимание на то, что при выполнении вышеописанных работ не было уделено внимание состоянию горного массива. Дело в том, что, не зная реального состояния горного массива в области конкретного шахтного поля, мы не можем говорить о том, как в будущем после ликвидации и затоплении горных выработок будет вести себя этот массив. Зная структурные элементы массива горных пород, мы можем определить тектонофизические условия его формирования.

Главной задачей тектонофизического анализа является реконструкция тех тектонических полей хрупких деформаций, которые определяют состояние массива. В результате такой реконструкции можно не только оценить и прогнозировать горно-геологические условия проведения подземных разведочных или эксплуатационных выработок, но и дать прогноз по выделению участков возможных подтоплений на поверхности после ликвидации горного предприятия [2, 3, 4].

Реконструкция поля хрупких деформаций проводится по элементам залегания трещин, борозд и штрихов на зеркалах скольжения трещин и тектонических нарушений. Вручную обработать такой массив полевых данных очень сложно. Поэтому автор кинематического метода О. И. Гущенко с А. О. Мострюковым для решения данной задачи разработали специальную компьютерную программу «GEOS» [4]. Программа позволяет проводить реконструкции поля хрупких деформаций по совокупности трещин и зеркал скольжений. Реконструкция поля деформаций включает в себя: нахождение положения в пространстве трех осей эллипсоида деформации – ε_1 , ε_2 , ε_3 ; графическое изображение этих осей на стереограмме; расчет элементов залегания осей деформаций; расчет показателя Лодэ-Надаи (μ_e). Показатель Лодэ-Надаи отражает условия, в которых происходило деформирование массива горных пород в целом. Измеряется он от +1 (одноосное сжатие массива) до –1 (одноосное растяжение массива).

При частичном затоплении угольной шахты наибольший интерес для прогноза подтопления подработанных территорий будут представлять области с одноосным сжатием, так породы в этих зонах плотно спрессованы и препятствуют дренированию грунтовых вод в выработанное пространство ликвидированных шахт.

С целью проверки выдвинутых предположений и была выполнена реконструкция полей хрупких деформаций на территории ликвидированных шахт Пролетарского и Буденновского района г. Донецка. Для этого использовались замеры зеркал скольжений с определением направления смещений, выполненные сотрудниками кафедры «Полезные ископаемые и экологическая геология» ДонНТУ и автором в период с 1980 по 2000 гг. в горных выработках вышеуказанных шахт. Ранее данные замеры использовались для прогноза горнотехнических условий эксплуатации.

Обработка данных сводилась к следующему. Исходные данные были объединены в группы (74 группы) по 20–30 и более разрывов в соответствии с размещением в однородных структурных блоках для реконструкции в них параметров поля. Компьютерная программа сформировала равномерную сеть узлов при неравномерной исходной сети наблюдений. Для этого был выбран шаг сети $0,002^\circ$ и радиус охвата $0,001^\circ$. В дальнейшем исходные данные относились к узлу созданной сетки и сглаживались.

По таким сглаженным данным были рассчитаны значения параметров поля суммарных хрупких деформаций в каждом узле сетки, при этом были получены данные по зеркалам скольжения и общей трещиноватости. Были определены ориентировки осей главных нормальных деформаций (ε_1 , ε_2 , ε_3), их соотношения (коэффициент Лодэ-Надаи).

После получения результатов с помощью программы Excel были составлены выборки по значениям коэффициента Лодэ-Надаи. Далее была построена карта распределения этого показателя в пространстве с помощью программ Surfer (рис. 2).

Анализируя данную карту можно выделить 3 области с преобладанием растягивающих усилий (отрицательными значениями коэффициента Лодэ-Надаи). Наиболее крупная область с преобладанием растягивающих усилий прослеживается в юго-восточной части рассматриваемой территории. Значения коэффициента μ_e изменяется в пределах от –0,30 до –0,80 (рис. 2).

Вторая область с такими же значениями μ_e , но меньшая по площади прослеживается северо-восточной части данного участка. Третья область со значениями μ_e от 0 до –0,4 расположена на северо-западе (рис. 2).

При сопоставлении полученных данных с данными мониторинга было установлено, что все 5 участков подтоплений расположены в зоне одноосного сжатия массива, т.е. в области, где породы сильно уплотнены (рис. 3).

Выдвинутые предположения подтвердились.

Следовательно, на образование участков подтоплений на территории ликвидированных шахт Пролетарского и Буденовского районов г. Донецка влияет не только наличие глинистых пород каменноугольного возраста, строительство дорог, зданий и сооружений, отсутствие водоотводящих систем на территории частного сектора застройки, но и состояние горного массива.

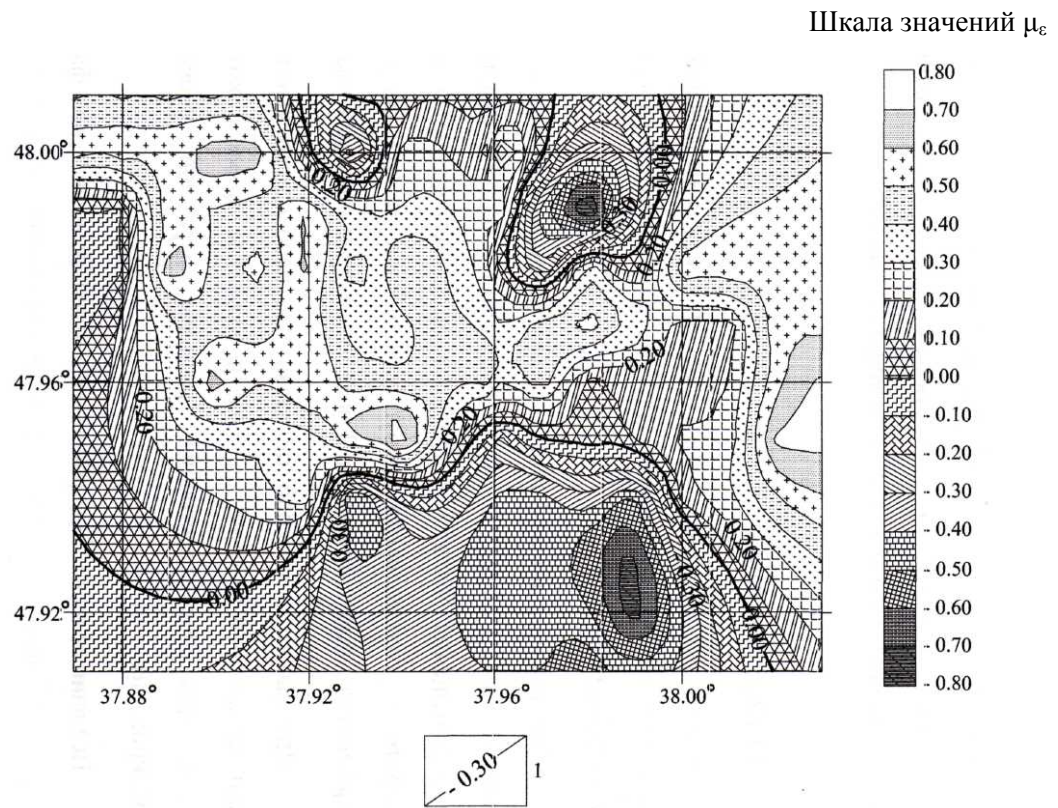


Рис. 2. Карта распределения значений коэффициента Лодэ-Надаи
1 – изолинии значений коэффициента μ_e

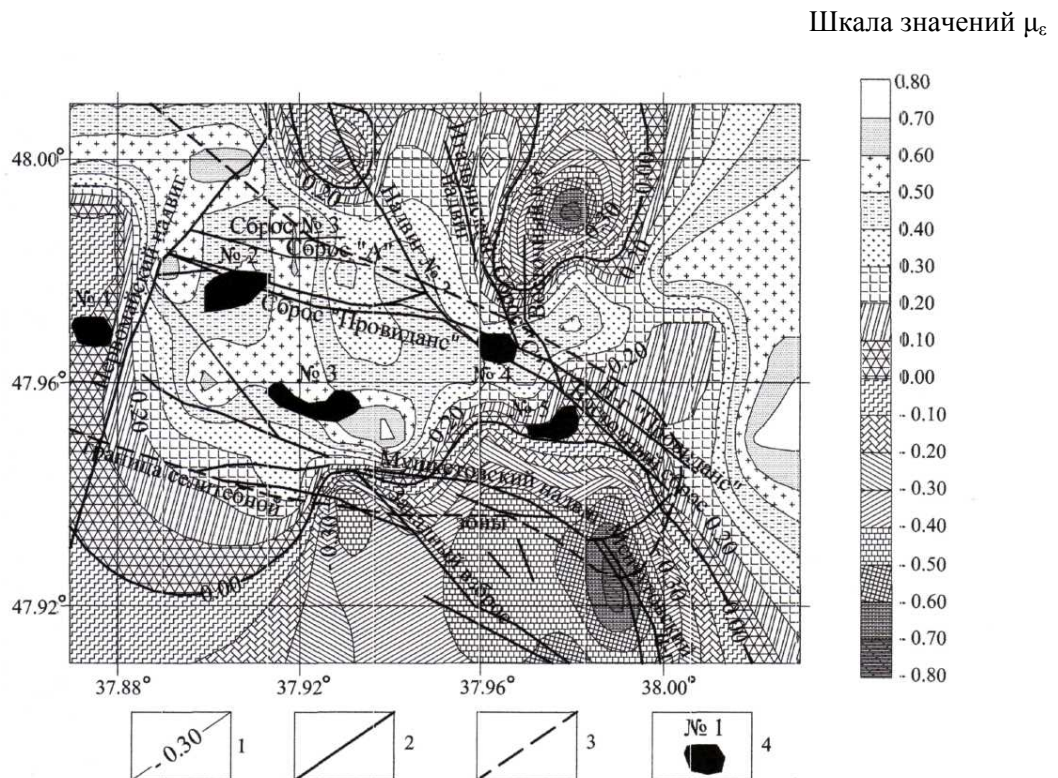


Рис. 3. Совмещенная карта распределения значений коэффициента Лодэ-Надаи, тектонических нарушений, границы селитебной зоны и фактических зон подтоплений
1 – изолинии значений коэффициента μ_e , 2 – разрывные нарушения, 3 – граница селитебной зоны; 4 – участки фактических подтоплений

Поэтому поля деформаций можно рассматривать, как фактор прогноза подтоплений на территории горных отводов ликвидированных шахт Пролетарского и Буденновского районов г. Донецка.

Библиографический список

1. Гавриленко, Ю. Н. Техногенные последствия закрытия угольных шахт Украины /Ю. Н. Гавриленко, В. Н. Ермаков, Ю. Ф. Кренида и др.; под редакцией Ю. Н. Гавриленко, В. Н. Ермакова. – Донецк: Норд-Пресс, 2004. – 631 с.
2. Гущенко, О.И. Метод кинематического анализа структур разрушения при реконструкции полей тектонических напряжений / О.И. Гущенко // Поля напряжений и деформаций в литосфере / Наука – М., 1979. – С. 7–25.
3. Корчемагин, В.А. К методике выделения и реконструкции наложенных тектонических полей напряжений / В.А. Корчемагин, В.С. Емец // ДАН СССР – 1982. – Т. 263, № 1. – С. 163–168.
4. Гущенко, О. И. Тектонический стресс-мониторинг Причерноморского региона / О. И. Гущенко, Н. Ю. Гущенко, А. О. Мострюков и др. // Наукові праці Донецького державного технічного університету. Сер. гірничо-геологічна / Донец. нац. техн. ун-т. – 2001. – Вип. 32. – С. 104–117.

© Черняева В. В., 2011.

Анотація

Стаття присвячена прогнозу зон підтоплень на території ліквідованих вугільних шахт за допомогою тектонофізичного аналізу та зіставленню отриманих даних з даними, отриманими в результаті гідрогеологічного моніторингу, що проводиться на даній території. Як полігон були обрані ліквідовані в період з 1980 по 2000 роки шахти Пролетарського та Будьоннівського районів м. Донецька. У результаті проведених досліджень були виділені області стиснення і розтягування масиву, при цьому встановлено, що області фактичних підтоплень приурочені до областей стиснення масиву.

Abstract

The article is devoted to forecast underflooding zones at the liquidated coal mines by the use of tectonic analysis and comparison of the obtained data with the hydrogeological monitoring's data, conducted at the area. The mines of Proletarian and Budennovsky regions of Donetsk, liquidated in the period from 1980 to 2000 were chosen as a test site. As a result zones of compression and stretching of the massif were allocated and established that the real underflooding zones confined to compression massif.

УДК 552.322: 551.222

Грорудиты участка с. Васильевки зоны сочленения Донбасса с Приазовьем, их вещественный состав, условия залегания и деформации

Алехин В. И.*

Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина

Поступила в редакцию 01.07.10, принята к печати 15.10.10

Аннотация

Исследованы условия залегания, вещественный состав и деформации дайки грорудитов участка с. Васильевка зоны сочленения Донбасса с Приазовьем. Изучены системы трещин в дайке. Проведены реконструкции полей древних напряжений и изучены их параметры. Выполнены реконструкции полей суммарных хрупких деформаций дайки. Изучены параметры этих деформаций. Исследованы формы проявления разрывных дислокаций участка и их кинематические характеристики. Исследованы вопросы возраста тектонических активизаций на участке и возраста медного оруденения. Изучены возможности использования параметров поля суммарных хрупких деформаций для прогнозирования оруденения в регионе

Ключевые слова: дайка, грорудит, условия залегания, состав, деформации, напряжения, реконструкция, оруденение.

Жильные магматические образований традиционно привлекают внимание геологов как индикаторы геодинамической обстановки, относительного возраста пород, перспективности территории на полезные ископаемые. Обычно хорошо изучены вопросы минералогического и химического состава, структурно-текстурных особенностей этих пород. Меньше уделяется внимание деформационным процессам, развивающимся после внедрения в толщу вмещающих пород. Совершенно новые возможности открываются при реконструкции древних полей напряжений, исследовании деформаций жильных тел и связанных с ними вещественных преобразований. Такие исследования слабо представлены в научной геологической литературе. Особенно это касается грорудитов, которые редко встречаются в исследуемом регионе, да и в мире в целом.

Грорудиты в Приазовье впервые обнаружил и описал в 1903 году И. А. Морозевич [1]. В дальнейшем исследования этих пород проводили В. И. Луцицкий и П. И. Лебедев (1934), Н. Л. Елисеев и др. (1965), Н. В. Бутурлинов и др. (1972, 1980), Н. Н. Шаталов (1986) и др. [2, 3, 4].

Дайки грорудитов встречаются в зоне сочленения Донбасса с Приазовьем вблизи с. Васильевка по реке Кальмиус, сел Кумачево и Кузнецово-Михайловки по реке Грузский Еланчик, по балке Каменка вблизи с. Октябрьское [2, 3]. Эти жильные образования относятся к группе пород, которые пересыщены щелочами с одновременным сохранением в составе избыточной кремниевой кислоты [5]. В связи с этим эгирин наряду с кварцем относятся к основным породообразующим минералам.

По данным Н. Н. Шаталова грорудиты описываемого района представляют собой серые, плотные, мелко-тонкозернистые, полнокристаллические порфиновые породы. Основная масса породы представлена калиевым полевым шпатом (55–60 %), кварцем (20–25 %), эгирином (15–20 %). Эти же минералы формируют порфиновые выделения. По петрохимическим особенностям грорудиты района почти идентичны кварцевым тингуаитам г. Осло [3].

Вопрос абсолютного возраста грорудитов до конца не решен. По данным Н. В. Бутурлинова и др. изотопный возраст грорудитов составляет 330 млн. лет [2]. Детальный анализ изотопных и геологических данных по определению возраста этих пород приведен в работе Н. Н. Шаталова [3]. Н. Н. Шаталов отмечает, что ранее определенный изотопный возраст в 275–280 млн. лет не отвечает геологическим данным. Собственные исследования, выполненные этим автором с использованием калий-аргонового метода, дали возраст в пределах 326–340 млн. лет. Этот возраст

* Для переписки: vikalex07@rambler.ru

хорошо согласуется с геологическими данными. В связи с этим автор делает вывод, что формирование даек грорудитов в зоне сочленения Донбасса с Приазовьем проходило на границе девона и карбона в бретонскую фазу герцинского орогенеза.

Особенности распределения трещин в исследованных породах детально описаны в работе Н. В. Бутурлинова, В. А. Корчемагина и др. [4]. Опубликованные данные по реконструкции полей хрупких деформаций и напряжений по этим породам отсутствуют.

Для уточнения условий залегания даек грорудитов, их взаимоотношений с вмещающими породами и разрывными нарушениями, выяснения особенностей деформаций на этапах внедрения и последующих тектонических активизаций района нами выполнена детальная съемка площади залегания дайки грорудитов в районе с. Васильевка.

Привязка точек наблюдения на площади проводилась по детальным космоснимкам с использованием геологического компаса и GPS. Исследовались геоморфологические условия, особенности почв и растительности.

При исследовании обнажений горных пород нами использовались общепринятые методы структурной геологии с описанием первичного состава вмещающих пород и всех эпигенетических изменений толщи. Отличительной чертой таких исследований было комплексирование традиционных методов со специальными тектонофизическими исследованиями и детальное изучение трещинных структур. В обнажениях изучался вещественный состав, структуры и текстуры породы, особенности деформаций и изменений вещественного состава, связанного с этими деформациями.

При выполнении исследований разрывных деформаций особое внимание уделялось признакам смещения по разрыву. При этом детально исследовалась поверхность зеркал скольжения с выделением ступеней и треугольников выкрашивания, борозд и штрихов скольжения. Определялись реперные структурные элементы, смещаемые швом – дайки, жилы, зоны метасоматоза, трещины. Исследовались оперяющие структуры – мелкие разрывы и трещины. Детально изучались не только зеркала, но и все системы трещин в обнажении. При этом определялся состав заполнителя и характер вторичных изменений. Тщательно изучались взаимоотношения между различными системами трещин (взаимные переходы, характер пересечения, слияния и т. д.) с предварительным установлением относительного возраста. Чтобы исключить пропуск отдельных систем трещин, для замеров выбирались участки обнажений с различной экспозицией стенок.

При изучении хрупких деформаций даек грорудитов и вмещающих пород использовался тектонофизический метод кинематического анализа О.И. Гуценко [6]. Метод основан на анализе направлений сдвиговых перемещений, возникающих по разрывам под действием единого поля напряжений. Принципиально важным положением метода принимается условие, что к началу действия поля напряжений в объеме горного массива уже существовали различно ориентированные разрывные дислокации. Действие на горный массив напряжений приводит к возникновению смещений по трещинам, которые фиксируются в виде борозд и штрихов скольжения. Разрывные дислокации одного размера образуют единый структурный уровень, который определяет масштаб осреднения (ранг) реконструируемого поля напряжений. В основу метода положена зависимость между ориентировкой главных осей напряжений и следами скольжения на плоскостях разрывов.

Нами на участке исследований измерялись все трещины одного ранга. По штрихам и бороздам на зеркалах скольжения определяется направление подвижки. Точность последующих реконструкций увеличивается, если использовать различно ориентированные трещины, имеющие противоположные знаки смещения.

Направление знака смещения по разрыву легко установить, если наблюдается смещение маркеров (слоев, геологических границ, подвороты пластов и т. д.). При их отсутствии определить направление смещения по разрыву очень трудно. В такой ситуации нами применялось «правило Гофера», согласно которому крыло разрыва смещается вдоль штрихов скольжения в направлении наименьшей шероховатости вдоль ступеней отрыва. Опыт полевого изучения зеркал скольжения в обнажениях Приазовья, а также данные других исследователей показывают, что в ряде случаев направление смещения не подчиняется «правилу Гофера». На зеркалах скольжения формируются два типа ступеней, по которым обычно определяют направление смещения, – аккреционные и коренные.

Аккреционная ступень может состоять из плотно спрессованной глины трения, прижатой к зеркалу скольжения, а также часто сложена кальцитом или другим жильным заполнением. Коренная ступень, в отличие от аккреционной, врезана в породу и составляет с ней одно целое. Наши полевые наблюдения, а также данные других исследователей показывают, что аккреционные ступени являются согласными, то есть не препятствуют смещению по разрыву. Движение в этом случае происходит в направлении наименьшей шероховатости. Уступы же коренных ступеней ориен-

тированы в различных направлениях. Использование коренных ступеней и дает ошибку в определении направления смещений по разрывной дислокации.

Таким образом, если при полевых исследованиях удастся обнаружить аккреционные ступени, смещение по разрыву можно определить однозначно. Кроме того, надежно устанавливается направление смещения по треугольникам выкрашивания на поверхности зеркала скольжения. Направления смещения определяется также по ориентировке оперяющих систем трещин по отношению к плоскости сместителя. Полевым изучением и моделированием зон сдвигов установлено, что при их формировании образуются две системы сколовых оперяющих трещин, одна из которых располагается под более острым углом к плоскости сместителя, чем другая. Смещение крыла разрыва направлено в сторону острого угла. При этом отмечается важная особенность – строение зон скольжения мелких трещин на микроуровне (в шлифах и аншлифах) имеет принципиальное сходство со строением зон крупных тектонических разрывов. Все названные критерии использовались автором на участке исследований.

Реконструкция полей напряжений и суммарных хрупких деформаций по методике кинематического анализа проводилась с использованием компьютерной программы «Geos», разработанной О.И. Гущенко и А.О. Мострюковым [7]. При реконструкции полей напряжений определялась ориентировка в пространстве осей главных нормальных напряжений, устанавливался вид напряженного состояния. Результаты реконструкции представлялись расчетной таблицей и стереографическими проекциями. На стереографических проекциях в проекции на верхнюю полусферу изображались оси главных нормальных напряжений и оси эллипсоида деформаций. В данной методике и программе принято обозначать оси главных нормальных напряжений следующим образом: σ_1 – ось растяжения, σ_3 – ось сжатия, σ_2 – промежуточная ось. Для главных осей эллипсоида хрупких деформаций были приняты обозначения: ось преимущественного удлинения – ε_1 , ось укорочения – ε_3 , промежуточная ось – ε_2 .

Изучая ориентацию осей главных напряжений, можно получить лишь качественную картину напряженного состояния земной коры. Для количественной оценки полей напряжений нами использовался коэффициент Лодэ-Надаи μ_σ , который широко применяется в практике тектонофизических исследований. Коэффициент Лодэ-Надаи отражает соотношение главных осей напряжений, вызвавших подвижку в плоскости разрыва, и характеризует вид напряженного состояния массива. Все значения коэффициента заключены в пределах от -1 до $+1$. В «механическом смысле» при значениях $\mu_\sigma = 0$ коэффициент отражает состояние чистого сдвига, при $\mu_\sigma = +1$ наблюдаем условие одноосного сжатия, а при $\mu_\sigma = -1$ массив находится в условиях одноосного растяжения. Когда значения μ_σ изменяются в диапазоне от 0 до $+1$, можно говорить о преобладании условий сжатия. При значениях от 0 до -1 наблюдаем преобладание условий растяжения. Для поля суммарных хрупких деформаций аналогом μ_σ выступает коэффициенту μ_ε .

Программы «Geos» позволяют разделять и наложенные поля напряжений, т. е. поля напряжений разных эпох тектогенеза. При реконструкции полей суммарных хрупких деформаций выполняется оценка всей совокупности накопившихся хрупких деформаций за несколько этапов тектогенеза.

Применение комплекса методов позволило выявить новые черты в геологическом строении участка, установить влияние состава пород и разрывных нарушений на рельеф местности, почвы и растительность.

Установлено, что основная дайка грорудитов расположена в 100 м к востоку от восточной окраины села Васильевка на левом берегу реки Кальмиус. Дайка хорошо выражена в ландшафте и формирует положительную форму рельефа, вытянутую в СЗ направлении по азимуту 305° – 310° (рис. 1). Главной разрывным нарушением участка исследований является Васильевский взброс (рис. 2). Этот крупный разлом имеет субширотное простирание и отделяет палеозойские отложения Донбасса от докембрийских гранитоидов Приазовского блока Украинского кристаллического щита. В коренных породах разлом представлен зоной дробления и брекчирования, многочисленными мелкими разрывами и тектоническими трещинами с зеркалами скольжения. В разломной зоне развиты многочисленные кальцитовые жилы, интенсивное ожелезнение. Проявлены признаки щелочного метасоматоза. Вдоль основного шва отмечается глина трения и будинаж по базальтам девона. На зеркалах скольжения преобладают субгоризонтальные борозды. Мощность дислоцированной зоны достигает нескольких десятков метров. Разлом хорошо проявлен понижением в рельефе (см. рис.1) и просматривается на космоснимках.

Взаимоотношение Васильевского взброса и дайки грорудитов из-за плохой обнаженности коренных пород вблизи дайки до конца выяснить не удалось. Детальное исследование, проведенное по высыпкам коренных пород, показывает, что вмещающими породами являются гранитоиды анадольского комплекса докембрия. С ЮВ дайка обрывается разрывным нарушением. Нарушение

имеет простирание около 70° и четко проявлено в ландшафте по смене состава почвы и растительности. Над дайкой почвы обогащены обломками зеленовато-серого грорудита, которые придают почвам особый цвет. Растительность над телом дайки угнетена и малочисленна.

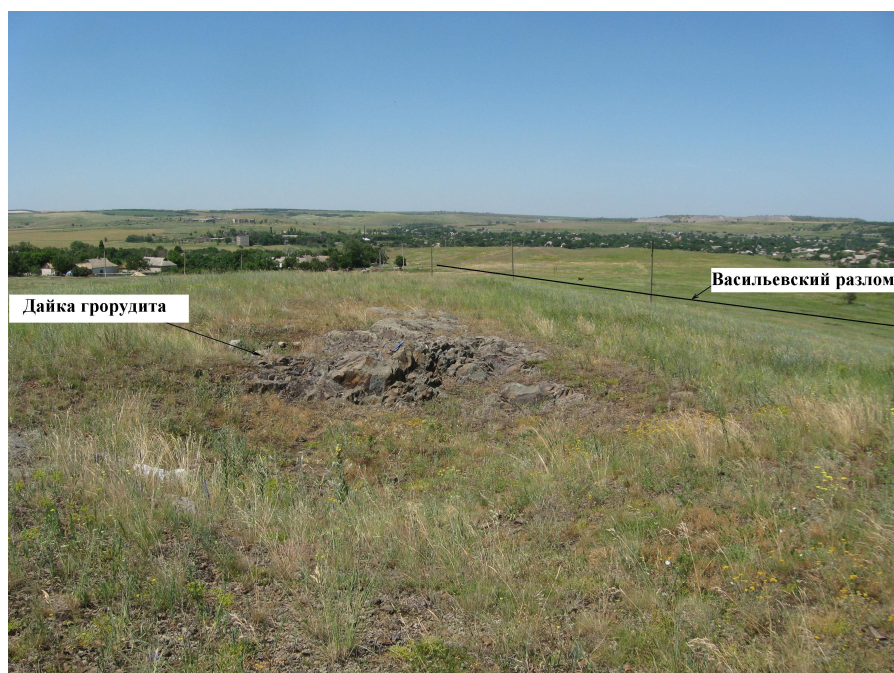


Рис. 1. Дайка грорудита на восточной окраине села Васильевка

Основная дайка прослеживается на расстоянии 150 м. Мощность дайки меняется от 8 м (вблизи карьерчика) до 25–30 м. Простирание дайки изменяется от 305° до 320° . Предполагаемое падение субвертикальное. С СЗ дайку срезает разрывное нарушение СВ простирания (около 30°). По этому нарушению наблюдается правый сдвиг по смещению маломощной дайки-сателита. Амплитуда смещения в горизонтальной плоскости составляет около 4 м. Дайки-сателиты сопровождают основную дайку грорудита с ЮВ стороны, образуя кулисы (см. рис. 2). Мощность их колеблется в пределах 0,8–1,2 м. Дайки-сателиты хорошо проявлены в ландшафте, но протяженность их небольшая – 10–20 м.

Минеральный состав, структура и текстура грорудитов основной дайки исследованы в стенках небольшого карьерчика (см. рис. 2). Глубина горной выработки около 1,5 м, диаметр достигает 6,5 м. Порода имеет серый с зеленоватым оттенком цвет, хорошо раскристаллизована. Структура породы мелкозернистая, размер минеральных зерен основной массы не превышает 1 мм. В основной массе преобладают порфиновые включения калиевого полевого шпата размером 5–7 мм. Реже встречаются порфиновые выделения эгирина призматической и игольчатой формы размером чаще до 7 мм (в редких случаях до 1 см) по удлинению. В порфиновых выделениях отмечаются изометричные зерна кварца размером до 3 мм. Тщательное изучение стенок карьерчика и сколов породы с различной экспозицией позволило установить тенденцию к некоторой упорядоченности включений калиевого полевого шпата и эгирина. В горизонтальной плоскости эти минералы вытягиваются вдоль простирания дайки, в вертикальной плоскости имеют крутые падения (под углами 80 – 90°) на СВ и ЮЗ.

В стенках горной выработки проведены измерения элементов залегания трещин и зеркал скольжения. Всего изучено 85 разрывных структур, из которых 20 составляют зеркала с бороздами и штрихами.

Построена роза-диаграмма простираний разрывных структур. Анализ этой розы-диаграммы показывает, что две системы трещин (простирания 315° и 45°) строго симметричны относительно дайки. Система трещин простирания 315° вытянута вдоль дайки, а система трещин простирания 45° строго перпендикулярна ей (см. рис. 2). Такая закономерность указывает на их контракционную природу. Первоначально эти трещины возникли как трещины отрыва при остывании расплавленного материала дайки. С другой стороны, вдоль них наблюдаются зеркала скольжения, т. е. сколы. Это хорошо видно на стереограммах плотности полюсов трещин и зеркал скольжения (рис. 3). Очевидно, в последующие этапы тектогенеза вдоль контракционных трещин

происходили неоднократные подвижки в изменяющихся полях напряжений. О последующих этапах тектонической активизации свидетельствует тектонически сорванный ЮВ зальбанд дайки. В карьерчике наблюдается катаклаз и тонкое расланцевание пород вдоль этого контакта. При этом формировалась система оперяющих трещин простирания 335° , расположенная под острым углом к системе трещин простирания 315° . Соотношение этих систем в пространстве свидетельствует о том, что тектонический срыв ЮВ зальбанда дайки осуществлялся по типу правого сдвига. Такая кинематика очень характерна для структур СЗ простирания в герцинскую эпоху тектогенеза.

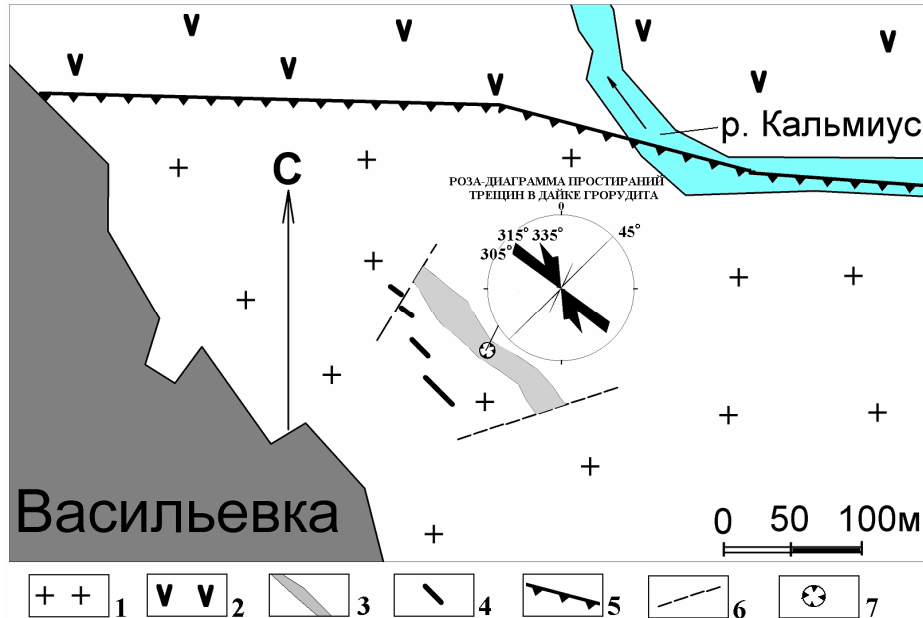


Рис. 2. Схематическая геологическая карта участка исследований по материалам Приазовской КГП с результатами исследований автора:

- 1 – гранитоиды анадольского комплекса докембрия; 2 – основные эффузивы антоновской свиты верхнего девона; 3 – основная дамба грорудитов; 4 – дамбы грорудитов малой мощности (1–1,2 м); 5 – Васильевский разлом (взброс); 6 – предполагаемые мелкие разрывные нарушения; 7 – разведочная горная выработка (карьерчик).

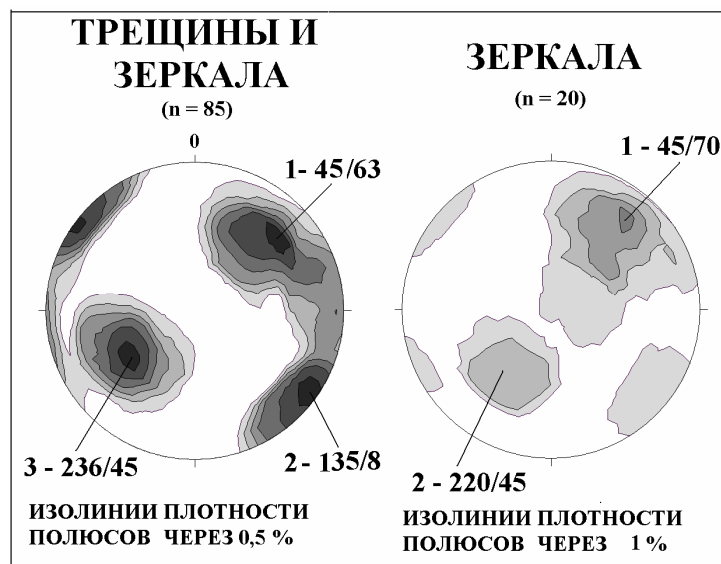


Рис. 3. Стереографические проекции плотности полюсов трещин и зеркал скольжения в основной дамбу грорудита с. Васильевки

3 – 236/45: 3 – номер системы трещин и зеркал; 236 – азимут падения; 45 – угол падения

По зеркалам скольжения и признакам смещений на их поверхности проведена реконструкция полей напряжений, результаты которой представлены в табл. 1. Установлено два разновозрастных поля напряжений, которые отличаются ориентировкой в пространстве осей главных нормальных напряжений. Вид напряженного состояния массива во всех случаях близкий к одноосному растяжению. При этом положение главных нормальных осей самого молодого поля № 1 грорудитов относительно дайки подтверждает кинематику правого сдвига по ЮВ зальбанду. Тип поля напряжений в этом случае сдвиговый. Древнее поле напряжений № 2 имеет сбросовый тип. Это поле находит свое подтверждение на участке в базальтах девона (см. табл. 1).

Результаты реконструкции поля суммарных хрупких деформаций представлены в табл. 2. Ранее нами отмечалась важность этого поля для оценки рудоносности разрывных структур.

Автором установлено, что ось удлинения поля суммарных хрупких деформаций контролирует в пространстве положения рудоносных структур, располагаясь вкрест их простираения [8]. В данной работе проведено сопоставление медьсодержащих карбонатных жил ближайшего рудопроявления в базальтах с осью удлинения восстановленного поля суммарных хрупких деформаций в грорудитах. Рудопроявление расположено в нескольких сотнях метров от участка исследований. Выявлено что ось располагается в области полюсов рудоносных жил. Так как возраст грорудитов относят к границе девона и карбона [3], то деформации этих пород должны формироваться значительно позже и возраст медного оруденения не может быть старше карбона.

Табл. 1. Параметры полей напряжения по данным измерения зеркал скольжения в дайке грорудита и базальтах участка с. Васильевка (реконструкция выполнена с помощью компьютерной программы Гущенко–Мострюкова GEOS, количество зеркал в грорудитах – 20, в базальтах – 237)

Порода, № поля	Элементы залегания осей главных нормальных напряжений			Тип поля напряжений	Коэффициент Лоде-Надаи μ_σ	Вид напряженного состояния
	Ось сжатия	Промежуточная ось	Ось растяжения			
Грорудит, № 1	11/10	248/72	103/15	сдвиговый	–0,85	близкий к одноосному растяжению
Грорудит № 2	61/74	222/15	313/5	сбросовый	–0,85	близкий к одноосному растяжению
Базальт № 2	71/65	227/23	321/9	сбросовый	–0,85	близкий к одноосному растяжению

Примечание: в числителе – азимут падения, в знаменателе – угол падения

Табл. 2. Параметры поля суммарных хрупких деформаций по данным измерения зеркал скольжения и общей трещиноватости в дайке грорудита участка с. Васильевка (реконструкция выполнена с помощью компьютерной программы Гущенко–Мострюкова GEOS, количество зеркал и трещин – 85)

Использованные данные	Элементы залегания осей эллипсоида деформаций			Тип поля деформаций	Коэффициент Лоде-Надаи μ_ϵ	Вид напряженного состояния
	Ось укорочения	Промежуточная ось	Ось удлинения			
Все трещины и зеркала (85)	344/19	148/72	252/5	сдвиговый	–0,89	близкий к одноосному растяжению

Примечание: в числителе – азимут падения, в знаменателе – угол падения

По итогам проведенных исследований можно сделать следующие выводы. Уточнены условия залегания основной дайки грорудитов, установлены сопровождающие ее дайки-сателлиты, образующие кулисный ряд. Выявлены признаки несколько этапов тектонических активизаций участка в карбоне и, вероятно, в мезо-кайнозое. В эти этапы сформировались тектонические трещины и разрывы, секущие и смещающие дайки грорудитов. Установлены параметры полей напряжений и полей суммарных хрупких деформаций. Эти параметры позволяют определить кинематику разрывных дислокаций на участке в разные этапы их развития. На примере меднорудного проявления в девонских базальтах подтверждена практическая ценность параметров поля суммарных хрупких деформаций для прогнозирования рудоносных структур в регионе.

Библиографический список

1. Морозевич, И. А. О некоторых жильных породах Таганрогского округа / И. А. Морозевич // Труды Геол. ком., нов. серия / Геол. ком. – 1903. – № 8. – С. 1–54.
2. Справочник по петрографии Украины (магматические и метаморфические породы) / И. С. Усенко, К. Е. Есипчук, И. Л. Личак и др.; под редакцией чл.-кор. АН УССР И. С. Усенко. – К.: Наукова думка, 1975. – 580 с.
3. Шаталов, Н. Н. Дайки Приазовья / Н. Н. Шаталов; отв. редактор В. В. Науменко. – К.: Наукова думка, 1986. – 192 с.
4. Бутурлинов, Н. В. Дайковые породы и их роль в минерализации Приазовья / Н. В. Бутурлинов, В. А. Корчемагин, В. И. Купенко, Н. Н. Шаталов // Геологический журнал. – 1980. – Т. 40. – № 3. – С. 127–132.
5. Заварицкий, А. Н. Введение в петрохимию изверженных пород / А. Н. Заварицкий. – Л.: изд-во АН СССР, 1950. – 400 с.
6. Гущенко, О. И. Метод кинематического анализа структур разрушения при реконструкции полей тектонических напряжений / О. И. Гущенко // Поля напряжений и деформаций в литосфере; отв. редакторы А. С. Григорьев, Д. Н. Осокина. – М.: Наука, 1979. – С. 7–25.
7. Гущенко, О. И. Тектонический стресс-мониторинг и поля напряжений Причерноморского региона / О. И. Гущенко, Н. Ю. Гущенко, А. О. Мострюков [и др.] // Наук. праці ДонНТУ. Сер. гірничо-геологічна. – Донецьк. – 2001. – Вип. 32. – С. 104–117.
8. Корчемагин, В. А. О связи тектонических полей деформаций и напряжений с рудоносностью в Донбассе / В. А. Корчемагин, В. А. Дудник, Б. С. Панов, В. И. Алехин // Геофизический журнал. – 2005. – Т. 27. – № 1. – С. 97–109.

© Алехин В. И., 2011.

Анотація

Досліджені умови залягання, речовинний склад та деформації дайки грорудитів ділянки с. Василівка зони зчленування Донбасу з Приазов'ям. Вивчені системи тріщин в дайці. Проведені реконструкції полів стародавніх напружень і встановлені їх параметри. Виконані реконструкції полів підсумкових крихких деформацій дайки. Вивчені параметри цих деформацій. Досліджені форми прояву розривних дислокацій ділянки та їх кінематичні характеристики. Досліджені питання віку тектонічних активізацій на ділянці і віку мідного зруденіння. Вивчені можливості використання параметрів поля підсумкових крихких деформацій для прогнозування зруденіння в регіоні..

Ключові слова: дайка, грорудит, умови залягання, склад, деформації, напруження, реконструкція, зруденіння

Abstract

The conditions of bedding, material composition and deformations of dike grorudites area, are investigational p. Vasil'evka of zone of coarticulation of Donbassa with Priazov'em. The systems of cracks are studied in dike. The reconstructions of the fields of ancient tensions are conducted and their parameters are studied. The reconstructions of the fields of total fragile deformations of dike are executed. The parameters of these deformations are studied. The forms of display of break distributions of area and their kinematics descriptions are investigational. The questions of age of tectonic activations on an area and age of copper mineralization are investigational. Possibilities of the use of parameters of the field of total fragile deformations are studied for prognostication of ore mineralization in a region.

Keywords: dike, grorudite, conditions of bedding, composition, deformations, tensions, reconstruction, ore mineralization

УДК 551.24:553.94:622.83

О формировании тектонических и деформационных структур, определяющих характер деформирования массива горных пород

Шамаев В. В.

ДонНТУ, Донецк, Украина

Поступила в редакцию 02.01.10, принята к печати 15.10.10.

Аннотация

В работе предпринята попытка обосновать существование единого механизма, под воздействием которого, происходит формирование тектонических структур, влияющих на перераспределение и механизмы проявления деформационных процессов в массиве. Главный действующий фактор – поля деформаций – рассматриваются как генераторы энергопередающей волны. Рассмотренные положения обуславливают особенности развития деформационных полей на уровне структурных элементов тектоносферы – массивов горных пород и определяют характер деформационных процессов

Ключевые слова: формирование, тектонические структуры, деформации.

Природа, характер и механизмы проявления геомеханических процессов в массиве горных пород обусловлены геологическим строением массива и, в первую очередь, его тектоникой. Особенно актуально это положение для горнодобывающих регионов, характеризующихся высокой концентрацией подземных и поверхностных объектов, систем коммуникаций и т. д.

Каждое горнодобывающее предприятие проходит одни те же этапы развития (разведка, строительство и ввод в промышленную эксплуатацию, отработка балансовых запасов, консервация и выведение шахтного поля из эксплуатации). Интенсивное освоение месторождений полезных ископаемых, научно необоснованная стратегия и политика освоения недр привели к тому, что отраслевая горная наука не имеет теоретических основ оценки и прогноза деформирования тектонически нарушенных массивов, включающих отработанные шахтные поля. Горнодобывающие районы превратились в «бомбы замедленного действия». Геологи накопили достаточный фактографический материал по тектоническим нарушениям для каждого конкретного месторождения, а горные практики экспериментально выявили взаимосвязь процессов сдвижения и деформирования массивов горных пород в зонах тектонических нарушений.

Таким образом, для успешного решения проблемы прогноза деформирования отработанных массивов горных пород, одной из фундаментальных задач является задача изучения природы формирования тектонических нарушений определяющих характер развития деформационных процессов в отработанных массивах. Этому вопросу и посвящена настоящая работа.

Пространственное размещение тектонических нарушений в земной коре (и как следствие, в блоках и в массивах шахтных полей) является одним из важнейших факторов, определяющих ее архитектуру и, как следствие, внешний геоморфологический облик планеты (поверхности блоков) т. к. элементы геоморфологии отражают внутреннее строение литосферы и процессы в ней происходящие. Изучение разломов стало одним из направлений теоретической и региональной тектоники.

В данной работе предпринята попытка обосновать существование единого механизма, под воздействием которого, происходит формирование тектонических структур, влияющих на перераспределение и механизмы проявления деформационных процессов в массиве. Главный

действующий фактор – поля деформаций - рассматриваются как генераторы энергопередающей волны.

Как известно, форма Земли близка по форме к эллипсоиду вращения, экваториальный радиус $6278,245 \cdot 10^3$ м, полярный – $6356,863 \cdot 10^3$ м. Разность между большой и малой полуосью экватора составляет 210 м. Отступление по высоте геоида достигает порядка 150 м. Ядро Земли ограничено сферической поверхностью со средним радиусом $3473,0 \pm 4,0 \cdot 10^3$ м. Разница между экваториальным и полярным радиусом – $21,378 \cdot 10^3$ м.

Удельный вес поверхности суши составляет 29%, воды - 71%. Граница Мохоровичича - от 10000 до 85000 м, раздел мантии ядра соответствует глубинам $2500-2900 \cdot 10^3$ м. Сжатие Земли вдоль оси ее вращения - $21,4 \cdot 10^3$ м. Приведенные параметры определяют динамическую устойчивость геоида. Величина сжатия (21400 м) обуславливает амплитуду вертикальных перемещений вдоль радиуса земли. Отсюда следует, что предельная высота гор – 8848 м, а глубина впадин – 11034 м. При таких параметрических данных КПД геоида равен 0,93.

Процесс образования блоков схематически можно представить следующим образом. При любой деформации твердого тела, происходит разделение его на зоны деформации и на разделяющие эти зоны, слабо деформированные блоки, причем, в таких зонах могут быть образованы отдельные блоки низшего порядка. Таким образом, земная кора разделилась зонами повышенной деформации на блоки разных уровней иерархии. На начальном этапе развития земная кора была разделена однородными блоками. Блоки образованы в результате пересечений четырех основных направлений тектонических нарушений. Так была образована первичная глобальная сеть трещиноватости земной коры. Причиной образования глобальной сети трещин стало поле деформаций сжатия геоида и возникновение трещин при остывании первичной земной коры.

Понятие об эллипсоиде деформации было введено Беккером в 1893г. [1]. Беккер при помощи своей теории объяснил выявленные повсеместно закономерности в расположении трещин и генезисе кливажа. При оценке зон развития деформаций теоретически целесообразно пользоваться осями деформации и ориентировкой трещин по отношению к этим осям. В полевых наблюдениях, чаще всего, встречаются две серии трещин скалывания, пересекающихся под углом близким к прямому и трещины разрыва, перпендикулярны направлению максимального растяжения. Эти серии трещин позволяют определить положение эллипсоида деформации в пространстве.

Геомеханики базируют свои представления на изучении трещин, которые дают основания для решения вопроса о характере деформаций в изучаемом блоке земной коры. При этом они учитывают, что данная схема относится лишь к начальной деформации, а в дальнейшем имеет место значительное усложнение, требующее специального изучения, т.е. массив нужно рассматривать как открытую систему.

Массив, а также располагающиеся в нем и на его поверхности природные и инженерные объекты, представляет собой сложную динамическую систему, развивающуюся в пространстве и во времени. Геотехническая структура - это совокупность объектов различной природы, определенным образом связанных друг с другом в единое целое и состоящих из большого числа элементов. Как и любой сложной системе, массиву присущи свойства, которых не имеют образующие его объекты (эмерджентность). Система является кибернетической, если она имеет хотя бы один управляющий объект, который не зависит от реализации самих объектов.

Методология исследования. Любая концепция должна быть отражением материального мира, общие законы развития которого, едины для любой его части. Разнообразие явлений представляет различные формы движущейся материи. Геологическое движение - одна из форм существования развивающегося вещества земной коры. Категория геологических движений объединяет различные формы движений материальной системы Земли (механическое, физическое, перенос энергии волной и др.). Выделяют тектонический тип геологических движений - как результат механических и физических форм движений и, магматический - сложных механических и физико-химических движений вещества.

Закономерное размещение тектонических нарушений, размещение по определенной сетке рудных тел и месторождений и циклический характер эволюционного развития, - все это есть признаки существования единого механизма, действующего постоянно. К магматическому и тектоническому типу движения добавляется волновой механизм энергопереноса вещества, как один из основных действующих факторов, осуществляющих взаимосвязь между глобальными и

региональными процессами. Основным методом познания и анализа природы, происходящих в массиве процессов, был и остается – диалектический, рассматривающий их во взаимосвязи и взаимозависимости, позволяя выявить причинно-следственные связи.

Геометрическая правильность расположения тектонических нарушений, указывает на то, что глубинные процессы, лежащие в основе вертикальных движений земной коры, развивались в недрах не беспорядочно, а вдоль некоторых линий, подчиненных определенным направлениям. Анализ пространственного расположения глубинных разломов позволил выявить их системность. Сближенные на 30-40 км друг к другу глубинные разломы определяют формирование и развитие геосинклиналей. Анализ термина «разлом», показал, что для характеристики понятия используют 27 признаков, причем, нет ни одного признака, который встречался бы во всех определениях. Общим (т.е. встречающимися более чем в 50% определений), является понимание того, что разлом следует рассматривать как тело или структуру. Рассмотрение разлома как геологического тела, обладающего определенной формой, составом и структурой, позволяет определить его место в иерархии геологических тел. Всем разломам присуще свойство «разрыв сплошности», т.к. они повсеместно разбивают земную кору и создают ее делимость. Все прочие геологические особенности разлома - протяженность, глубина заложения, линейность, проницаемость и т.п. позволяют дать его качественно-количественную характеристику.

Вращение Земли и сжатие ее по оси на 21400 м обусловило возникновение общепланетного поля деформаций. Разгрузка поля деформаций выразилась в образовании тектонических нарушений и появлении глобальной сети трещин. Генетический тип трещин - разрывы и сдвиги. Ортогональная динамопара имеет меридиональное и широтное простирание, субортогональная (диагональная) - простирание $310^0 \pm 5^0$ и $60^0 \pm 5^0$. Разрывы - следствие прохождения продольной волны, а сдвиги - поперечной волны поля деформаций. Тектонические нарушения - элементы земной коры, генезис которых связан с формированием общепланетного поля деформаций растяжения. Разломы северо-восточного направления характеризуются надвигами, а разломы северо-западного направления - сдвигами.

Пересекаясь, динамопары разбивают земную кору на полигональные блоки, тем самым, определяя ее строение как блоковое. Разломы развиваются сингенетично с накоплением осадков, подчиняясь действующему закону наследования структур, действие которого обусловлено постоянно действующему в пространстве и времени волновому механизму энергопередачи.

В силу того, что разломы являются первичными структурами, они располагаются линейно, что позволяет успешно применять геометризацию для целей прогнозирования. Морфология сместителя разлома - волнистая как по простиранию, так и по падению. Зеркало скольжения обладает низкой проницаемостью за счет образования милонита. Это свойство разломов позволяет осуществлять контроль перемещения вещества (газов, гидротерм и углеводородов). Разломы контролируют движение магмы, не подвергаясь ассимиляции, в отличие от вмещающих горных пород. Разломы обладают высокой проницаемостью, имеют три вида трещин оперения: подходящие под острым углом, под прямым углом и располагающиеся субпараллельно разлому. В трещинах оперения часто происходит локализация рудных тел. Способность разломов отражать и проводить упругие волны выражается в формировании по их простиранию трещинно-брекчиевых зон, генезис которых связан с волновыми эффектами (резонансом и интерференцией).

Блоковое строение земной коры способствует контролю над миграционными процессами вещества, определяет способ размещения месторождений в блоках. С разрывами связывается выведение гидротермальных растворов, несущих полезные компоненты из недр Земли. Локализация рудных тел, обычно, происходит в диагональной системе тектонических нарушений.

Блоковое строение Земли способствует равномерному распределению масс вещества по вертикали на единицу площади, вследствие чего Земля находится в равновесии (изостазии), это определяет закономерность основных путей миграции вещества (депресссионные структуры, срединные массивы, зоны спрединга и т.п.).

Основными, постоянно действующими во времени и пространстве факторами формирования тектонических нарушений являются: волновой механизм энергопередачи; гравитационное поле Земли; глобальное, региональные и локальные поля деформаций растяжения. Солнце и Луна также относятся к постоянно действующим факторам, воздействие которых отражается на состоянии полей деформаций и формировании тектонических нарушений

(амплитуда колебаний земной коры под воздействием Луны дважды за сутки составляет в среднем порядка 0,43 м).

Волновой процесс четко прослеживается для условий угольных месторождений. Для центрального района Донбасса, установлены волны с длиной полуволны: 7,6-10,0; 1,9-2,7; и 0,35-0,45 км (В.Н. Волков). Для угольных пластов Канско-Ачинского бассейна, длина полуволны составляет 6,0-8,0; 2,0-4,0; и 0,5-1,0 км (К.В. Гаврилин).

Тектонические структурные формы образующиеся в земной коре отображаются в виде определенных форм рельефа. Эпейрогенические процессы выражаются в виде периодических деформаций, которые возникают при прохождении волны, генерируемой в недрах Земли. Колебания разных порядков, возникающие в Земле, установлены путем инструментальных измерений. Суммирование колебаний приводит к возникновению явления резонанса. Геометрическая правильность расположения морфоструктур связана с существованием геоволн и отражает некоторые общепланетарные закономерности, в том числе геометрическую правильность формы Земли (по Ю.А. Мещарикову). Меридионально-широтное расположение геоволн, выраженных в рельефе связывается с положением оси вращения Земли.

Слоистые системы. Для наложенных формаций характерна периодичность - неизменная повторяемость в пределах области распространения формаций, некоторой группы ее структурных элементов. Периодичность отражает эпейрогенические условия развития литосферы, указывает на наличие деформационных процессов поднятий и опусканий. Периодичность отражает смену областей сноса областями осадконакопления, причиной возникновения которых являются радиальные колебания литосферы. Слоистая система формируется под воздействием силы тяжести и волнового механизма (постоянно действующих факторов). Вращение Земли также относится к постоянно действующему фактору и влияет на распределение деформаций тангенциального характера, что приводит к асимметрии их распределения (зоны Беньофа - Архангельского), в литосфере.

Волновой механизм образования очагов трещинных зон. Разрушение горных пород начинается в той части массива, где формируются области концентрации деформаций, потенциал которых превышает предельную прочность пород. Поскольку сопротивление горных пород деформациям растяжения примерно на порядок (в 6-15 раз) меньше их сопротивления деформациям сжатия, то процессы разрушения, как правило, начинаются в области действия концентраций деформаций растяжения.

Когда волны распространяются внутри блока, являющегося трехмерной структурой, они испытывают отражение от ее границ, образуются стоячие волны с периодом (длиной), зависящим от размеров, формы отражающих поверхностей и свойств геологической среды, т.е. внутренние и внешние структуры блока определяют закономерное чередование и размеры областей сжатия и растяжения. Различают продольные и поперечные волны. Продольные волны приводят к деформации сжатия-растяжения, поперечные - к деформациям сдвига.

В условиях литосферы волновые процессы проявляются и как эпейрогенические и как сейсмические. Эпейрогенические - медленные (сверхнизкочастотные, длинноволновые) колебания. Сейсмические - высокочастотные (относительно эпейрогенических), характеризуются меньшей длиной волны. Эпейрогенез - медленно развивающийся типично геологический колебательный процесс, а сейсмические явления - высокоскоростные возмущения, т.е. своего рода «ударные волны».

Рассмотрим с волновых позиций формирование трещинных зон для условий действия деформаций растяжения. В литосфере, где имеет место литостатическое давление, возможно только относительное сжатие и растяжение. Если один из трех взаимоортогональных векторов сжатия оказывается наименьшим, то он и задает поле относительного растяжения. Разрушение горных пород начинается там, где потенциал относительного растяжения превышает предел сопротивления горных пород растяжению. Заданные условия возможны при резонансе даже низкоамплитудных волн, и, следовательно, трехмерные трещинно-брекчиевые зоны можно рассматривать как поле взаимодействия встречных фронтов когерентных деформационных волновых потоков, возникающих в результате отражения в любом блоке земной коры.

Специфику трещинных зон блоков, где возникают интерференционно-резонансные явления, обуславливают не только геометрия и физические свойства слагающих его пород

(относительной скорости передачи деформаций, геометрии отражающей поверхности), но и параметры полей деформаций (длины и амплитуды волн, характер и длительность и т.д.)

В результате взаимодействия колебательных систем различного порядка формируются упорядоченные интерференционные решетки. Тектонические дислокации, формируемые в отдельных геологических структурах, имеют системный характер и отражают как общие свойства, так и региональные особенности. В закономерном размещении в земной коре тектонических нарушений всех уровней иерархии отчетливо проявляются системообразующие свойства волнового механизма.

Зоны деформации - ретрансляторы деформационной волны. В недрах Земли существует множество автоколебательных систем, приводящих к нестационарности и повторяемости геологических, геодинамических и геомеханических процессов.

Автоколебания - это незатухающие колебания в системе при отсутствии переменного внешнего воздействия. Чтобы колебания не затухали, поступающая в систему энергия должна компенсировать потери. Значения амплитуды колебаний, при которых происходит компенсация потерь за период, являются стационарными, т.е. амплитуда и период колебаний определяются свойствами системы. При амплитуде колебаний, меньше стационарных значений, поступление энергии превышает потери, амплитуда возрастает, достигает стационарных значений, т.е. происходит самовозбуждение колебаний. При амплитудах, больше стационарных значений, потери энергии в системе превышает ее поступление, и амплитуда уменьшается, достигая стационарных параметров. В разломах возникают автоколебательные процессы, обусловленные смещениями границ разломов. Эти колебания выжимают флюиды из разломов в породы надвигов, внутри которых они перемещаются по ослабленным зонам. Движение двухфазного флюида в пористой среде происходит между реверсионными автоколебаниями, обусловленными скоплением газа в отдельных трещиноватых полостях. В результате автоколебательных процессов в разломных зонах флюиды из разломов устремляются в окружающий массив пород. Массивы горных пород, образующие тела надвигов, - малопроницаемы. Однако в них есть проводящие ослабленные зоны, по которым происходит движение флюидов. Флюиды, попадая в очаговую зону, могут играть роль спускового крючка АГДЯ, т. е. создают так называемый триггерный эффект.

Деформационная волна переносит энергию упругой деформации и обуславливает движение частиц. Передача энергии волны от слоя к слою обусловлена характером деформирования слоев. Под воздействием деформаций, слой приобретает потенциальную энергию, а при сдвиге - кинетическую энергию. Т.о., он совершает работу, которая превращается в энергию упругой деформации и кинетическую энергию соседнего слоя, т.е. происходит перенос энергии волной. В твердых телах упругие силы возникают как при сжатии, так и сдвиге. При сжатии образуются продольные волны (волны сжатия), а при сдвиге - поперечные (волны сдвига).

К «сверхбыстрым» формам разрушения относится внезапный переход потенциальной энергии упругой деформации в энергию движения среды. Примером таких видов разрушения являются землетрясения, горные тектонические удары и т.п. Интенсивность дробления и деформации при такой форме разрушения определяется, в основном, плотностью концентрации энергии (энергией единицы объема во фронте деформационной волны). Отражаясь от свободной поверхности, волна сжатия трансформируется в волну растяжения; если плотность энергии волны достаточно велика, то это приводит к разрушению единичного объема среды. Собственным колебаниям отвечают собственные стоячие волны, т.е. у автоколебательной системы есть свой спектр собственных стоячих волн. Очевидно, что в автоколебательной системе кроме собственных стоячих волн возможна и бегущая волна. Источником деформационной волны являются очаги, различной природы, залегающие на разных глубинах.

Тектоносферу Земли следует рассматривать как единую систему, сложный организм, развивающийся по своим собственным законам. Развитие тектоносферы как системы определяется неоднородностью ее состава, гравитационными силами и проходящим через нее тепловым потоком. Эта система не имеет стационарного состояния и находится в непрестанном движении. Нестационарность тектоносферы определяется тем, что составляющие ее массы стремятся к равновесному состоянию, как в гравитационном, так и в тепловом поле, что реально недостижимо. Приближение к гравитационному равновесию нарушает тепловое равновесие, а приближение к

тепловому равновесию создает инверсии распределения плотностей в гравитационном поле. Если бы тектоносфера имела иной состав, или если бы гравитационное и тепловое поля были бы иными, то система могла бы достичь стационарного состояния, но при существующем составе и в существующих условиях тектоносфера обречена на вечное движение. Материки и континенты (их геометрия) свидетельствуют о том, что они также контролируются тектоническими нарушениями и представляют собой, очевидно, самые большие блоки.

По словам В. И. Вернадского, «Биосфера принадлежит... к тем земным оболочкам, которые находятся геологически в непрерывном движении... Основным признаком биосферы является участие во всех ее процессах живого вещества. Отсюда следует, что субстрат, на котором живое вещество живет, может принадлежать, в сущности, к различным геологическим оболочкам, но от них оторван. Попав в новые условия, должен, поэтому считаться веществом биосферы...». Но происходит и обратный процесс: слои, возникшие в биосфере, опускаются вглубь, выходят из поля жизни, подвергаются метаморфизму и служат материалом для комплекса минералообразующих пород, которые следует относить к «былым биосферам», как это и делал В. И. Вернадский. Вещество биосферы, находясь в непрерывном движении, проходит длительную цепь преобразований и участвует в формировании не только оболочечной части Земли, но и мантии. Таким образом, порожденная гравитационным полем и тепловым потоком автоколебательная система отражает механизм, под воздействием которого формируется облик Земли в ее эволюционном развитии.

Следовательно, тектоносфера является средой появления и распространения деформационных волн – важнейшего фактора формирования тектонических и деформационных структур различного масштаба. Кроме того, деформационные волны, могут инициировать движение вещества в земной коре. Зоны систем глубинных разломов также являются источником (или ретранслятором) деформационных волн. Области концентрации деформаций, связанные с автоколебательными системами, являются генераторами деформационной волны.

Вещество планеты Земля находится в постоянном движении под воздействием комплекса действующих на него объективно существующих факторов, в результате чего вещество преобразуется, приобретая иные качества. Системы, преобразующие вещество, формируют деформационные структуры, являющиеся генераторами деформационных волн. Под воздействием волновых эффектов вещество преобразуется на микро и макро уровнях. Переход потенциальной энергии упругих волн, порожденных автоколебательными системами, в кинетическую энергию движения вещества приводит к формированию структурных форм.

Волновые процессы являются основным действующим внутрисистемным фактором, под действием которого происходит преобразование вещества планеты.

Закономерное размещение тектонических нарушений морфоструктур и геоформ, месторождений, эпейрогенические движения литосферы, развитие геологических структур - все это и есть признаки, отражающие существование дискретно-волновой природы деформационных полей, определяющих эволюционное развитие земной коры.

Опираясь на вышеизложенное, можно сделать следующие выводы:

1. В результате взаимодействия полей деформаций система элементов тектоносферы стремится к состоянию равновесия. В этом проявляются кибернетические (саморегулирующиеся) свойства сложной динамической системы.

2. Энергия деформационных волн является инициатором большинства типов движения (выводит вещество из состояния неустойчивого равновесия).

3. Тектонические нарушения высшего и низшего порядка различных простираний, как пологопадающие так и крутопадающие, взаимопересекаясь, разбивают Земную кору на полигональные блоки различных уровней иерархии.

4. Разломы низшего порядка сформировались в результате существования региональных и локальных полей деформаций. Тектонические нарушения глубокого заложения сформировались в результате разгрузки общеземного поля деформаций. Взаимопересекаясь они разбивают земную кору на полигональные блоки.

5. Свойства разломов определяются их строением: с одной стороны они обладают хорошими коллекторными свойствами, с другой стороны - малопроницаемые. По генетическому типу разломы делятся на сдвиги и разрывы.

6. Системы, в которых происходит преобразование вещества - автоколебательные. С ними неразрывно связаны зоны деформационных структур (области концентрации деформаций), являющихся генераторами деформационной волны. Разломы являются проводниками и ретрансляторами деформационных волн.

С целью выявления корректности общесистемных положений на региональном уровне, кратко рассмотрим особенности формирования Донецкого бассейна.

Неотектонический этап в истории развития Донбасса. Донецкий бассейн входит в состав протяженного Припятьско-Днепровско-Донецко-Карпинского (ПДДК) палеорифта, возникшего в условиях действия деформаций растяжения в девоне на южной периферии Восточно-Европейской платформы. Рифт разделил массивное сводовое поднятие докембрийских кристаллических пород на Украинский щит и Воронежский массив.

В геоструктурном плане Донецкий бассейн представляет собой тектонический мегаблок, близкий к параллелограмму, который расположен на пересечении раннепротерозойского складчатого пояса северо-северо-западной ориентировки и более молодого ПДДК палеорифта юго-восточного простирания.

На участке Донбасса, разрывы, ограничивающие палеорифт, наложены на более древние линейные структуры линеamentного пояса, включающие транскоровые Мариупольско-Курский и Липецко-Константиновский линеamentы (рис. 1).



Рис. 1. Геоструктурная позиция Донецкого бассейна

При анализе тематических карт геолого-геофизического цикла, Донецкий бассейн контрастно выделяется на фоне не только сопредельных выступов Украинского и Воронежского кристаллических массивов, но и соседних по палеорифту сегментов - Днепровского грабена и кряжа Карпинского. На протяжении всей позднепалеозойской и мезозойской истории развития Донбасс развивался в режиме мобильной структуры, аномальный режим развития которой нашел отражение в специфичных условиях седиментогенеза, характере распределения мощностей осадочных формаций, морфологии и интенсивности тектонических дислокаций. В современном структурном плане большая часть бассейна представляет эродированное Донецкое складчатое сооружение (ДСС), где на уровень эрозионного среза выходят смятые в складки и нарушенные взбросами, надвигами со сдвиговой компонентой смещения позднепалеозойские, преимущественно, каменноугольные отложения. За пределами открытого Донбасса, на его окраинах, складки ДСС уходят под маломощный чехол менее дислоцированных мезокайнозойских отложений. На эродированные структуры ДСС в пределах пенепленизированного палеозойского массива, расчлененного густой гидрографической сетью, орографически накладывается Донецкая возвышенность, наиболее возвышенное место левобережной Украины.

В формировании морфоструктуры современной Донецкой возвышенности решающую роль сыграл неотектонический этап развития. Однако, как и в случае с более ранними этапами, аномальный ход развития Донбасса прослеживается и для этого временного отрезка. Резкое изменение режима тектонических движений (от погружений к поднятиям), знаменующее начало активных новейших движений, в Донбассе приходится на конец олигоцена - начало миоцена (около 23 млн. лет назад). Только Донбасс и примыкающие фрагменты Украинского щита (Приазовский блок) и Воронежского массива (Курский блок) изменили знак вертикальных тектонических движений и развивались как выраженные в рельефе поднятия. Донецкая возвышенность сформировалась в районе одноименного складчатого сооружения и не выходит за его границы. Однако возникшее новейшее поднятие не является возрожденной морфоструктурой древнего складчатого сооружения, поскольку наблюдается несоответствие рельефа структурному плану линейной складчатости в центральной части бассейна. На рис. 2 представлено изображение рельефа в Донецком бассейне, синтезированное на основе данных глобальной цифровой модели рельефа земной поверхности Геологической службы США DEM GTOPO30 с разрешением 30 секунд [6] и дополненное информацией о тектонических элементах бассейна. Главный водораздел, образующий Донецкий кряж, по своей ориентировке совершенно расходится с простиранием Главной антиклинали бассейна и протягивается в виде плоской гряды длиной около 150 км от ст. Никитовка на западе до ст. Звереве на востоке. По мере продвижения на восток Главный водораздел заметно отклоняется к северу от Главной антиклинали Донбасса и проходит через южную часть Бахмутской котловины, накладываясь на структуры Главной синклинали и Колпаковско-Замчаловской антиклинали, где приобретает дугообразную конфигурацию. В центральной части водораздела располагается наивысшая точка - Могила Мечетная.

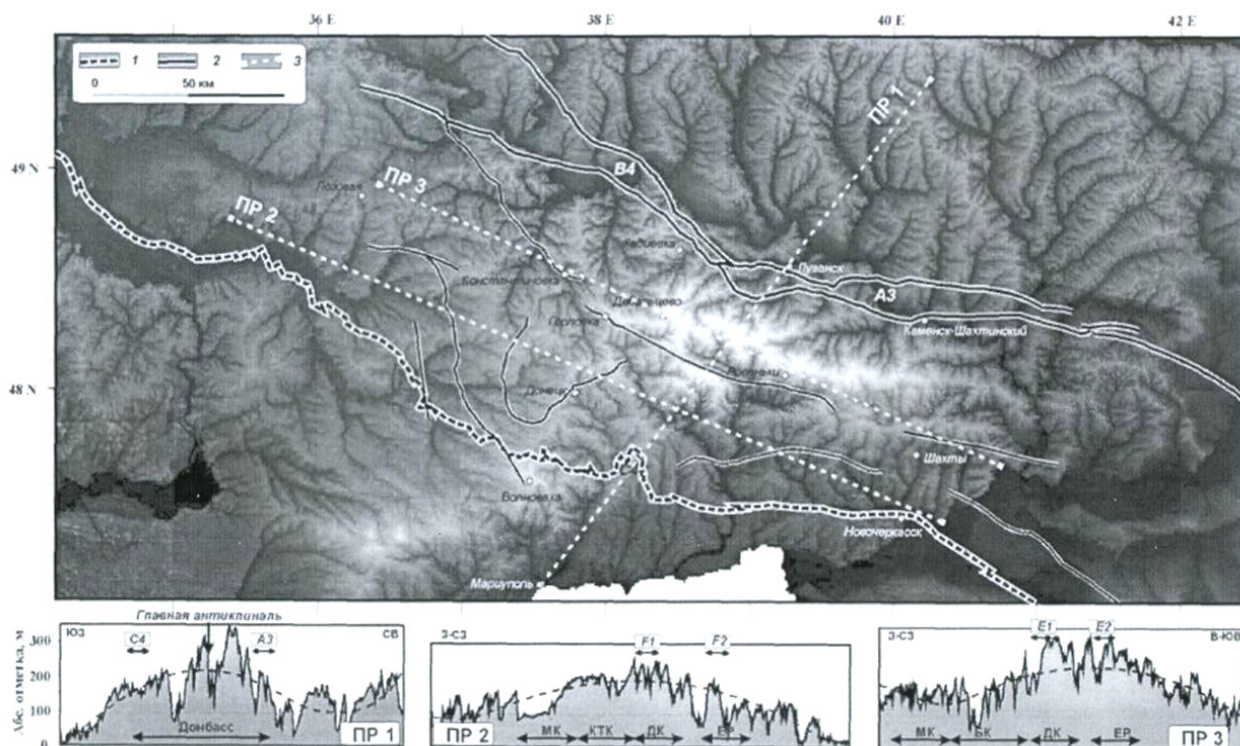


Рис. 2. Карта рельефа Донбасса и сопредельных территорий (синтезирована с использованием данных глобальной цифровой модели земной поверхности DEM GTOPO 30): 1 - граница Донбасс-Приазовский массив; 2 - разрывные нарушения; 3 - линии топопрофилей. МК - Мариупольско-Курский линеймент; ДК - Донецко-Кадиевский глубинный разрыв; ЕР - Еланчик-Ровенецкий глубинный разрыв; БК - Бахмутская котловина; КТК - Кальмиус-Торецкая котловина

С точки зрения физики, открытая сложная система в процессе эволюции неизбежно приходит к состоянию самоорганизованной критичности, для которого характерна иерархическая организация неоднородностей (фрактальность) и степенные законы во временных распределениях меняющихся параметров. И земная кора в целом, и массивы, как ее отдельные элементы,

относятся к классу подобных систем. Соответственно, фракталы выявляются в различных геологических структурах на различных пространственных уровнях, и получаем фрактальные ряды геофизических данных.

Реальный массив горных пород представляет собой иерархически сложную блочную среду, каждой структурной единице которой присущи свои деформационные характеристики, каждая структурная единица которой находится в постоянном движении относительно окружающих ее структурных единиц. Установлено, что тектонические нарушения даже невысокого ранга обладают достаточной подвижностью, которая носит как трендовый направленный характер, так и представлена динамическими колебаниями различной природы.

Проведенный анализ позволил выявить признаки, обусловившие возникновение и динамическое развитие земной коры как сложной системы, элементы всех уровней которой взаимосвязаны и взаимозависимы. Выявленные закономерности формирования в земной коре тектонических и деформационных структур, свидетельствуют об их дискретно-волновой природе. Механизм их образования включает автоколебательные системы всех рангов и, неразрывно с ними связанные поля деформаций, выступающие в роли генераторов деформационных волн. Циклический характер изменения полей деформаций в земной коре обуславливает взаимозависимость между процессами, явлениями, происходящими в земной коре, как сложной динамической системе. Рассмотренные положения обуславливают особенности развития деформационных полей на уровне структурных элементов тектоносферы - массивов горных пород и определяют характер деформационных процессов.

Библіографічний список:

1. Белоусов В. В. Основы геотектоники. М. Недра, 1975, 379с.
2. Гзовский М.В. Тектонофизика. Основы тектонофизики. М.Наука, 1995, 392с.
3. Лукьянов А.В. Проблемы физики тектонических процессов. М.: Наука, 1985, 265с.
4. Сидоренков Н.С. Физика неустойчивостей вращения Земли. М. Наука, Физматлит, 2002, 188с.
5. Николаев П.И. Новейшая тектоника и геодинамика литосферы. М.Недра,1988, 344с.
6. Рябоштан Ю.С., Корчеман В.А., Никольский И.Л. Никитовское рудное поле и его структурно-тектоническая позиция. В сборнике «Ртутные месторождения Донбасса». Киев, Наукова думка, 1982, 169с.
7. Ярошевский В. Тектоника разрывов и складок. Пер. с польск. -М. Недра, 1981, 266с.
8. Дмитриевский АН., Волож Ю.А, Баланюк И.Е., Каракин А.В. Автоколебательная модель формирования месторождений (на примере Астраханского месторождения) // Докл. РАН. – 2001, 167с.
9. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. - М.: Недра, 1990. -Т. 1. - 328 с.
10. Каракин А.В. Модель движения флюидов за геологические отрезки времени // Математическое моделирование. - 1990. -Т. 2, - № 3. - С. 31-42.
11. Николаевский В.Н. Геомеханика и флюидодинамика. - М.: Недра, 1996. - 448 с.

© Шамаев В. В., 2011.

УДК 552.331 (477.62)

Закономерности распределения Y, PЗЭ, редких металлов и фтора в гранитах Каменномогильского комплекса (Восточное Приазовье)

Седова Е. В.

Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина

Поступила в редакцию 05.07.10, принята к печати 15.10.10.

Аннотация

Гранитные массивы каменномогильского комплекса (возраст ~1,8 млрд. лет) характеризуются уникальной металлогенической специализацией, сочетающей редкометальные (Nb, Ta, Li, Be) рудопроявления с Y-PЗЭ минерализацией. Выделены два типа гранитов комплекса: роговообманковые (\pm биотит) иттрий-редкоземельные, бедные F и редкими металлами, и высокодифференцированные биотитовые (\pm мусковит) литий-фтористые редкометальные, но обедненные Y и PЗЭ. Их сочетание обусловило специфическую редкометально-редкоземельную специализацию комплекса.

Ключевые слова: каменномогильский комплекс, граниты роговообманковые, граниты биотитовые и двуслюдяные, геохимия, иттрий-редкоземельная минерализация, редкометальная минерализация, литий-фтористые граниты, минералы-концентраторы, апогранитные породы.

В строении гранитного каменномогильского комплекса Восточного Приазовья принимают участие четыре небольших массива: Каменные Могилы, Екатериновский, Ново-Янисольский и Стародубовский (площадью выходов от 4 до 30 км²). Они представлены штокообразными телами – типичные трещинные интрузии, приуроченные к зонам крупных разломов и к пересечениям разломов. Все массивы прорывают гнейсово-мigmatитовые толщи архея. Наиболее точные изотопные датировки комплекса дают возраст около 1,8 млрд. лет [11]. К данному комплексу также относят многочисленные дайки кварцевых порфиров и гранит-порфиров, прорывающие породы рамы массивов. Также выделяются мелкие сателлитные штоки и ряд закрытых тел, выявленные по геофизическим данным и единичным скважинам. В строении массивов комплекса принимают участие как неизмененные гранитоиды, так и породы, возникшие в результате их метасоматической переработки.

Массивы каменномогильского комплекса характеризуются уникальной металлогенической специализацией. Это проявляется в сочетании редкометального (Nb, Ta, Li, Be) рудопроявления в пегматитах, грейзенах, апогранитных породах с иттрий-редкоземельными в микроклин-мусковит-альбитовых апогранитах [10]. Причем, Y-PЗЭ оруденение в Стародубовском и Екатериновском массивах, по данным поисково-разведочных работ, приближается по своим масштабам к промышленному.

В работах [2, 8] было показано, что в массивах комплекса широко развиты породы, отвечающие геохимическому типу литий-фтористых редкометальных гранитов. Они представлены биотитовыми и двуслюдяными гранитами, в которых постоянно присутствует флюорит (в среднем 0,4 вес.% по данным количественного анализа протолок), а также топаз (в среднем 0,2 вес.%). Оба минерала находятся в гранитах как в виде рассеянной вкрапленности, образованной по структурным и химическим признакам на магматической стадии, так и в виде жил, шпир и гнезд в постмагматических образованиях (грейзены, кварц-флюоритовые жилы и т.п.). Следует отметить, что широкое развитие позднемагматических и постмагматических-

метасоматических образований представляет собой характерную особенность массивов гранитов литий-фтористого типа [3, 4].

Для гранитов этого типа закономерно наличие рудопоявлений и месторождений Nb, Ta, Li, Be, Sn, W. Классические примеры редкометальных Li-F гранитов приведены в работе [9]. Это, в частности, мезозойские формации Монголо-Охотского пояса (Забайкалье, Монголия и др.) и герцинские – Центральной Европы (Рудные горы, Центральный массив Франции). В этих случаях редкометальные литий-фтористые граниты целиком слагают небольшие массивы. Для нас представляют особый интерес протерозойские граниты данного типа с редкометальной специализацией в составе крупных плутонов рапакиви Балтийского щита, где они образуют самые поздние магматические фазы [13]. Однако иттрий-редкоземельное оруденение для данного типа гранитов в любых его разновидностях совершенно не характерно.

В чем же особенность ситуации в массивах каменномогильского комплекса, где пространственно сближены или даже совмещены проявления Y-Yb и Nb-Ta-Li-Be-Sn-W минерализации? Для ответа на этот вопрос необходимо учесть тот факт, что полученные выводы в указанных выше работах [2, 8] основывались главным образом на данные по обнаженным частям массивов. Особенно массива Каменные Могилы, рассматриваемого обычно в качестве петротипного для данного комплекса. Практически не были учтены результаты поисковых работ, проводившихся на массивах в 1960-1990-х гг., в ходе которых массивы были разбурены многочисленными скважинами до глубин 100-200 м от поверхности.

Поисковыми работами было установлено, что на относительно глубоких горизонтах массивов Каменные Могилы, Екатерининского и Стародубовского широко развиты роговообманковые и биотит-роговообманковые граниты, а также количественно подчиненные им граносиениты, отличные по химизму от гранитов литий-фтористого типа. Причем, в Ново-Янисольском массиве эти породы преобладают и на поверхности.

Автором было предпринято сравнительное изучение геохимии и особенностей вещественного состава в целом двух указанных групп гранитов каменномогильского комплекса: биотитовых и двуслюдяных, отнесенных в работах предшественников [2, 9, 10] к Li-F типу с одной стороны, и роговообманковых и биотит-роговообманковых – с другой. Главный акцент делался при этом на сопоставление концентраций Y, лантаноидов, F, Zr, Nb, Ta, Li, Be в гранитах каждой из этих групп. Для указанных целей использовались только первично-магматические разности гранитов существенно не измененные наложенными процессами. Последние, как отмечалось нами в предыдущей работе [6], в массивах каменномогильского комплекса включают по классификации [5] позднемагматические преобразования, отвечающие фельдшпатолитовой формации и постмагматические-метасоматические, отвечающие грейзеновой формации, с характерными для этих образований типами минерализации.

Критерии, по которым разбракованы первично-магматические разности, с одной стороны, и позднемагматические и постмагматические с другой, были разработаны автором ранее [6]. Это количественно-минералогический состав пород, петрохимические критерии, минеральные парагенезисы, реакционные взаимоотношения минералов, псевдоморфные замещения и структурные особенности пород.

Для выполнения этой работы было использовано более 300 разнообразных анализов: количественных и полуколичественных спектральных, химических (петрохимия и редкие металлы), рентген-флюоресцентных (для РЗЭ) и др., а также данные количественно-минералогического анализа протолок (для аксессуариев) и изучения шлифов.

Кратко охарактеризуем главные особенности вещественного состава гранитов обеих выделенных выше групп.

Роговообманковые (\pm биотит) граниты от биотитовых и двуслюдяных отличаются заметно более высоким содержанием калишпата (порядка 45% по сравнению с 25 - 30% в слюдяных); количество плагиоклаза (обычно – олигоклаз An_{15-28}) в них заметно ниже, чем в слюдяных; альбит, как правило, отсутствует. Ассоциация аксессуарных минералов в роговообманковых (\pm биотит)

гранитах типична для щелочных гранитов (и щелочных пород в целом). Здесь преобладают минералы Zr: циркон (в среднем 245 г/т), еще больше циртолит (до 300 г/т); распространен ксенотим. Как правило, присутствуют ортит, сфен, фергюсонит, чевкениит. Флюорит встречается в этих породах редко, преимущественно в богатых биотитом разностях.

В биотитовых и двуслюдяных гранитах набор аксессуаров совсем иной. Здесь, как было отмечено выше много флюорита и топаза (в среднем 0,4 и 0,2 вес.% соответственно). Из минералов циркония присутствует только циртолит, причем в существенно меньших количествах, чем в роговообманковых гранитах (в среднем ~ 150 г/т). Довольно обычен колумбит-танталит, ильменит, встречаются литиевые слюды.

Различия между роговообманковыми и слюдястыми гранитами достаточно ясно выражены и на уровне главных петрогенных компонентов. Кроме того, отчетливые различия между указанными типами гранитов установлены в распределении иттрия, РЗЭ, фтора и редких металлов. Выявление этих сравнительных соотношений, которые варьируют в зависимости от степени переработанности процессами метасоматоза - основная цель данной работы (табл.1).

Табл. 1. Сравнительная петрохимическая и геохимическая характеристика роговообманковых и слюдяных гранитов каменноугольного комплекса

Характеристики	Роговообманковые (±биотит)	Биотитовые и двуслюдяные
Средние содержания главных петрогенных компонентов (вес.%) (n – число проб)	SiO ₂ – 73,2; Al ₂ O ₃ – 13,1; FeO* – 2,05; CaO – 1,05; K ₂ O – 4,65; Na ₂ O/K ₂ O – 0,73 (n = 16)	SiO ₂ – 74, 9; Al ₂ O ₃ – 12,7; FeO* – 1,88; CaO – 0,78; K ₂ O – 5,27; Na ₂ O/K ₂ O – 0,58 (n = 31)
Средние содержания фтора в породе (вес.%)	F – 0,22	F – 0,56
Средние содержания Y и редких земель (Σ TR), (г/т)	Σ TR – 700 Y – 280 Yb – 30 La – 140	Σ TR – 170 Y – 13 Yb – 1 La – 30
Содержания (средние) редких металлов (г/т)	Li ₂ O – 30 Rb ₂ O – 290 BeO – 5 Ta – 15 Nb – 60	Li₂O – 270 Rb₂O – 950 BeO – 30 Ta – 45 Nb – 290

Руководствуясь полученными результатами можно сделать следующий вывод: распределение между выделенными группами гранитов иттрия и редких земель, с одной стороны, и редких металлов с другой, носит контрастный характер. Это выражается в том, что средние содержания иттрия и РЗЭ в роговообманковых гранитах существенно – часто на порядок, иногда и на два порядка выше, чем в биотитовых и двуслюдяных. Тогда как в распределении редких металлов наблюдается противоположная картина. Биотитовые и двуслюдяные граниты содержат в несколько раз более высокие их концентрации, чем роговообманковые и биотит-роговообманковые разности.

Содержания фтора в биотитовых и двуслюдяных гранитах характерны для литий-фтористого типа: типичные содержания F ~ 0,3 – 0,4 вес.% [3]. Необходимо отметить, что в протерозойских гранитах данного типа (в составе финских плутонов рапакиви), представляющих самые поздние фракции расплава, средние содержания фтора достигают 0,5 – 1 вес.% [13]. В то же время средние содержания F (~ 0,2 вес.%) в роговообманковых разностях каменноугольного комплекса близки к указанным гранитам более ранних фаз (также роговообманковых ± биотит) тех же протерозойских плутонов (0,1 – 0,15 вес.%).

Содержания редких металлов в гранитах литий-фтористого типа могут колебаться в очень широких пределах. Это объясняется тем, что в рамках данного типа существуют специализированные подтипы на разные группы редких металлов. Так, например, средние содержания Li могут колебаться от 80 до 340 г/т [3]. В нашем случае эта величина составляет 270 г/т. В целом, средние содержания редких металлов в биотитовых и двуслюдяных гранитах находятся в том диапазоне значений, который характерен для литий-фтористого типа.

В предыдущих исследованиях [7] нами было показано, что состав гранитов каменноугольного комплекса, в сущности, отвечает гранитам А-типа [12]. Выделенные нами два типа гранитов представляют разные этапы кристаллизационной дифференциации исходного гранитоидного расплава. Литий-фтористые редкометальные биотитовые и двуслюдяные граниты являются наиболее высокодифференцированными конечными продуктами этого процесса, тогда как роговообманковые иттрий-редкоземельные кристаллизовались на более ранней его стадии. Роговообманковые и биотит-роговообманковые граниты залегают во всех случаях на более глубоких горизонтах массивов, чем биотитовые и биотит-мусковитовые разности. Вследствие чего, они должны считаться более ранними продуктами кристаллизации расплава, чем последние. На это указывают и их петрографические отличия – смена более основного плагиоклаза более кислым, параллельно со сменой роговой обманки биотитом, а затем и мусковитом.

Эволюционные тренды, аналогичные установленному в массивах каменноугольного комплекса известны в массивах рапакиви [13], также принадлежащих А-типу.

Увеличение концентраций редких металлов, вплоть до уровня рудных, в процессе дифференциации рассматривается в настоящее время как общий механизм генезиса оруденения в редкометальных гранитах А-типа [1, 4]. В массивах каменноугольного комплекса формирование рудных концентраций, как редких металлов, так и Y-P3Э, продолжается и в постмагматический этап. В особенности это характерно для иттрий-редкоземельного оруденения, связанного с телами апогранитных микроклин-мусковит-альбитовых пород, развившихся по роговообманковому и биотит-роговообманковому гранитам.

Позднемагматические и постмагматические процессы способствуют формированию общих геохимических ореолов Y-P3Э и редких металлов, что находит свое подтверждение в массивах рассматриваемого комплекса [10]. Следует заметить, что в ходе этих процессов первично-магматические концентрации в породах редких земель и редких металлов могут увеличиваться в десятки и сотни раз. Однако преемственность по отношению к исходным породам сохраняется и в ходе наложенных преобразований.

Установленные автором закономерности распределения в гранитах разных типов Y-P3Э и редких металлов дают возможность совмещения разных типов минерализации в массивах каменноугольного комплекса, а также объясняют различия в металлогенической специализации отдельных массивов.

Так, рудные тела Y-P3Э минерализации Екатериновского и Стародубовского массивов, залегающие на более глубоких горизонтах, приурочены к биотит-роговообманковым гранитам и апогранитным породам. А для пород более высоких горизонтов восточного блока Каменные Могилы, напротив, характерна редкометальная минерализация в апогранитных породах по литий-фтористым гранитам, грейзенах и пегматитах.

Библиографический список

1. Волкова Т.П. Роль процессов дифференциации в формировании месторождений полезных ископаемых // Доповіді НАНУ, 2003, №4, с.107-110.
2. Есипчук К.Е., Шеремет Е.М., Зинченко О.В. и др. Петрология, геохимия и рудоносность интрузивных гранитоидов Украинского щита. – Киев: Наукова думка, 1990. - 236 с.
3. Коваленко В.И. Петрология и геохимия редкометальных гранитоидов. – Новосибирск: Наука, 1977. – 198 с.
4. Костицын Ю.А. Накопление редких элементов в гранитах. Часть 2 // Природа. - 2000. - №2. С. 26-34.

5. Плущев Е.В., Шатов В.В. Геохимия и рудоносность гидротермально-метасоматических образований. – Л.: Недра, 1985. – 247 с.
6. Седова Е.В. Метасоматические критерии рудоносности гранитов каменногильского комплекса Приазовья // Наукові праці ДонНТУ. Сер. гірничо-геологічна. – 2008. – Вип.8 (136). – С. 189 – 194.
7. Седова Е. В. Каменногильский комплекс: граниты А-типа, их дифференциация и особенности металлогении // Збірник наукових праць НГУ №32 – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2009. – С.42-48.
8. Шеремет Е.М. Происхождение гранитоидов областей тектономагматической активизации запада Восточно-Европейской платформы // Изв. АН СССР: Сер. геол. – 1990. - №5 – С. 22-34.
9. Шеремет Е.М. Докембрийские редкометалльные граниты Украинского щита в сравнении с редкометалльными гранитами мира // Мінералогічний Журнал. – 2005. – Вип. 27, №3, С.50 – 56.
10. Шеремет Е.М., Стрекозов С.Н., Кривдик С.Г., Волкова Т.П. и др. Прогнозирование рудопроявлений редких элементов Украинского щита. – Донецк: „Вебер” (Донецкое отделение), 2007. – 220с.
11. Щербак Н.П., Бартницкий Е.Н. Реперные изотопные даты геологических процессов и стратиграфическая схема докембрия УЩ // Геохимия и рудообразование. - .1995. - №21. - С.3-24.
12. Eby G.N. The A-type granitoids: a review of their occurrence and chemical characteristics and speculations on their petrogenesis // Lithos. - 1990, 26. – P. 115-134.
13. Lukkari S. Magmatic evolution of topaz-bearing granite stocks within the Wiborg rapakivi granite batholith // Publications of the Department of Geology D12. - University of Helsinki, 2007. – P. 29.

© Седова Е. В., 2011.

Анотація

Гранітні масиви кам'яногогильського комплексу (вік~1,8 млрд. років) характеризуються унікальною металогенічною спеціалізацією, що поєднує рідкіснометалеві (Nb, Ta, Li, Be) рудопрояви з Y-РЗЕ мінералізацією. Виявлено два типи гранітів комплексу: роговообманкові (±біотит) ітрій-рідкісноземельні, бідні на F та рідкісні метали, і високодиференційовані біотитові (±мусковіт) літій-фтористі рідкіснометалеві, але бідні на Y і РЗЕ. Їх сполучення обумовило специфічну рідкіснометалево-рідкісноземельну спеціалізацію комплексу.

Ключові слова: кам'яногогильський комплекс, граніти роговообманкові, граніти біотитові і двуслюдяні, геохімія, ітрій-рідкісноземельна мінералізація, рідкіснометалева мінералізація, літій-фтористі граніти, мінерали-концентратори, апогранітні породи.

Abstract

Mezoproterozoic (~1,8 Ga) subcalic peraluminous granites of Kamennye Mogily formation are characterized by unique rare metals - rare earth metallogeny. There are two subtypes of these granites: hornblend (±biotite) Y-TR rich granites, with low F and rare metals concentrations, and highly differentiated biotite (±muscovite) lithium-fluor rare-metalliferous (Nb, Ta, Li, Be) but Y-TR barren granites. The unique metallogeny of Kamennye Mogily magmatic formation caused by combination of these granite subtypes.

Keywords: Kamennye Mogily Complex, biotite and bimicaceous granites, Y – rare earth mineralization, rare metal mineralization, Li – fluorine granites, mineral-concentrator, apogranitic rocks

УДК: 622.243.14

К вопросу классификации погружных пневматических насосов

Филимоненко Н. Т.¹, Кожевников А. А.²

¹ Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина

² Национальный горный университет, Днепропетровск, Украина

Поступила в редакцию 06.07.10, принята к печати 15.10.10.

Аннотация

Впервые приводится классификация погружных пневматических насосов, которые могут применяться при бурении скважин в условиях поглощения промывочных жидкостей. Структурная схема, построенная на основе предложенной классификации, позволяет системно провести обзор данных устройств, выявить преимущества и недостатки, а так же наметить пути совершенствования. Статья может быть интересна для специалистов, занимающихся вопросами бурения скважин в сложных условиях.

Ключевые слова: классификация, погружной насос, скважина.

В большинстве случаев геологические разрезы скважин содержат проницаемые зоны, имеющие различную природу, пересечение которых приводит к значительным потерям промывочной жидкости. Только в Донбассе дополнительные затраты, связанные с приготовлением и доставкой теряемой промывочной жидкости, приводят к удорожанию одного погонного метра скважины на 16...20% [1].

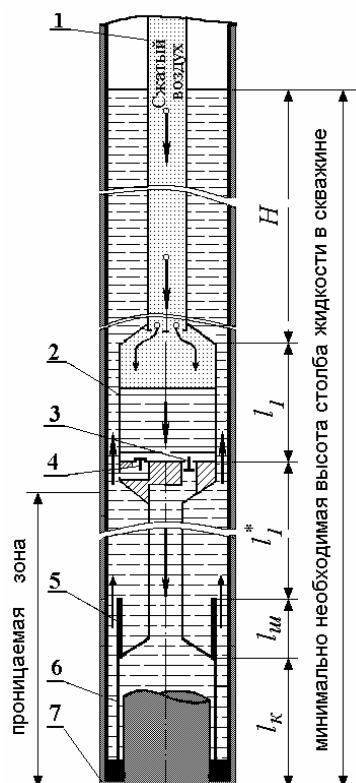


Рис. 1. Схема создания внутрискважинной прерывистой промывки

Работы, проведенные в Донецком национальном техническом университете (ДонНТУ), показали перспективность применения в подобных условиях внутрискважинной промывки с помощью погружных пневматических насосов (ППН) [2, 3]. Схема создания промывки показана на рис. 1. Жидкость вытесняется из погружной вытеснительной камеры 2 через нагнетательный клапан 3 на забой скважины 7 сжатым воздухом, подающимся в нее по колонне буровых труб 1. Заполнение вытеснительной камеры происходит через всасывающий клапан 4 за счет действия гидростатического давления столба жидкости и атмосферного давления. При этом циркуляция в пространстве от вытеснительной камеры до забоя отсутствует. Таким образом, подача промывочной жидкости носит прерывистый характер.

Буровой шлам собирается в наружную шламовую трубу 5, установленную над колонковой трубой 6.

Технология бурения с реализацией вышеназванного способа промывки изложена в [4] и относится к импульсной [5]. Она может применяться при бурении в условиях поглощения, характер которого:

– не обеспечивает циркуляцию с полным выходом промывочной на дневную поверхность, при этом при вскрытии проницаемой зоны высота столба жидкости должна быть минимальная для обеспечения работы погружного пневматического насоса. Бурение осуществляется без подачи промывочной жидкости поверхностным буровым насосом.

– дает возможность обеспечить циркуляцию с частичным выходом промывочной жидкости на дневную поверхность, но бурение с частичным поглощением промывочной жидкости экономически не выгодно по причине ее дефицита и проблем с доставкой на объект буровых работ.

Минимально необходимая высота столба жидкости в скважине (рис. 1) должна отвечать условию (1), при котором возможно заглубление погружного технологического оборудования для создания внутрискважинной пульсирующей промывки.

$$H_{\text{по.д.}} = H + l_l + l_l^* + l_o + l_e \quad (1)$$

где H – заглубление пульсационного насоса под уровень жидкости в скважине; l_l – длина вытеснительной камеры пульсационного насоса; l_l^* – расстояние между всасывающей частью пульсационного насоса и верхним торцом наружной шламовой трубы; $l_{ш}$ – длина шламовой трубы; l_k – длина колонковой трубы и бурового наконечника.

Применяя данную технологию можно решить важную задачу – пробурить проницаемую зону без подачи и поглощения промывочной жидкости, изолировать ее и восстановить циркуляцию промывочной жидкости в скважине с выходом на дневную поверхность;

Для реализации технологии прерывистой промывки скважины с помощью погружных пневматических насосов должны быть соблюдены следующие условия:

- наличие в скважине столба жидкости, достаточного для заглубления под ее уровень погружного технологического оборудования;
- понижение уровня в течение рейса бурения должно быть соизмеримо с углубкой скважины;
- часть скважины, находящаяся выше уровня жидкости, должна быть сложена устойчивыми породами или закреплена обсадными трубами.

В том случае, когда такие условия есть, применение внутрискважинной прерывистой промывки с помощью ППН позволяет бы снизить стоимость одного погонного метра бурения.

Несмотря на то, что эти устройства представляют отдельную группу буровых машин, нет принятой системы их классификации. Для того чтобы систематизировать их, выявить преимущества и недостатки, а так же наметить пути совершенствования, необходима удобная для обзора и анализа структурная схема.

Работы по созданию погружных пневматических насосов проводились в Свердловском горном институте (СГИ) (сейчас это Уральская государственная горно-геологическая академия (УГГА) (г. Екатеринбург) [6, 7] и, как отмечено выше, в ДонНТУ. Имеется достаточный объем конструкторских решений, которые защищены авторскими свидетельствами на изобретения [8, 9, 10, 11, 12, 13] и патентом [14].

Вопросами классификации пневматических насосов, не предназначенных для работы в условиях скважины, в разное время занимались В.Ф. Конради, К.А. Сенник, И.Л. Логов [15].

В.Ф. Конради предлагает классифицировать эти устройства по способу действия на четыре группы: 1) обыкновенные прямодействующие насосы, 2) вытеснительные аппараты, 3) инерционные аппараты, 4) эрлифтные насосы.

В нашем случае способ действия не может быть критерием классификации, поскольку рассматриваемая группа относится только ко второй группе – вытеснительным аппаратам.

К.А. Сенник классифицирует пневматические насосы по трем признакам: 1) по распределению воздуха, 2) по характеру наполнения и вытеснения жидкости и 3) по использованию отработанного воздуха.

И.Л. Логов считает, что принимать такие признаки в качестве классификационных нельзя, так как, по его мнению, они второстепенны [15]. Однако для узкой группы пневматических насосов даже второстепенные факторы могут быть критерияльными.

Из предложенных К.А. Сенником критериев для классификации ППН можно принять только первый – по распределению воздуха, так как известные конструкции имеют клапанные, золотниковые и клапанно-золотниковые воздухораспределители.

Что касается характера наполнения вытеснительной камеры, то во всех ППН наполнение ее происходит за счет гидростатического давления столба жидкости, под уровень которого она заглублена, и атмосферного давления.

И.Л. Логов предложил в качестве критерия для классификации пневматических насосов принять самый существенный энергетический показатель – коэффициент полезного действия.

По его классификации все пневматические насосы делятся на два класса: 1) с более полной реализацией потенциальной энергии сжатого воздуха за счет использования процесса его расширения, что весьма выгодно в плане экономичности рабочего процесса (больше к. п. д.), 2) работающие без использования процесса расширения сжатого воздуха. Поэтому использование расширения воздуха можно принять в качестве одного из классификационных признаков для погружных пневматических насосов, предназначенных для создания внутрискважинной промывки.

Следует отметить, что известные погружные пневматические насосы имеют конструктивные отличия и возбуждают не стационарный, а переменный расход жидкости с характерной только для своего типа амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ). Однако до настоящего времени характер потока, создаваемый пневматическим насосом, вообще не рассматривался в качестве критерия классификации. Этому есть ряд причин. Главная из них – отсутствие до последнего времени общепринятой систематизации АЧХ таких потоков и классификации способов импульсной промывки скважин. В настоящее время авторами такая классификация создана. Согласно предложенной классификации следует, что совершенно неправильно промывка скважины ППН одинарного действия [8, 9, 10, 11, 12] названа пульсирующей. Также необоснованно эти устройства названы пульсационными насосами, поскольку в их рабочем цикле присутствует пассивная часть, в течение которой происходит заполнение вытеснительной камеры за счет гидростатического давления столба жидкости и атмосферного давления. При этом циркуляция в пространстве от вытеснительной камеры до забоя отсутствует. Таким образом, нестационарный поток промывочной жидкости, создаваемый ППН одинарного действия, носит не пульсирующий, а прерывистый характер. Пульсирующий характер нестационарного потока промывочной действия могут создавать только ППН двойного действия [13, 14]. И только они правильно названы пульсационными насосами.

На основании вышерассмотренного предлагаются следующие классификационные признаки пневматических насосов (рис.2).

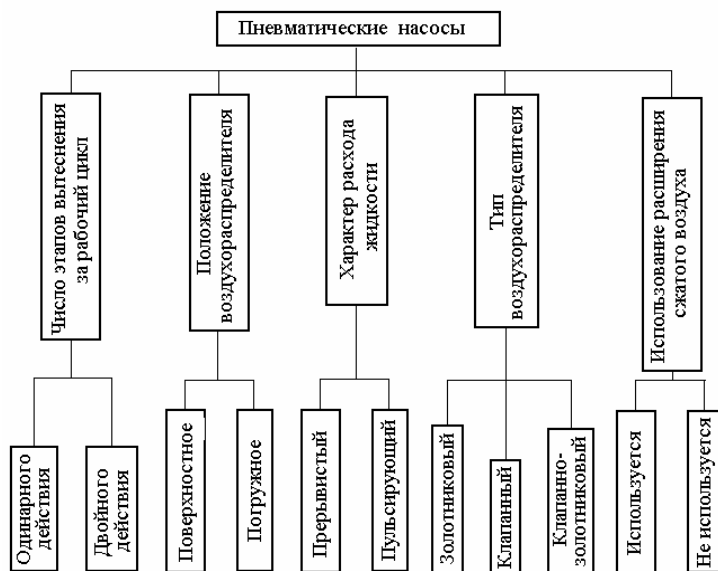


Рис. 2. Классификация ППН

1. Число этапов вытеснения за рабочий цикл. Известны ППН одинарного [3, 7, 8, 9, 10, 11, 12] и двойного действия [13, 14].

2. Положение воздухораспределителя в воздухо-подающей сети. Воздухораспределитель ППН может быть поверхностный (устанавливаться на дневной поверхности [3, 7]) и погружной (погружаться под уровень жидкости [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14]).

3. Характер расхода жидкости. Согласно классификации способов импульсной промывки скважин применительно к симметричным импульсам подачи импульсная промывка может быть с переменным, пульсирующим, прерывистым и реверсивным расходом жидкости. Известные ППН [3, 7, 8, 9, 10, 11, 12] создают прерывистый расход жидкости. Пульсирующий расход жидкости возбуждается пульсационными насосами [13, 14].

4. Тип воздухораспределителя. В известных пневматических вытеснителях используются клапанный [8, 9, 10, 12, 14], золотниковый [3, 7] и клапанный-золотниковый [11, 13] воздухораспределители.

5. Использование расширения сжатого воздуха. В ППН [3, 7, 8, 9, 10, 13, 14] расширение сжатого воздуха не используется. Конструкция ППН [11] позволяет использовать потенциальную энергию сжатого воздуха не только для вытеснения жидкости, но и для обеспечения быстрой перестановки клапанов воздухораспределительного механизма, что увеличивает к.п.д. насоса.

На основе предложенной классификации предлагается удобная для обзора структурная схема известных пневматических насосов (рис. 3). Они образуют пять групп.

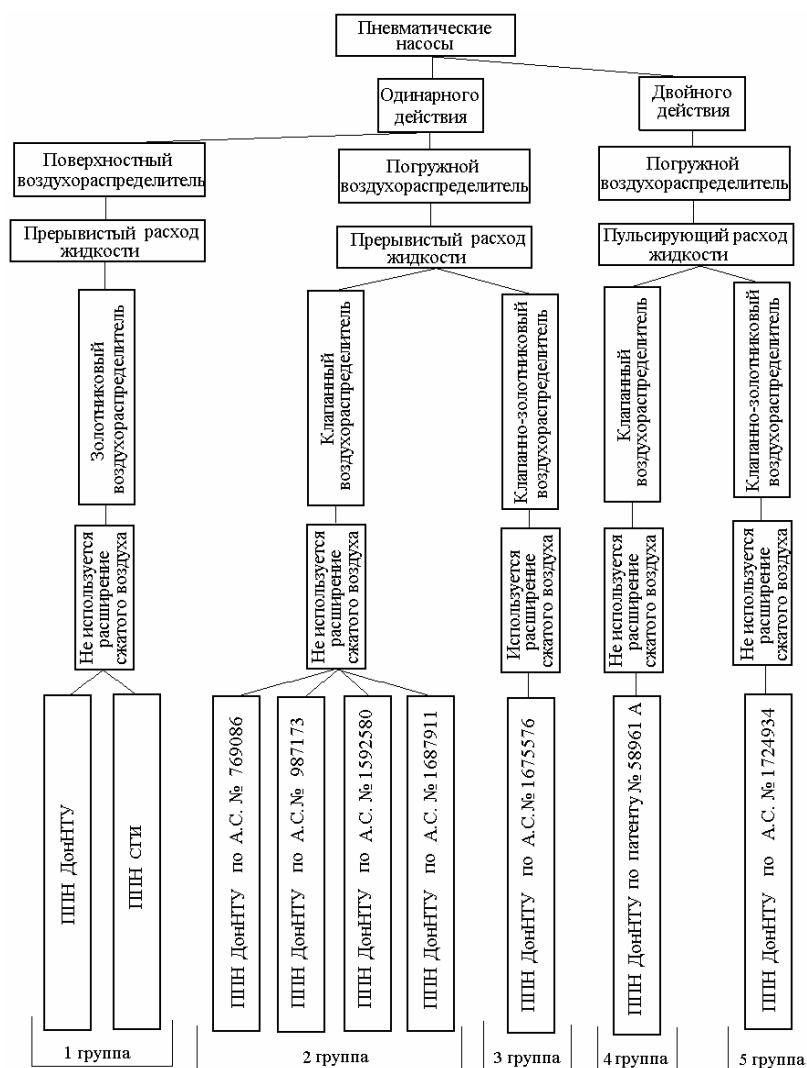


Рис. 3. Структурная схема для обзора ППН

1. ППН одинарного действия с золотниковым воздухораспределителем, установленным на поверхности. Расход жидкости – прерывистый. Расширение сжатого воздуха не используется. В эту группу входят устройства СГИ [7] и ДонНТУ [3].

2. ППН одинарного действия с погружным клапанным воздухораспределителем. Расход жидкости – прерывистый. Расширение сжатого воздуха не используется. В эту группу входят четыре ППН [8, 9, 10, 12].

3. ППН одинарного действия с погружным клапанно-золотниковым воздухораспределителем. Расход жидкости – прерывистый. Его конструкция позволяет использовать потенциальную энергию сжатого воздуха для обеспечения быстрой перестановки клапанов воздухораспределительного механизма. В эту группу входит ППН [11].

4. ППН двойного действия с погружным клапанно-золотниковым воздухораспределителем. Расход жидкости – пульсирующий. Расширение сжатого воздуха не используется. В эту группу входит ППН [14].

5. ППН двойного действия с погружным клапанно-золотниковым воздухораспределителем. Расход жидкости – пульсирующий. В эту группу входит ППН [13].

Выводы

1. Обоснованы классификационные признаки погружных ППН.
2. Создана классификация данных устройств.
3. Структурная схема, построенная на основе предложенной классификации ППН, позволяет системно провести обзор данных устройств, выявить преимущества и недостатки, а так же наметить пути совершенствования.

Библиографический список

1. Филимоненко Н.Т. Результаты испытаний сигнализатора внезапного падения уровня жидкости в скважине / Н.Т. Филимоненко, А.А. Каракозов, О.А. Куш, О.М. Козырев // Наукові праці Донецького державного технічного університету. Серія: гірничо - геологічна. – Донецк., ДонНТУ, 2003. вип.63 – С. 77-81.
2. Филимоненко Н.Т. Основные результаты исследований пульсирующей промывки скважин / Н.Т. Филимоненко // Совершенствование техники и технологии бурения скважин на твердые полезные ископаемые. – Екатеринбург: УГГА, 2003. -вып. № 25 – С. 101-108.
3. Филимоненко Н.Т. Совершенствование технологии бурения скважин в проницаемых зонах на угольных месторождениях Донбасса / Н.Т. Филимоненко, А.А. Каракозов, О.А. Куш, О.М. Козырев // Наукові праці Донецького державного технічного університету. Серія: гірничо - геологічна. – Донецк., ДонНТУ, 2002. вип.45 – С. 72-77.
4. Филимоненко Н.Т. Методическое пособие по расчету параметров рабочего цикла пульсационного насоса и технологии бурения с его применением – Донецк: Изд-во «Вебер» (Донецкое отделение), 2009. – 70 с.
5. Кожевников А.А. Импульсные технологии бурения геологоразведочных скважин /А.А. Кожевников, С.В. Гошовский, И.И. Мартыненко – К.: УкрГРГИ, 2003. – 208 с.
6. Бажутин А.Н. Исследование процесса местной промывки скважин погружным пневматическим насосом при колонковом бурении автореф. дис. на соискание учной степени канд. техн. наук: спец. 05.02.08 / А.Н. Бажутин. Свердлов. горн. ин- т. – Свердловск, 1964. – 20 с.
7. Неудачин Г.И. Опыт применения пневматических и гидравлических погружных насосов для промывки скважин в процессе бурения / Г.Н. Неудачин, А.Н. Бажутин, Л.Г. Шолохов. – М.: Госгеолтехиздат, 1962. – 215 с.
8. Пульсационный насосный агрегат. А.с.769086 СССР МКИ F04B47/00 Г.И. Неудачин, В.И. Пилипец, П.Д. Клименко.:Опубл. 7.10.1978, БИ N8.
9. Пульсационный насосный агрегат: А.с.987173 СССР МПК F04B47/00/ Г.И. Неудачин, В.И. Пилипец, В.С. Малахов, Н.Т. Филимоненко; – Заявл. 03.07.1981; Опубл. 7.01.1983, БИ N1.
10. Пульсационный насосный агрегат. А.с.1592580 СССР МПК F04B47/00/ Г.И. Неудачин, Г.Н. Валитов, И.М. Куракин; Опубл. 15.09.1990, БИ N34.
11. Пульсационный насосный агрегат. А.с.1675576 СССР МПК F04B47/00 / Н.Т. Филимоненко, В.А. Русанов, А.А. Каракозов, А.А. Чаленко А.А., Л.В. Тарарьева; – Заявл. 03. 10 1989; Опубл. 07.09.1991. БИ N33.
12. Пульсационный насосный агрегат. А.с.1687911 СССР МПК F04B47/00/ А.А. Каракозов, В.И. Блинов, Н.Т. Филимоненко, В.А. Русанов, В. Е. Первых; – Заявл. 03.10. 1989; Опубл. 30.10.1991. БИ N40.
13. Пульсационный насосный агрегат. А.с.1724934 СССР МКИ F04B47/00/ В.А. Русанов, И.В. Равилов, Н.Т. Филимоненко, А.А. Каракозов, О.А. Ерофеев; – Заявл. 19.02 1990; Опубл.07.04.1992. БИ N13.
14. Пульсационный насос. Декларационный патент на винахід. 58961А МКИ F04B47/00/ А.А. Каракозов, М.Т. Филимоненко, В.В. Угнівенко, О.В. Паршков; –Заявл. 29.11.2003; Опубл. 15.08.2003; Бюл № 8 - 10 с.
15. Логов И.Я. Пневматические насосы / И.Я. Логов. – М.: Машгиз, 1962. – 207 с.

© Филимоненко Н. Т., Кожевников А. А., 2011.

УДК 621.921.34:621.921.34–413:621.923.4:662.23.05

Исследование работоспособности нового гибридного алмазного композиционного поликристаллического материала при разрушении крепких горных пород

Шульженко А. А.¹, Богданов Р. К.¹, Закора А. П.¹, Ашкинази Е. Е.²,
Соколов А. Н.¹, Горгин В. Г.¹, Ральченко В. Г.², Конов В. И.²,
Ильницкая Г. Д.¹, Супрун М. В.¹

¹Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, Киев, Украина

²Институт общей физики им. А. М. Прохорова РАН, Москва, Россия

Поступила в редакцию 21.06.10, принята к печати 15.10.10.

Аннотация

В работе проводится определение наиболее износостойкой поверхности CVD-компонентов и общую работоспособность новых гибридных алмазных композиционных термостойких поликристаллических материалов (ГАКТПМ) при разрушении крепких горных пород.

Ключевые слова: износостойкость, алмазные композиционные термостойкие поликристаллические материалы.

В мировой практике геологоразведочного бурения с применением алмазного инструмента за последние 30 лет произошли существенные изменения в вопросах оснащения его алмазным сырьем. В настоящее время большинство ведущих фирм США, Англии, Швеции, Бельгии и других стран перешли на оснащение бурового инструмента синтетическими алмазами (СА) вместо применявшихся ранее в нем природных алмазов. При этом около 80 % применяемого алмазного породоразрушающего инструмента для бурения геологоразведочных скважин в твердых горных породах составляют коронки, армированные СА, в том числе около 5% - поликристаллами [1].

Одним из основных направлений технического прогресса при поиске и разведке месторождений полезных ископаемых является снижение материальных и трудовых затрат на единицу разведанных запасов. Достигается это в первую очередь за счет создания и применения новых марок сверхтвердых композиционных материалов в буровом инструменте, разработке его новых конструкций, рациональных технологий применения породоразрушающего инструмента.

Композиционными материалами обычно называют многокомпонентные материалы, состоящие, как правило, из пластичной основы (матрицы), армированной наполнителями, обладающими высокой прочностью, жесткостью и т.д. [2]. Путем подбора состава и свойств наполнителя и матрицы (связующего), их соотношения, ориентации наполнителя можно получить материалы с требуемым сочетанием эксплуатационных и технологических свойств. Использование в материале нескольких наполнителей различной природы (гибридные композиционные материалы) позволяет значительно расширить возможности регулирования свойств композиционных материалов.

Одними из наиболее наукоемких и многообещающих для дальнейшего использования при разработке новых типов высокоэффективного породоразрушающего инструмента для сложных условий эксплуатации являются алмазные композиционные поликристаллические гибридные материалы и технологии их получения. Новейшее поколение гибридных сверхтвердых материалов сочетает положительные свойства синтетического, природного и CVD-алмаза. Многокомпонентные композиционные материалы в большинстве случаев представляют собой структуру типа "гость-хозяин". В алмазных композиционных гибридных материалах, состоящих

из синтетического, природного и CVD–алмаза, каждый из этих материалов выполняет роль "хозяина", дополняя друг друга своими положительными свойствами.

В ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины совместно с ИОФ им. А.М. Прохорова РАН получен ультратвердый гибридный композиционный материал, который содержит CVD–алмаз (светлый), поверхность которого частично или полностью в условиях высокого давления и температуры окружена оболочкой из алмазного композиционного термостойкого материала (АКТМ) [3, 4] со связью между зернами алмаз-алмаз, между которыми размещена активирующая добавка, при этом площадь оболочки, которая охватывает CVD–алмаз, составляет не меньше 40 % его поверхности.

Цель настоящей работы – определение наиболее износостойкой поверхности CVD-компонентов и общую работоспособность новых гибридных алмазных композиционных термостойких поликристаллических материалов (ГАКТПМ) при разрушении крепких горных пород.

Для проведения сравнительных лабораторных исследований износостойкости и работоспособности были изготовлены цилиндрические породоразрушающие элементы диаметром 3,5 мм и высотой 3,7 мм из АКТМ, в котором по оси были размещены режущие вставки CVD-алмаза (светлые и черные) в виде брусков с размерами 4,0 мм × 1,0 мм × 0,3 мм с выступанием их вершины (или режущей части) на поверхность защитной оболочки из АКТМ (рис.1).

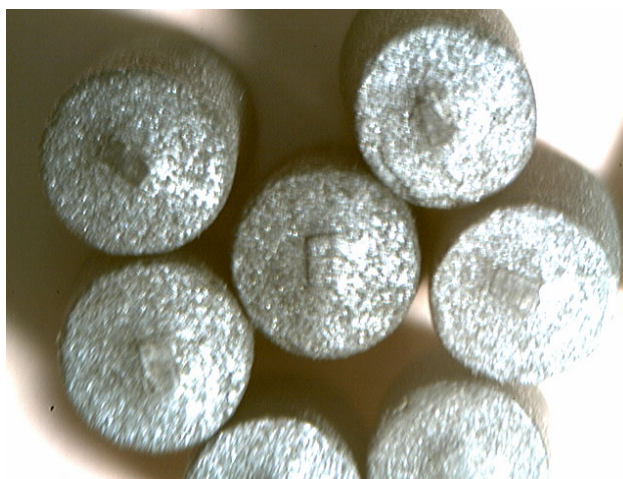


Рис.1. Общий вид цилиндрических породоразрушающих элементов ГАКТПМ.

При этом цвет исследуемых образцов CVD–алмаза определяется степенью их чистоты и структурного совершенства, зависящих от технологии плазмохимического синтеза.

Как отмечалось выше, благодаря особенностям технологии синтеза CVD–алмаз имеет три отличающихся по структуре рабочие поверхности: зародышевую, ростовую и боковую (рис.2)[4].

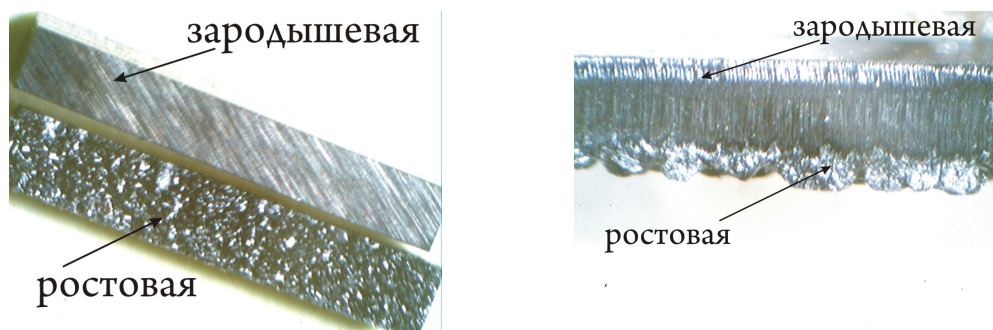


Рис.2. Рабочие поверхности брусков CVD–алмаза.

Испытания на износостойкость проводились при точении коростышевского гранита XI категории буримости, характеризующегося стабильными свойствами, высокой твердостью и

абразивностью, на токарно-винторезном станке модели ДИП-200 со специальной оснасткой для закрепления керн горной породы в виде разрезного цилиндра и стакана. Для закрепления исследуемого образца породоразрушающего элемента в резцедержателе использовали специальное приспособление на основе сверлильного патрона. Исследуемый образец породоразрушающего элемента закреплялся в патроне специального приспособления и подводился к поверхности керн горной породы, где и осуществлялось его продольное точение с заданной глубиной внедрения.

Износ по массе породоразрушающих элементов измерялся электронными весами типа Sartorius, с точностью до 0,0001 г.

Параметры режима резания были следующие: частота вращения – 355 мин⁻¹, глубина внедрения – 1,0 мм.

Контролируемыми параметрами служили глубина внедрения (с точностью до 0,05 мм) и время точения (с точностью до 1 с).

Интенсивность изнашивания I (мг/км) определялась как отношение потери массы породоразрушающего элемента $\Delta m = m_n - m_k$ к величине проходки на вставку L , где m_n и m_k (мг) – масса образца соответственно до и после испытаний:

$$I = \frac{\Delta m}{L},$$

где $L = \frac{\pi D n}{60} t$; (D – диаметр керн, м; n – частота вращения шпинделя станка, мин⁻¹; t – продолжительность точения, мин).

Образцы породоразрушающих элементов испытывали при скорости резания 2,2 м/с; пути резания 1716 м и продолжительности резания 780 с.

Результаты сравнительных испытаний износостойкости породоразрушающих элементов с различным оснащением приведены в табл.1.

Таблица 1. Сравнительные испытания породоразрушающих элементов при точении коростышевского гранита XI категории по буримости

Вариант изготовления породоразрушающих элементов	Масса вставки, мг		Интенсивность изнашивания по массе, мг/км · 10 ⁻³
	начальная	конечная	
АКТМ	121,4	107,0	8,4
АКТМ + CVD черный (зародышевая сторона)	122,7	120,0	1,6
АКТМ + CVD черный (ростовая сторона)	120,0	117,2	1,6
АКТМ + CVD черный (боковая сторона)	117,2	115,8	0,8
АКТМ + CVD светлый (зародышевая сторона)	127,2	126,1	0,6
АКТМ + CVD светлый (ростовая сторона)	126,1	124,7	0,8
АКТМ + CVD светлый (боковая сторона)	124,7	123,3	0,8

Как видим из табл. 1, износостойкость породоразрушающих элементов, изготовленных из неармированных АКТМ в 5,25 – 14,0 раз ниже, чем у гибридного АКТМ с компонентом CVD алмаза. При этом интенсивность изнашивания в варианте изготовления "АКТМ + CVD-алмаз черный" по зародышевой и ростовой стороне CVD алмаза не отличается, а в варианте изготовления "АКТМ + CVD-алмаз светлый" интенсивность изнашивания при работе зародышевой стороной CVD-алмаза ниже в 1,33 раза, чем при работе ростовой стороной. При работе боковой стороной CVD-алмаза, в варианте "АКТМ + CVD-алмаз черный" интенсивность изнашивания в 2 раза ниже, чем при работе зародышевой и ростовой сторонами. В случае "АКТМ

+ CVD-алмаз светлый" интенсивность изнашивания боковой стороны равна интенсивности изнашивания ростовой стороны и выше в 1,33 раза, чем при работе зародышевой стороной.

На рис.3 представлена картина разрушения образца гранита при точении породоразрушающими элементами из неармированного АКТМ и АКТМ с компонентом CVD алмаза.

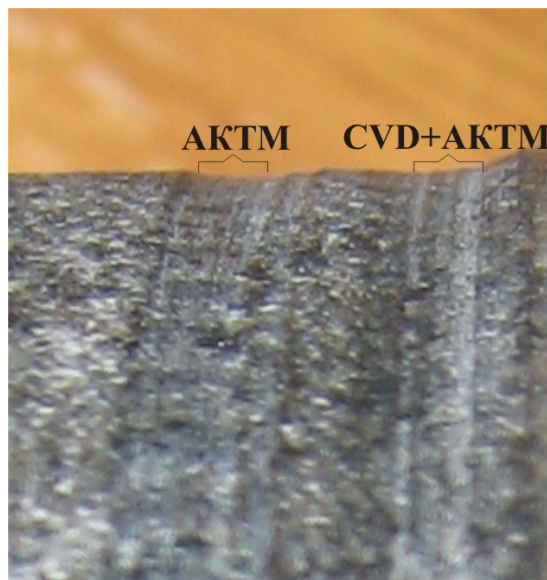
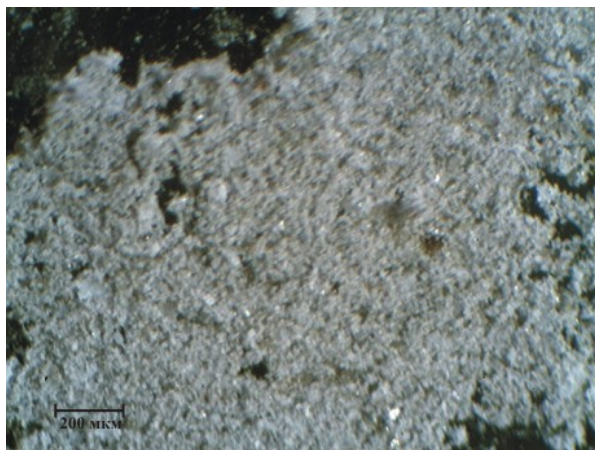
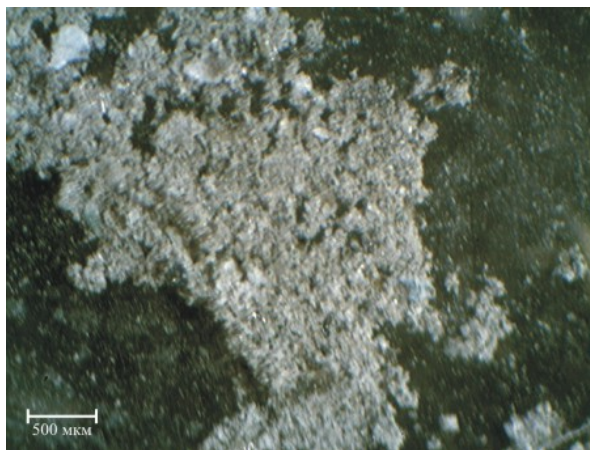


Рис.3. Изображение участков разрушения образца гранита при точении породоразрушающими элементами из неармированного АКТМ и CVD алмаз+АКТМ.

Так при работе породоразрушающих элементов из неармированного АКТМ наблюдается картина разрушения гранита, характерная для процесса шлифования, т.е. с отделением от массива породы шлама мелких фракций, причем сравнительно одинакового размера, в среднем порядка 50 - 80 мкм (рис.4 а). При работе породоразрушающих элементов из АКТМ с компонентом CVD алмаза очевиден характер разрушения, присущий процессу резания, т.е. с отделением от массива породы шлама, неоднородного по размеру.



а)



б)

Рис. 4. Шлам гранита, полученный при работе породоразрушающих элементов: а) из неармированного АКТМ; б) из АКТМ с компонентом CVD алмаза.

При этом при наличии мелких фракций (50 -80 мкм) наблюдается наличие частиц более крупного размера 100 – 200 мкм (рис.4 б), что свидетельствует о повышении эффективности разрушения горной породы.

Особенно следует отметить присутствие в процессе работы породоразрушающих элементов во всех вариантах изготовления АКТМ с компонентом CVD алмаза очевидного эффекта

"самозатачивания", то есть появления при изнашивании равномерной конусности на рабочем торце элементов при вершине армирующей вставки из CVD алмаза (рис. 5).

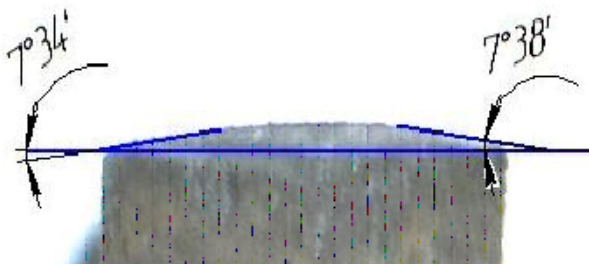


Рис. 5. Вид рабочего торца породоразрушающего элемента из АКМ с компонентом CVD алмаза после процесса точения

Данный результат является положительным фактором для дальнейшего использования таких вариантов исполнения породоразрушающих элементов на базе АКМ с компонентом CVD алмаза при разработке новых конструкций буровых геологоразведочных коронок с комбинированной алмазосодержащей матрицей.

Выводы

1. Износостойкость породоразрушающих элементов, изготовленных из АКМ с компонентом CVD алмаза, в 5,25 – 14,0 раз превышает износостойкость элементов, изготовленных только из неармированного АКМ.
2. При работе породоразрушающих элементов из неармированного АКМ наблюдается картина разрушения гранита, характерная для процесса шлифования, то есть с отделением от массива породы шлама мелких фракций. Напротив, при работе породоразрушающих элементов из АКМ с компонентом CVD алмаза очевиден характер разрушения, присущий процессу резания, а именно с отделением от массива более крупных частиц шлама, что свидетельствует о повышении эффективности разрушения горной породы.
3. В процессе работы породоразрушающих элементов во всех вариантах изготовления АКМ компонентом CVD алмаза присутствует очевидный эффект "самозатачивания", то есть при изнашивании появляется равномерная конусность на их рабочем торце при вершине армирующей вставки из CVD-алмаза.

Библиографический список

1. Зыбинский П. В., Богданов Р. К., Закора А. П., Исонкин А. М. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном бурении. – Донецк: Изд-во НОРД-ПРЕСС, 2007. – 244 с.
2. Справочник по композиционным материалам. Кн. 1. / Под ред. Дж. Любина; Пер. с англ. А. Б. Геллера, М. М. Гельмонта; Под ред. Б. Э. Геллера. – М.: Машиностроение, 1988. – 448 с.
3. Алмазный поликристаллический материал для оснащения бурового инструмента / А.А. Шульженко, Р.К. Богданов, В.Г. Гаргин и др. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: Изд-во ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2007. – Вып. 10. – С. 189–196.
4. Новый ультратвердый поликристаллический композиционный материал / А.А. Шульженко, Е.Е. Ашкинази, А.Н. Соколов и др. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения/ Сб. науч. тр. – Вып.12, - Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля, 2009, с.143-154.

© Шульженко А. А., Богданов Р. К., Закора А. П., Ашкинази Е. Е., Соколов А. Н., Гаргин В. Г., Ральченко В. Г., Конов В. И., Ильницкая Г. Д., Супрун М. В., 2011.

Структурно-кинематические парагенезисы и деформационные режимы Гераклеийского блока юго-западного Крыма

Муровская А. В.^{1*}, Щербаков Р. Н.²

¹ *Институт геофизики НАН Украины, Киев, Украина*

² *Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина*

Поступила в редакцию 07.07.10, принята к печати 15.10.10.

Аннотация

Проведен анализ альтернативных моделей тектонического развития Горного Крыма. Исследована история и геологические условия формирования Гераклеийского полуострова Горного Крыма. Изучены системы трещин, разрывных нарушений и линеаментов, их структурно-кинематические парагенезисы в породах различного возраста. Выполнены реконструкции полей разновозрастных напряжений и деформаций, установлены их параметры. Изучены формы проявления разрывных дислокаций и их кинематические особенности. Исследована последовательность формирования деформаций в районе, механизм чередования циклов сжатия и растяжения.

Ключевые слова: гераклеийский блок, Крым, трещины, линеаменты, деформации, напряжения, реконструкция, возрастная шкала, тектоника.

Актуальность приводимых в настоящей статье данных связана с существованием нескольких альтернативных моделей тектонического развития Горного Крыма, что во многом обусловлено недостаточной изученностью деформационных элементов, и, прежде всего методами тектонофизики. В районе исследований представлены верхний и нижний структурные этажи, слагающие Горно-Крымское сооружение, породы которых выходят на дневную поверхность и доступны для непосредственного изучения. Поэтому Гераклеийский блок представляет собой важную и показательную структуру для понимания геодинамики Горного Крыма.

Географически изучаемая территория находится в пределах Гераклеийского полуострова в крайней юго-западной части Горного Крыма и представляет собой обособленный, вулканотектонический блок. С юго-востока он ограничен Георгиевской зоной разломов, активной в позднеальпийский этап. К северо-западу от разлома из разреза полностью выпадают верхнеюрские породы. А в юго-восточном крыле зоны отсутствуют палеоген-четвертичные отложения. С северо-востока Гераклеийский блок ограничен раннекиммерийской Чернореченской зоной разломов глубокого заложения. В целом весь блок находится в шовной зоне сочленения Скифской плиты и Горного Крыма.

На раннекиммерийском этапе здесь развивалась обособленная вулканотектоническая структура первого порядка в пределах киммерийского Горно-Крымского складчатого сооружения. Она представлена гераклеийским субвулканическим комплексом среднеюрской спилит-кератофировой формации. Отложения верхнего этажа имеют моноклинальное залегание и представлены. В раннеальпийское время Гераклеийский блок был западной частью Канаринской вулканотектонической зоны, выполненной вулканогенно-терригенной формацией нижнего мела. Отложения верхнеальпийского яруса представлены терригенно-карбонатным комплексом среднего и верхнего миоцена. На новейшем этапе блок развивался обособленно. Поэтому отложения плиоцен-антропогена здесь полностью денудированы.

* Для переписки: murovskaya@gmail.com

Разломно-блоковое строение региона и преобладание вертикальных перемещений по крутопадающим разломам постулируется традиционной фиксистской концепцией. В частности, Георгиевскую зону разломов Л. С. Борисенко и Л. Г. Плахотный описывают как сброс [2]. Такого же мнения ранее придерживался С. В. Пивоваров (1984). Мобилистские концепции зачастую противоречат друг другу и не вполне обоснованы фактами. Так, согласно представлениям В. В. Юдина и О. М. Герасимова [12], структура Крыма определяется сутурными зонами разного возраста, и крупномасштабными горизонтальными перемещениями с юга. С. С. Круглов (2004) рассматривает тектоническое развитие Горного Крыма как покровно-шарьяжной структуры. Покровно-шарьяжная концепция Ю. В. Казанцева [9] связывает тектоническое развитие Горного Крыма с крупномасштабным перемещением с севера на юг.

Для выявления разрывных дислокаций на участке исследований выполнен анализ геологических и тектонических карт и схем, обработка космических снимков (КС) и карт 3-D рельефа с использованием возможностей компьютерных программ пакета ГИС (Mapinfo, Stereo). При обработке КС и 3-D рельефа выделялся также класс структур – мегатрещин, отражающих внутреннюю структуру разломных зон [11]. При интерпретации данных дистанционных исследований использовались общепринятые приемы дешифрирования КС [3]. При исследовании разрывных структур в обнажениях горных пород использовались методы тектонофизики и структурной геологии. При выполнении исследований разрывных дислокаций особое внимание уделялось признакам смещения по разлому предварительным установлением относительного возраста. Абсолютный возраст деформаций определялся с учетом геологических данных о геодинамике Крымско-Черноморского региона [5, 7, 8].

Для анализа деформаций и определения тензора напряжений использовались стандартные процедуры. Для интерпретации трещин без кинематических индикаторов применялся метод структурно-парагенетического анализа О. Б. Гинтова [6], для инверсии тектонических напряжений по хрупким трещинам со смещением использовалась программа TENSOR, разработанная Делво Д. и Шпернер Б. на основе метода правой дигетры и ротационной оптимизации [13]. Необходимость комплексирования структурно-парагенетического и кинематического методов обосновано в ранее опубликованных работах [1, 6].

В процессе исследований выполнялись массовые замеры трещиноватости. Массовые замеры трещиноватости и структурно-кинематических парагенезисов производились в основном в неогеновых (554 замера) и палеогеновых (232 замера) терригенно-карбонатных отложениях, т. к. здесь не были обнаружены сколы с бороздами или штрихами скольжения. Структурно-кинематические парагенезисы изучались также в вулканогенных отложениях средней юры (91 замер) и в мраморизованных известняках верхней юры (60 замеров). Линеаменты выделялись по космоснимкам и картам 3-D рельефа. Для сравнения использовалась и анализировалась карта линеаментов В. Г. Верховцева [3], по которой была построена роза-диаграмма их простираний.

В результате проведенных исследований установлено, что в неогене (преимущественно сарматские слоистые известняки) и палеогене (известняки, мергели инкерманского и качинского горизонтов) однозначно доминирует СЗ система субвертикальных трещин с азимутами простирания 300–320°. Анализ линеаментов показал, что СЗ простирание этих структур также преобладает в пределах неогеновых, палеогеновых и среднеюрских отложений (вулканиты карадагской свиты).

Тектонофизический анализ позволил выявить ряд интересных особенностей. Так по реконструкции поля напряжений установлено, что оси сжатия (σ_1) и растяжения (σ_3) ориентированы горизонтально, а плоскости трещин – субвертикально. Такое положение в пространстве осей указывает на сдвиговый режим деформирования. Установлено также, что ось сжатия занимает в пространстве как субмеридиональную, так и субширотную ориентировку. Эта особенность свидетельствует о реверсном характере процесса деформирования. При этом отмечается преобладание субмеридионального положения оси сжатия. В рисунке же линеаментов, выделенных по 3-D рельефу, зона СЗ простирания, проходящая вдоль береговой юго-западной линии полуострова, образует левый эшелон R-сколов и соответствует кинематике левого сдвига в поле горизонтального меридионального растяжения.

Вторая по распространенности система субвертикальных трещин имеет два преобладающих СВ направления – 20–30° и 40–50°. Она является сопряженной с СЗ системой и также сформирована в сдвиговых полях напряжений реверсного типа с субширотным и

субмеридиональным положением осей максимального сжатия. Линеаменты направления 60° образуют правый эшелон в районе Крымско-Кавказской зоны разломов.

Особый рисунок трещиноватости наблюдается в вулканитах средней юры мыса Фиолент в зоне Георгиевского разлома СВ простирания. Здесь доминирует СВ разрывы $30-40^\circ$ и $60-70^\circ$. При этом трещины $30-40^\circ$ преимущественно субвертикальные и являются сопряжёнными с субвертикальными же разрывами СЗ ориентировки, сформированными в сдвиговом поле меридионального растяжения и субширотного сжатия. В то же время нарушения простирания $60-70^\circ$ падают на юго-восток под углами $80-45^\circ$ и образуют структурные парагенезисы, указывающие на взбросовый характер деформации с горизонтальным положением оси сжатия (азимуту $160-170^\circ$) и субвертикальным положением оси растяжения.

Третья по встречаемости – субмеридиональная система нарушений. В трещиноватости она проявлена довольно слабо при преобладающих направлениях $350-0^\circ$ и $10-30^\circ$. Намного ярче и отчётливее она выражена в рельефе. Эта система контролирует многочисленные узкие бухты, глубоко врезаемые в северное побережье Гераклейского полуострова. Как правило, нарушения этой системы образуют правые эшелоны меридиональной ориентировки с R–сколами ориентировки $15-25^\circ$. Это свидетельствует о формировании её в поле СЗ растяжения и СВ сжатия.

Нужно отметить, что линеаменты ортогональной системы образуют, как правило, отрицательные формы рельефа и, будучи сформированы как сколы, могут работать как структуры растяжения в полях с горизонтальным субширотным и субмеридиональным положениями осей растяжения. Последние доминируют на данном участке.

Обнажения с кинематическими индикаторами движений компактно расположены в трёх местах. Первая группа включает четыре обнажения в вулканитах средней юры (91 замер) в Георгиевской зоне разломов. На вулканитах со стратиграфическим и угловым несогласием залегают сарматские известняки. В магматических образованиях часто встречаются сколы СЗ простирания, которые прослеживаются и в неогеновых известняках (рис. 1). По сколам отмечаются жилки цеолитов, что указывает на формирование этих сколов в период вулканической деятельности. Деформации же неогеновых отложений связаны с активизацией разрывных дислокаций СЗ простирания в постнеогеновый этап.

В магматических образованиях встречена зона брекчирования, насыщенная карбонатами и цеолитами (рис. 2). Мощность зоны от 20 до 80 см. Простирание зоны брекчирования северо-восточное (45°) с крутым падением на СЗ ($70-80^\circ$). Эта зона брекчирования смещает сколы СЗ простирания по типу левого сдвига. На зеркалах скольжения, ограничивающих зону, наблюдаются плохо выраженные штрихи, указывающие на сброс. Вероятно, дислокация закладывалась как сброс в юрское время в период вулканической деятельности. На это указывает признак высокой проницаемости зоны – насыщенность цемента брекчии цеолитами.

Магматические образования с северо-востока срезаются разрывом СЗ простирания, выраженным серией сколов с зеркалами скольжения. За сколами обнажается сильно дислоцированная толща туфогенных отложений, пронизанная многочисленными жилами цеолитов и карбоната и разбитая зеркалами скольжения разнообразной ориентировки. Среди дробленных и перетертых пород наблюдаются обломки размером более 1 м.

На участке в районе мыса Фиолент установлено четыре разновозрастных поля напряжений. Около 50% векторов соответствует сдвиговому полю с субмеридиональным положением оси сжатия $11^\circ/15^\circ$ (11 – азимут падения, 15 – угол падения) и субширотным положением оси растяжения $275^\circ/20^\circ$ (рис. 3а). Вторым по представительности является поле субмеридионального растяжения $10^\circ/9^\circ$ при горизонтальном положении оси сжатия $280/3$, где действующей осью является ось растяжения (рис. 3б). В среднеюрских вулканитах присутствуют взбросовые и надвиговые смещения, соответствующие полю ССЗ сжатия $350^\circ/10^\circ$ при субвертикальном положении оси растяжения (рис. 3в). Действующей является ось сжатия. Деформации в этом поле реализованы по сколам СВ ориентировки с падением на юго-восток $40-60^\circ$. Висячие крылья разрывов надвигались и взбрасывались с юго-востока на северо-запад. Такое поле не выявлено в отложениях верхнего структурного этажа. На этом основании его можно считать более древним, связанным с процессом деформирования нижнего структурного этажа.

На всех пунктах наблюдения зафиксированы подвижки в сбросовом поле напряжений при горизонтальном положении оси растяжения и вертикальном – оси сжатия. Ориентировка действующей оси растяжения изменяется и связана с ориентировкой свободной поверхности берегового обрыва.

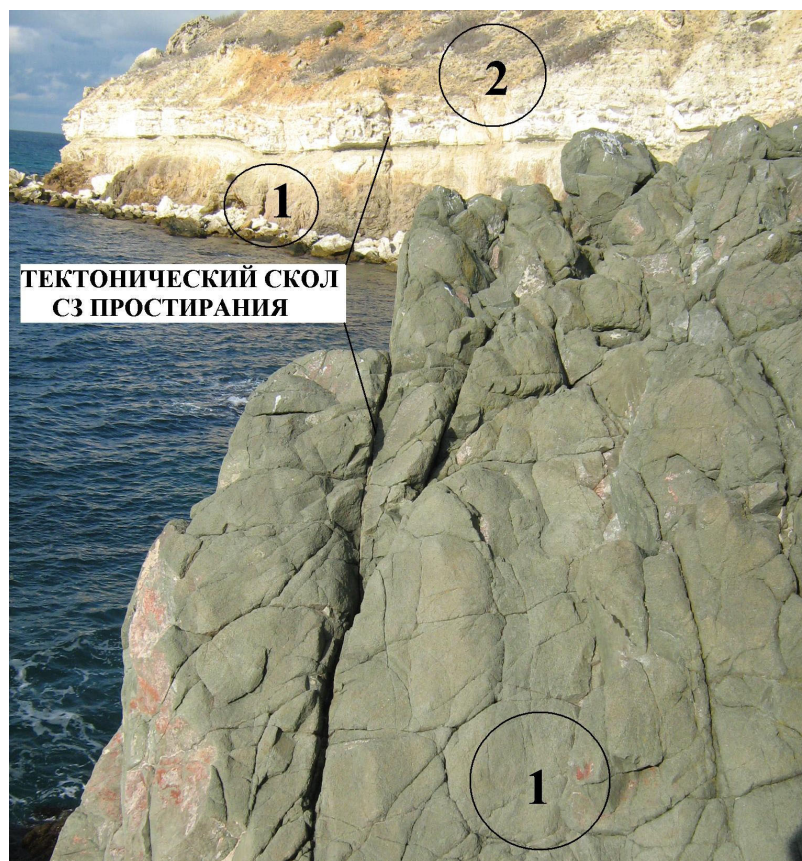


Рис. 1. Тектонический скл СЗ простирания, секущий вулканогенные образования средней юры (1) и осадочные неогеновые отложения (2)



Рис.2. Разрывное нарушение (1) в вулканитах средней юры (2), выраженное тектонической брекчией с карбонатными минералами и цеолитами в цементе брекчии

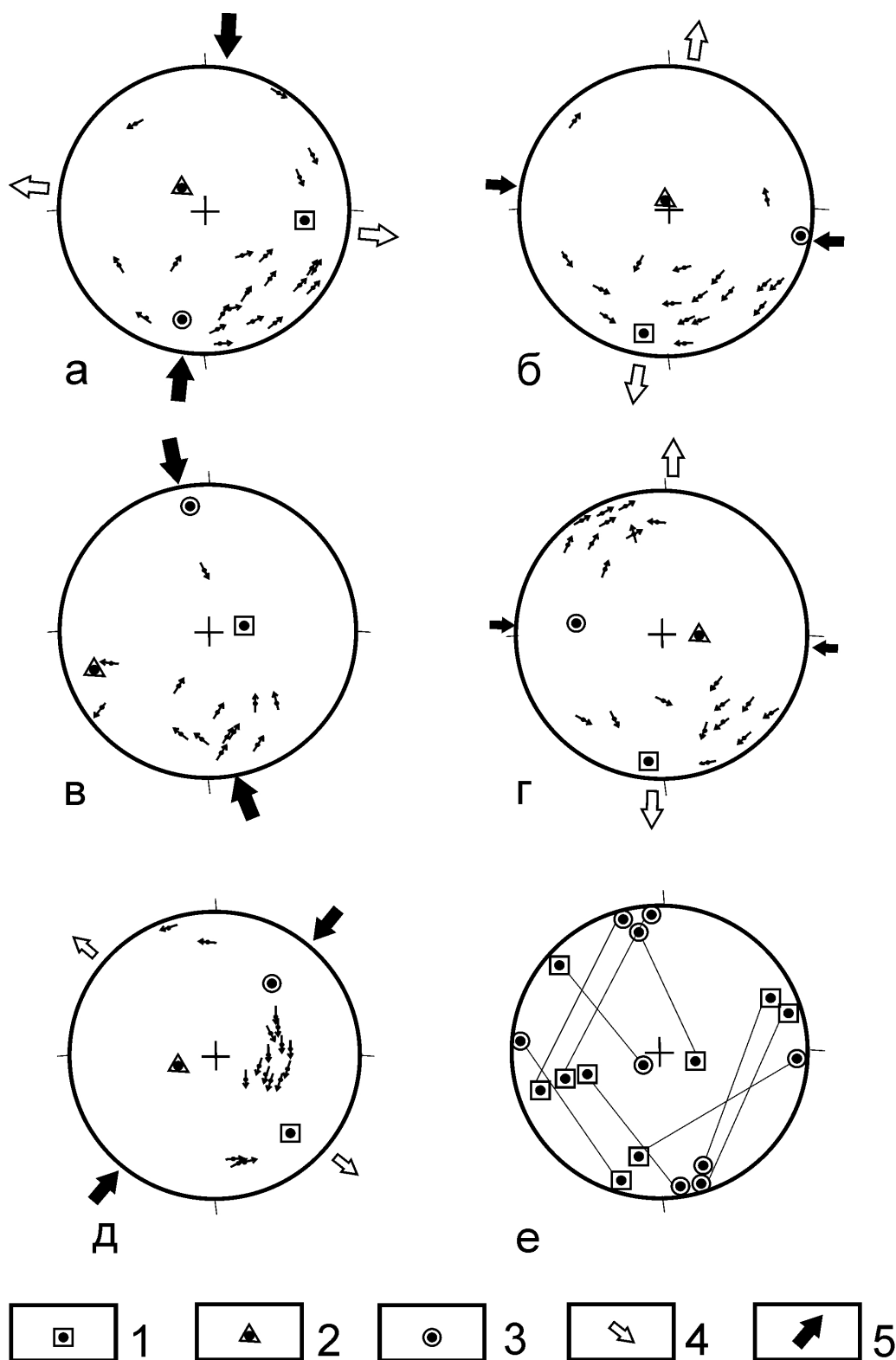


Рис. 3. Стереограммы векторов и осей главных нормальных напряжений для зеркал скольжения по отдельным группам обнажений горных пород (а – д) и структурных парагенезисов (е) в породах Гераклеийского полуострова

1 – ось растяжения; 2 – промежуточная ось; 3 – ось сжатия; 4 – 5 проекции осей на горизонтальную плоскость: 4 – ось растяжения 5 – ось сжатия

Вторая группа обнажений расположена на крайнем востоке изучаемого блока, в районе Мраморной балки, в восточном крыле Георгиевского разлома. Здесь обнажаются титон-нижеберриасские мраморизованные известняки, налегающие с угловым и стратиграфическим

несогласием на конгломераты оксфорда. Тектоническая ситуация на этом участке подробно описана Ю. М. Вольфманом [4]. Большинство (59%) перемещений представляет собой правые сдвиги субмеридионального простирания, сформированные в поле сдвигового типа при СВ ориентировке оси сжатия $218^{\circ}/25^{\circ}$ (рис. 3д). Это соответствует полю напряжений, определённого для субмеридиональной системы по эшелонированному рисунку линеаментов.

Третья группа обнажений расположена в верхнеюрских мраморовидных известняках Кадыковского карьера в зоне влияния Крымско-Кавказского разлома, где выделены крупные линеаменты СВ ориентировки. Большинство перемещений здесь происходило в поле субгоризонтального растяжения по крутопадающим разрывам СВ ориентировки. Кинематический тип перемещения – правый сдвиг (рис. 3г).

Таким образом, полученные результаты позволяют составить возрастную шкалу деформаций Гераклейского полуострова (табл. 1).

Табл. 1. Основные этапы и фазы деформаций во время становления и развития Гераклейского полуострова юго-западного Крыма.

№ п. п.	Этап	Фаза	Ориентировка в пространстве осей напряжений		Характер сил	Деформационный режим	Возраст
			σ_1	σ_3			
1	I	1	вертикальная	$315^{\circ}/0^{\circ}$	растяжение	сброс	J_2
2	I	2	$280^{\circ}/80^{\circ}$	$350^{\circ}/10^{\circ}$	растяжение	транстенсия (правый сдвиг)	J_2
3	I	3	$350^{\circ}/10^{\circ}$	$280^{\circ}/80^{\circ}$	сжатие	транспрессия (левый сдвиг)	J_2
4	II	4	160° – $170^{\circ}/0^{\circ}$	вертикальная	сжатие	взброс	K_1
5	III	5	$218^{\circ}/25^{\circ}$	$315^{\circ}/1^{\circ}$	растяжение	транстенсия (правый сдвиг)	K_2 -P
6	III	6	$11^{\circ}/15^{\circ}$	$275^{\circ}/20^{\circ}$	сжатие	транспрессия (левый сдвиг)	N_1 -Q
7	IV	7	$280^{\circ}/3^{\circ}$	$10^{\circ}/9^{\circ}$	растяжение	транстенсия (правый сдвиг)	N_1 -Q
8	III	8	субширотная	субмеридиональная	растяжение	транстенсия (правый сдвиг)	N_1 -Q
9	V	9	300° – $320^{\circ}/0^{\circ}$	20° – $30^{\circ}/0^{\circ}$	растяжение	транстенсия (правый сдвиг)	Q
10	VI	10	вертикальная	от СЗ до СВ	растяжение	сброс	Современный

Примечания: 1) направление сдвига во всех фазах (кроме фазы 5) указано по отношению к Георгиевской зоне разломов СВ простирания; 2) для фазы 5 направление сдвига рассматривается по отношению к субмеридиональным разрывам; 3) $280^{\circ}/3^{\circ}$ – элементы залегания: 280° – азимут падения, 3° – угол падения.

В соответствии с современными представлениями о тектонике Черноморского региона и палинспастическими реконструкциями [8], Крымский полуостров в позднеальпийский этап находится в поле напряжений сжатия под влиянием надвигающихся с юга Западно-Черноморской и Восточно-Черноморских плит. Тектонофизические же исследования указывают, что от неогена до современности на Гераклейском полуострове кроме напряжений субмеридионального сжатия широко распространены напряжения субмеридионального растяжения. Разрешение этого вопроса видится таким образом, что на глубине в зоне конвергенции плит существуют силы сжатия, которые, вероятно, действуют импульсивно. По результатам наших исследований следует, что на поверхности, доступной изучению, возникают силы растяжения, вызванные подъемом и

«расползанием» Крымского поднятия. Такие циклы сжатия – растяжения постоянно чередуются во времени и пространстве.

Библиографический список

1. Беличенко, П. В. Соотношение процессов разрушения и подвижек по ранее сформированным разрывам и обратная задача тектонофизики / П. В. Беличенко, А. В. Муровская // ДАН УССР. Сер. Б. – 1990. – № 9. – С. 3–5.
2. Борисенко, Л. С. Геодинамика Крымско-Черноморского региона как следствие многоуровневого тектогенеза / Л. С. Борисенко, Л. Г. Плахотный // Геодинамика Крымско-Черноморского региона: Сб. материалов конф. – Симферополь, 1997. – С. 54–64.
3. Верховцев, В. Г. Новейшие платформенные геоструктуры Украины и динамика их развития: дис. на соискание учёной степени доктора геологических наук: 04.00.0: защищена 18.04.08 / Верховцев Валентин Геннадиевич. – Киев, 2008. – 373 с.
4. Вольфман, Ю. М. О роли структурно-кинематической идентификации тектонических разрывных нарушений в формировании представлений о структуре и геодинамике Крымского региона / Ю. М. Вольфман, О. Б. Гинтов, А. М. Останин и др. // Геофиз. журнал. – 2008. – Т. 30, №1 – С. 49–61.
5. Геологическая карта Горного Крыма масштаба 1:200 000 А. М. / С. В. Пивоваров; под редакцией Деренюка Н. Е. – Симферополь. – 1984.
6. Гинтов О. Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины / О. Б. Гинтов. – К.: Феникс, 2005. – 572 с.
7. Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Кримська серія. Група аркушів L-36-XXVIII (Сєваторія), L-36-XXXIV (Сєвастополь). – Киев. – 2005.
8. Казьмин, В. Г. Позднемезозойские – эоценовые окраинные моря в Черноморско-Каспийском регионе: палеотектонические реконструкции / В. Г. Казьмин, И. Ф. Тихонова // Геотектоника. – 2006. – № 3. – С. 9–22.
9. Казанцев, Ю. В. Тектоника Крыма / Ю. В. Казанцев. – М.: Наука, 1982. – 112 с.
10. Попадюк, И. В. Крымский ороген: покровная интерпретация / И. В. Попадюк, С. Е. Смирнов // Геодинамика Крымско-Черноморского региона: Сб. материалов конф. – Симферополь, 1997. – С. 27–30.
11. Сим, Л. А. Влияние новейшего тектогенеза на новейшее напряжённое состояние платформ Восточной Европы / Л. А. Сим // М. В. Гзовский и развитие тектонофизики. – М.: Наука, 2000. – С. 326–348.
12. Юдин, В. В. Гераклеяская антиклиналь юго-западного Крыма / В. В. Юдин // Геодинамика и нефтегазоносные структуры Черноморско-Каспийского региона. – Симферополь, 2002. – С. 212–213.
13. Delvaux, D. New aspects of tectonic stress inversion with reference to the TeNSOR program / D. Delvaux, B. Sperner // Geological Society, London, Special Publications. – 2003. – 212. – P. 75–100.

© Муровская А. В., Щербаков Р. Н., 2011.

Анотація

Проведений аналіз альтернативних моделей тектонічного розвитку Горного Криму. Досліджена історія і геологічні умови формування Гераклеїського півострову Горного Криму. Вивчені системи тріщин, розривних порушень і лінеamentів, їх структурно-кінематичні парагенезиси в породах різного віку. Виконані реконструкції полів різновікових напружень і деформацій, встановлені їх параметри. Вивчені форми прояву розривних дислокацій та їх кінематичні особливості. Досліджена послідовність формування деформацій в районі, механізм зміни циклів стиснення та розтягання.

Ключові слова: гераклеїський блок, Крим, тріщини, лінеamenti, деформації, напруження, реконструкція, вікова шкала, тектоніка.

Abstract

The analysis of alternative models of tectonic development of Mountain Crimea is conducted. History and geological conditions of forming of Gerakleyskogo of peninsula of Mountain Crimea is investigational. The systems of cracks, break violations and lineaments and their structural parageneses in the rocks of different age are studied. The reconstructions of the fields of tensions and deformations of different age are executed, their parameters are set. The forms of display of rupture dislocations and their kinematics features are studied. The sequence of forming of deformations is investigational in a district, mechanism of alternation of cycles of compression and tension are set.

Keywords: gerakleyskiy block, Crimea, cracks, lineaments, deformations, tensions, reconstruction, age-dependent scale, tectonics.

УДК 622.026.3:622.235:622.268.1

Використання статично-динамічного навантаження масиву при будівництві спряжень гірничих виробок

Шкуматов О. М.

Донецький національний технічний університет, Донецьк, Україна

Надійшла до редакції 06.09.10, прийнята до друку 29.10.10.

Анотація

Запропоновано при будівництві гірничих виробок використовувати невибухову та вибухову руйнування масиву. Описані результати лабораторних випробувань розробленої технології на цементно – піскових моделях з використанням невибухової розширювальної речовини НРР-80. Наведені результати апробації запропонованих рішень.

Ключові слова: руйнування масиву, технологія.

1. Постановка проблеми

При будівництві гірничих виробок у місці їхнього спряження проліт збільшується більш ніж у два рази [1]. Тому особливої актуальності набуває питання збереження законтурного масиву, що згодом вплине на тривалість безремонтної підтримки цього вузла [2]. Навіть при застосуванні контурного підривання не вдається уникнути розповсюдження тріщин від вибухових робіт вглиб масиву.

Ефективно вирішити це завдання дозволяє застосування невибухових розширювальних речовин (НРР), які забезпечують відкол породи строго у бік відкритої поверхні [3]. Законтурний масив при цьому зберігає тільки свою природну тріщинуватість, його руйнування не супроводжується будь-якими коливаннями та викидом твердих чи газоподібних продуктів.

Але використання НРР передбачає наявність у об'єкті, який піддається руйнації, не менш двох відкритих поверхонь. Цій вимозі відповідає прохідницький вибій криволінійно-уступної форми [4].

2. Огляд сучасних досліджень і публікацій щодо даної проблеми

Аналіз публікацій свідчить про те, що невибухові розширювальні речовини можуть знайти застосування при оконтурюванні перетинів гірничих виробок [5]. У роботах [3, 6] було встановлено, що тільки статичне навантаження, яке створюється невибуховими розширювальними речовинами, не гарантує руйнування масиву в одній площині. При застосуванні для створення динамічного навантаження порошу спостерігалось мінімальне відхилення лінії руйнування від найкоротшої відстані між шпурами. Динамічне навантаження слід застосовувати при досягненні статичним 60-90% від межі міцності масиву на розтяг. Якщо динамічне навантаження генерувалося раніше зазначеного моменту, то руйнування по лінії шпурів не спостерігалось.

3. Формулювання мети дослідження

Метою роботи є скорочення тривалості будівництва спряжень гірничих виробок шляхом використання для руйнування масиву комбінованої (невибухової та вибухової) технології з раціональними параметрами.

4. Дослідження процесу руйнування масиву невибуховою розширювальною речовиною НРР-80

Експерименти проводилися на цементно-піщаному блоці міцністю 25 МПа розміром 400x400x250 мм з центральним отвором квадратної форми. Для виконання досліджень в ньому були пробурені 6 шпурів Ø20. Довжина кожного шпуру - 225 мм, тобто недобур склав 25 мм (10% висоти блоку). Відстані між сусідніми шпурами та від кожного шпуру до відкритої поверхні дорівнювали 100 мм. Для дослідження залежності тривалості руйнування моделі від коефіцієнтів заповнення шпурів ($k_{зан}$) у них заливали різну кількість НРР-80 (рис.1а).

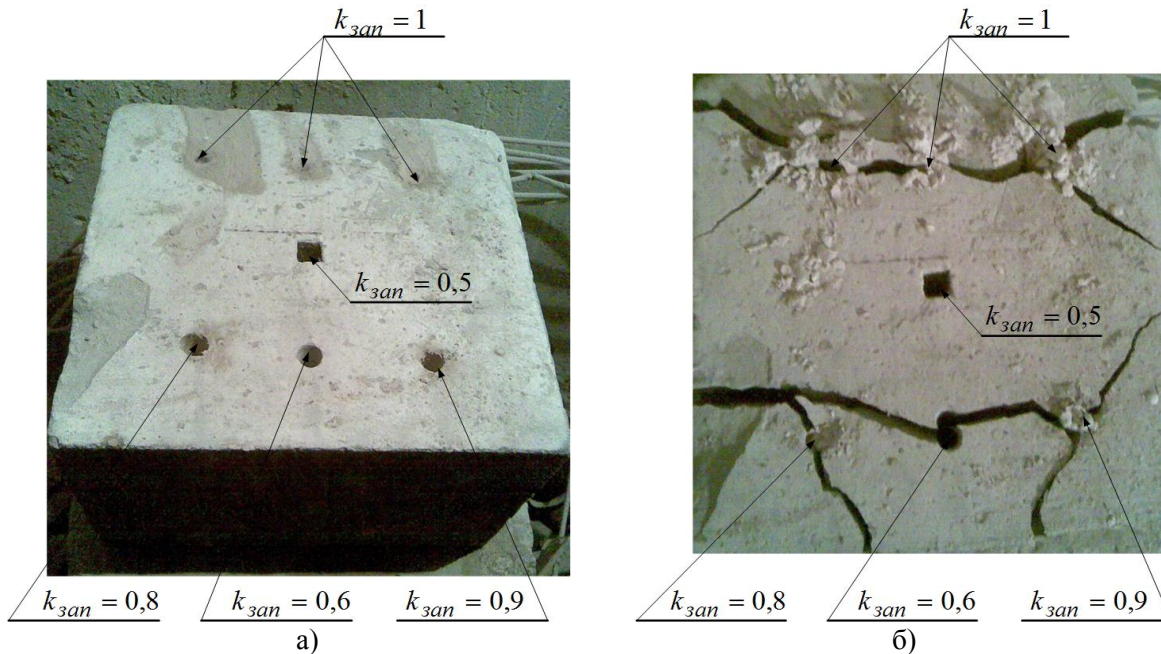


Рис. 1. Вигляд блоку: а) з різним заповненням шпурів невибуховою розширювальною речовиною; б) після руйнування

Визначення $k_{зан}$, який характеризує довжину та масу невибухової розширювальної речовини, що заливається у шпур, виконується згідно з виразом

$$k_{зан} = \frac{l_{НРР}}{l_{ш}},$$

де $l_{НРР}$ - висота стовпа НРР-80 у шпурі, м; $l_{ш}$ - довжина шпуру, м.

Вигляд блоку після руйнування наведений на рис.1б. Для шпурів верхнього ряду ($k_{зан}=1$) відкол стався по лінії, що з'єднує гирла шпурів. Від крайніх шпурів у бік відкритої поверхні відійшло по 2 тріщини. При менших значеннях $k_{зан}$ (лівий і центральний шпури нижнього ряду) лінія відколу проходила по найбільш ослабленій частині масиву, а не скрізь шпури. Отже, відкол був менш керованим. При значенні коефіцієнта заповнення шпуру, який дорівнює 0,5 (у центрі блоку), руйнування не відбулося. Таким чином, для гарантованого руйнування масиву висота стовпа НРР-80 повинна бути не меншою 60% довжини шпуру.

Крім цього, експерименти показали, що спрацювання НРР-80 у шпурах відбулося у різний час. Різниця при цьому досягала майже однієї години. Максимальний термін руйнування перевищив 22 години.

5. Дослідження процесу руйнування масиву за допомогою комбінованої технології

Для скорочення тривалості руйнування масиву й досягнення одночасності спрацювання шпурів, заповнених НРР-80, доцільно застосовувати комбінацію статичного (створюваного НРР-80) та динамічного (створюваного вибуховою речовиною) навантажень [6].

З огляду на механізм роботи НРР-80, через кожну годину за допомогою молотка Шмідта вимірювалися напруги в блоці. Місця вимірів - на контурі шпуру (в 4-х місцях) та на відстанях 25 мм і 50 мм від контуру (табл.1).

Табл.1. Змінення міцності цементно - піскової моделі на різних відстанях від шпурів, які заповнені НРР-80

Час виміру після заливки НРР-80, годин	Змінення міцності, ΔP , МПа		
	на контурі шпуру	на відстані 25 мм від контуру шпуру	на відстані 50 мм від контуру шпуру
3	0	0	0
4	1	0	0
5	2	1	0
6	3	2	1
7	3	3	2
8	1	3	3

На контурах шпурів міцність моделі збільшувалася впродовж 6-х годин й підвищилася на 3 МПа ($\Delta P=3,0$). Потім, після появи тріщини, результати вимірів виявилися меншими початкових. Це пояснюється тим, що в місці утворення тріщини масив розвантажився, тобто напруги в ньому зменшилися. Аналогічна картина, але із затримкою у часі на 1 й 2 години, відповідно, спостерігалася при вимірах на відстанях 25 мм і 50 мм від контурів шпурів. Результати експериментів графічно відображені на рис.2.

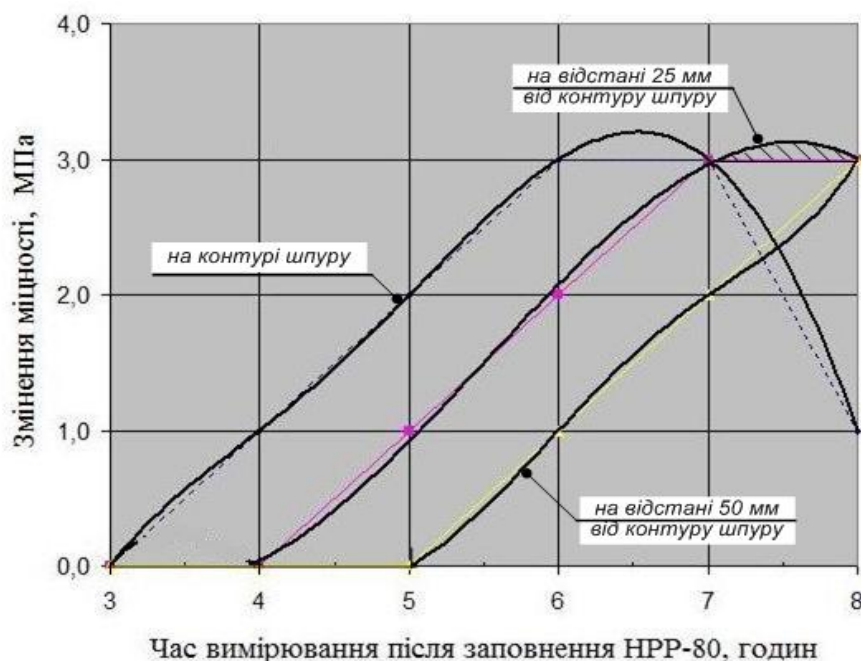


Рис.2. Змінення міцності цементно – піскової моделі на різних відстанях від контурів шпурів, які заповнені НРР-80

Аналіз отриманих залежностей свідчить про те, що при спрацюванні НРР-80 хвиля напруги навкруги шпуру розповсюджувалася вглиб масиву до зустрічі з хвилею напруги, яка генерувалася сусіднім шпуром. Робочий діапазон часу, зазначений на рис.2, впродовж якого доцільно застосовувати динамічне навантаження, складає 7-8 годин від початку експерименту. При цьому більша тривалість навантаження відповідає більшому обсягу масиву, який руйнується.

Для створення динамічного навантаження та одночасності спрацювання шпури на 60% їхньої довжини заливали невибуховою розширювальною речовиною. Після цього в них розміщували відрізки детонуючого шнуру ДШЕ-12. При досягненні ΔP значення 3 МПа ДШ підривали за допомогою електродетонаторів ЕДКЗ-0П. Це майже втричі (з 22-х годин до 7-х) скоротило процес руйнування.

6. Апробація

Запропонована комбінована технологія руйнування масиву використана при складанні проекту виконання робіт на будівництво спряження магістрального відкаточного штреку пл. k_8 гор. -570 м з водозбірником на ш. «Україна» ДП «Селідіввугілля» [7]. При розробці паспорту БВР передбачено для утворення третьої відкритої поверхні в уступній частині прохідницького вибою підривати шпури № 1 і № 2, які заряджені вибуховою речовиною угленіт-13П (рис.3).

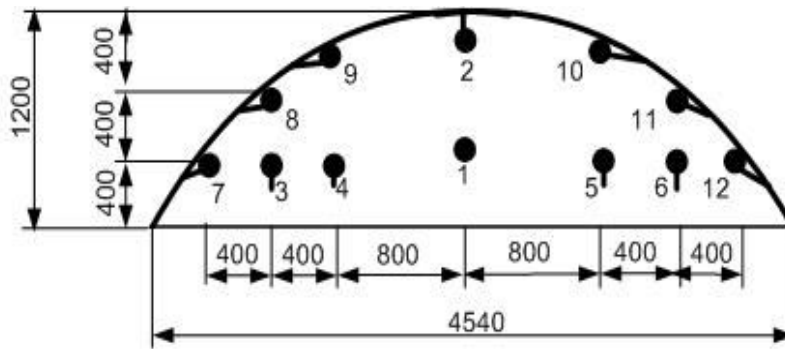


Рис.3. Схема розміщення шпурів в уступній частині вибою

Шпури № 3 - № 12 на 60% їхньої довжини залиті НРР-80. Для їхньої фіксації та збереження вільної частини шпуру застосовують замикаючий пристрій [8]. Він являє собою 4-х променеву шайбу, виготовлену з кольорового металу. Діаметр шайби на 3-4 мм більший за діаметр шпуру. Її торці, впираючись у стінки шпуру, утворюють шатерообразну поверхню. При цьому вчинюється сильний опір виштовхуючій дії, яку створює НРР-80. Дані щодо шпурів та набоїв в уступній частині вибою наведені в табл.2.

Табл.2. Відомості щодо шпурів та набоїв в уступній частині вибою

Номера шпурів	Глибин а шпурів, м	Кут нахилу, град.		Величина набою, кг		Довжин а набійки , м	Тип електроде- тонатору	Інтервал уповіль- нення, мс
		до верт. площин и	до гориз. площин и	шпуру	групи шпурів			
1,2	1,8	90	85	1,0	2,0	0,90	ЕДКЗ-0П	0
3-6	1,7	85	85	Заповнюють на 1,02 м НРР-80				в першу чергу
				0,2	0,8	0,50	ЕДКЗ-3ПМ	45
7-12	1,7	85	85	Заповнюють на 1,02 м НРР-80				через 1 годину
				0,2	1,2	0,50	ЕДКЗ-5ПМ	80
					Σ 4,00 кг - угленіт-13П			

Для створення динамічної навантаження в шпурах слід розміщувати по одному патрону угленіту-13П. Заряджання шпурів й підривання набоїв необхідно проводити через 7-8 годин після заливки НРР-80.

Застосування при будівництві спряження запропонованого технологічного рішення забезпечить компактне укладання основного обсягу породи на відстані 5-6 м від прохідницького вибою. Це дозволить скоротити тривалість процесу навантаження гірської маси на 50-70% у порівнянні із технологією, яка застосовується на підприємстві.

7. Висновки та напрямки подальших досліджень

Для поліпшення техніко-економічних показників будівництва спряжень гірничих виробок доцільно прохідницькому вибою надавати криволінійно-уступну форму. Уступну частину доцільно руйнувати за допомогою комбінованої (невибухової та вибухової) технології, яка

скорочує тривалість руйнування масиву з 22-х до 7-х годин. При цьому також зберігається законтурний масив, знижується сейсмоефект, скорочується виділення отруйних газів, що істотно підвищує безпеку робіт.

Напрямок подальших досліджень є підбір компонентів комбінованої технології з метою подальшого скорочення тривалості руйнування масиву та зниження вартості прохідницьких робіт.

Бібліографічний список:

1. Шкуматов А.Н. Совершенствование технологии буровзрывных работ при строительстве сопряжений горных выработок на шахтах Украины / А.Н. Шкуматов, С.Н. Кендюх // Взрывное дело: Научно-техн. сб. - М.: ЗАО «МВК по взрывному делу при АГН», 2009. - №102/59. - С. 113-120.
2. Данилкин М.С. О влиянии горно-геологических и горно-технических факторов на смещения боковых пород сопряжений горных выработок / М.С. Данилкин, В.И. Кочергин // Перспективы развития восточного Донбасса: Сб. научн.тр. - Новочеркасск: Шахтинский институт (филиал) ЮРГТУ (НПИ), 2007. - Ч. 1.- С. 270–273.
3. Найданов К.Ц.-Д. Безопасная технология отбойки камнесамоцветного сырья с использованием порошковых невзрывчатых разрушающих средств (НРС) // Приложение к журналу «Вестник ЧитГУ». - Чита: ЧитГУ, 2006. - №1. - С. 162-168.
4. А. с. 1528075 СССР Е21 В 9/00. Способ проходки горных выработок / А.Г. Гудзь, А.Н. Шкуматов и др. (СССР) – Заявл. 21.12.1987; Зарегистр. в Гос. реестре изобр. 8.09.1989.
5. Шевцов М.Р. Стан технології й обґрунтування умов руйнування суцільного середовища гірських порід та будівельних конструкцій / М.Р. Шевцов, С.О. Калякін, І.В. Купенко, О.М. Шкуматов, О.І. Рубльова // Проблеми гірського тиску: Зб. наук. пр. - Донецьк: ДонНТУ, 2009. – Вип.17. – С.226-249.
6. Кравець В.Г. Комбінований метод утворення монотріщини при відділенні монолітів / В.Г. Кравець, В.В. Калюжна, О.П. Толкач, О.В. Шепітчак // Новые технологии подземного строительства и добычи полезных ископаемых: Мат. междунар. научн.-техн. конф. - Алчевск: ДонГТУ, 2008. - С. 147–151.
7. Шкуматов А.Н. Инструкция по совершенствованию технологии строительства сопряжений горных выработок на ш. «Украина» ГП «Селидовуголь». / А.Н. Шкуматов, В.А. Галоян. - Селидово: Селидовуголь, 2009. - 44 с.
8. А. с. 1577457 СССР Е21 В 9/00. Шпуровой заряд / А.Г. Гудзь и др. (СССР) – заявл. 02.01.1989; зарегистр. в Гос. реестре изобр. 08.03.1990.

© Шкуматов О. М., 2011.

Аннотация

Предложено при строительстве сопряжений горных выработок применять невзрывное и взрывное разрушение массива. Описаны результаты лабораторных исследований разработанной технологии на цементно-песчаных моделях с применением невзрывчатого расширяющегося вещества НРВ-80. Приведены результаты апробации предложенных решений.

Ключевые слова: разрушение массива, технология.

Abstract

An application of the explosive and non-explosive rockmass destruction for the construction of the mine excavations' connection is proposed. The results of the laboratory researches of the developed technology on cement – sand models with the use of non-explosive substance are described. Industrial approbations on the mines are resulted

Keywords: rockmass destruction, technology.

Изменение потенциальной выбросоопасности угольных пластов при увеличении глубины разработки

Николин В. И.¹, Худолей О. Г.¹, Капустин А. А.²

¹ Донецкий национальный технический университет (ДонНТУ), Донецк, Украина

² Шахта «Щегловская – Глубокая» ШУ «Донбасс», Донецк, Украина

Поступила в редакцию 06.09.10, принята к печати 29.10.10.

Аннотация

В статье рассматриваются некоторые аспекты добычи угля на больших глубинах. Приводится подтверждение гипотезы об уменьшении интенсификации проявлений выбросов угля и газа при увеличении глубины ведения горных работ.

Ключевые слова: уголь, выброс, большая глубина.

Добыча угля как производственный процесс во все времена сопровождалась целым рядом факторов влияющих на безопасность ведения горных работ. В середине XIX столетия были зафиксированы и крупные выбросы угля и газа. Впервые они были отмечены на шахтах Франции и Бельгии. Позже, к концу XIX века, внезапные выбросы угля и газа были зарегистрированы в Германии, Англии, Венгрии, Канаде [1].

С началом активной добычи угля в Донбассе начали проявляться газодинамические явления (ГДЯ). Первые описанные случаи ГДЯ в Донбассе относятся к началу XX столетия (шахта «Новая Смолянка», г.Юзовка, 09.09.1906). В 1953 году был введен порядок официального расследования и регистрации всех ГДЯ происходящих в шахтах бывшего СССР.

По мере развития и интенсификации горных работ, по мере перехода их на более глубокие горизонты, возрастало число внезапных выбросов угля и газа. Этот факт неоднократно констатировался в горнотехнической литературе.

До середины 60-х годов прошлого столетия вопрос об изучении изменения потенциальной выбросоопасности угольных пластов при увеличении глубины разработки считался не столь актуальным, и поэтому не привлекал пристального внимания широкого круга ученых. На сегодняшний день горные работы в Донбассе ведутся уже на глубинах порядка 1100 - 1400 м, и объективной реальностью является то, что происходит ухудшение условий отработки пластов и с позиции безопасности ведения горных работ. На фоне реальных трудностей отработки угольных пластов на больших глубинах существует субъективное мнение о целесообразности добычи угля в таких условиях. Базируется этот подход и на том предположении, что увеличение глубины разработки обязательно приведет к увеличению числа ГДЯ. Однако современная горная наука не имеет общепризнанного и однозначного решения данного вопроса.

Целью работы является изучение изменения потенциальной выбросоопасности угольных пластов при увеличении глубины разработки. Вопрос о влиянии глубины разработки на потенциальную выбросоопасность рассматривался в работах как отечественных, так и иностранных ученых. Проблема эта анализировалась и изучалась с различных позиций, для решения различных задач, разными подходами и методами, поэтому и результаты этих работ не имеют однозначных выводов.

Большая группа работ, содержащих анализ статистического материала о проявлениях ГДЯ на различных глубинах, обосновывает непосредственную зависимости потенциальной выбросоопасности от глубины разработки. В отечественной науке оценка влияния глубины разработки на проявление потенциальной выбросоопасности была предпринята

проф. Л. Н. Быковым [2]. Данная оценка производилась на основании опыта отработки шахтопластов Центрального района Донбасса. В работе были проанализированы сведения о ГДЯ по трем шахтам, происшедшие не менее чем на двух горизонтах, и был сделан вывод о том, что увеличение глубины ведения горных работ приводит к интенсификации ГДЯ [2].

На примере работы шахт Центрального Донбасса И.М.Яровой приходит к выводу, что выбросоопасность увеличивается по мере увеличения глубины ведения работ [3]. Этот вывод был сделан в конце сороковых годов прошлого века. В работе было отмечено, что число шахт на которых происходили внезапные выбросы угля и газа возрастало лишь при увеличении глубины ведения горных работ с 205 до 555 м, а увеличение глубины ведения горных работ до 640 м не привело к увеличению таких шахт.

В 50-е годы вопрос о влиянии глубины разработки на проявления потенциальной выбросоопасности был рассмотрен Я.Э.Некрасовским, который пришел к выводу о том, что переход очистных работ на более глубокие горизонты увеличивает количество шахтопластов, подверженных внезапным выбросам угля и газа, и к интенсификации ГДЯ [4].

Анализ влияния увеличения глубины разработки на частоту и интенсивность внезапных выбросов, происшедших на шахтах семи трестов комбината Донецкуголь за 15 лет на глубинах 250 – 1000 м, был проведен М.А.Моисеевым и А.П.Буренко [13]. К однозначным выводам проведенный анализ опять таки не приводит. График, приведенный в работе [5] свидетельствует о более или менее стабильном ее росте до глубины примерно 750 м, резком снижении на глубинах 750 – 920 м и последующем росте на глубине 1000 м.

По данным ведения горных работ на самой глубокой шахте Центрального района Донбасса «Кочегарка» ПО Артемуголь, И.Г.Балюк делает вывод о росте выбросоопасности шахтопластов с увеличением глубины разработки, но из приведенных в статье данных этого не следует [14]. Подтверждается это следующими фактами, приведенными в [6]. При работе на горизонте 470 – 555 м произошло 7 выбросов угля и газа; на гор.555 – 640 м 28 выбросов; гор.640 – 750 м 10 выбросов; гор.750 – 860 м 5 выбросов угля и газа.

Изучение вопроса о влиянии глубины разработки на потенциальную выбросоопасность не ограничивалось лишь условиями Донбасса. Так на примере работы шахт Воркутинского месторождения А.А.Борисенко делает вывод о возрастании средней интенсивности выбросов при увеличении глубины разработки с 300 – 400 м до 500 – 600 м в 16 раз, а увеличение числа выбросов отнесенное к 1000 м проходки – в 21 раз [7].

В это же время к данному вопросу было привлечено внимание иностранных горных специалистов. Анализ фактических данных о проявлении выбросоопасности на шахтах «Печбаня» и «Сабольч», проведенный венгерскими учеными, привел к выводу о том, что частота выбросов с увеличением глубины разработки возрастает, а затем при достижении некоторой глубины уменьшается [8]. В работе немецких ученых [9] анализируются выбросы угля и газа на шахтах земли Северная Рейн – Вестфалия, и делается заключение о росте их числа с увеличением глубины разработки.

Авторы статьи [10] анализируя данные о выбросах угля и газа в Донбассе с учетом количества разрабатываемых пластов во времени и по глубине их залегания, делают вывод о том, что нет оснований предполагать снижение выбросоопасности на глубинах 1000 – 1200 м.

Наряду с данным положением еще в начале семидесятых годов впервые была высказана идея уменьшения силы и частоты внезапных выбросов угля и газа на больших глубинах [11,12], достоверность которой доказывалась данными опыта разработки выбросоопасных шахтопластов Центрального района Донбасса.

В 1973 году был проведен анализ обширного статистического материала по выбросам угля и газа в Донбассе за 60 лет, который позволил установить Вереме В.С. и Юрченко Б.А. [13] общее уменьшение количества выбросов угля и газа начиная с глубины 750 м.

Возвращаясь к опыту разработки Воркутинского месторождения нельзя не отметить работу В.Р.Бартоша, в которой отмечается, что, начиная с 1963 г. частота внезапных выбросов и их сила, на шахтах данного месторождения, резко снижается, несмотря на увеличение глубины разработки и числа выбросоопасных шахтопластов [14].

Выполненный за период с 1953 по 1985 гг. анализ изменения по мере увеличения глубины ведения горных работ числа выбросоопасных шахтопластов [15,16]; количества забоев в которых применялись специальные способы предотвращения ГДЯ, и количества выбросов показал, что

общее количество выбросов и забоев в которых применялись способы предотвращения выбросов, начиная с 1970 – 1971 гг. уменьшалось.

Анализ применения объемов и структуры применявшихся противовыбросных мероприятий в различные периоды времени [17], но уже с учетом данных за 1986 – 1992 гг. позволил констатировать снижение как общего числа забоев, в которых они применялись, так и объемов применения специальных способов предотвращения выбросов при росте объемов применения мероприятий, повышающих безопасность ведения горных работ.

Исследования, выполненные в середине восьмидесятых годов [16], позволили сделать принципиальный вывод о том, что на глубинах разработки более 800 м на шахтах Донбасса выбросоопасность не интенсифицируется, а перераспределяется между шахтопластами, представленными различной степенью метаморфизма.

Невозможно провести и подвергнуть тщательному анализу все работы, посвященные данному вопросу, но, проведя их краткий обзор, становится понятным основные направления его решения.

Следует отметить, что выдвинутая гипотеза об уменьшения силы и частоты внезапных выбросов угля и газа на больших глубинах [11,12], рассматривала изменение выбросоопасности только призабойной части пласта, и для своего обоснования включала анализ статистического материала, а также аналитические и экспериментальные исследования.

Так как в обосновании гипотезы использовались статистические данные о произошедших внезапных выбросах за период с 1953 по 1986 гг., то в 2009 году сотрудниками ДонНТУ были проведены дополнительные исследования по некоторым аспектам отмеченной гипотезы. При проведении исследований было рассмотрено 2245 случаев внезапных выбросов за период с 1953 по 2006 гг., исключая ГДЯ при сотрясательном взрывании [18].

Одним из результатов проведенного анализа является статистическая зависимость представленная на рис.1.

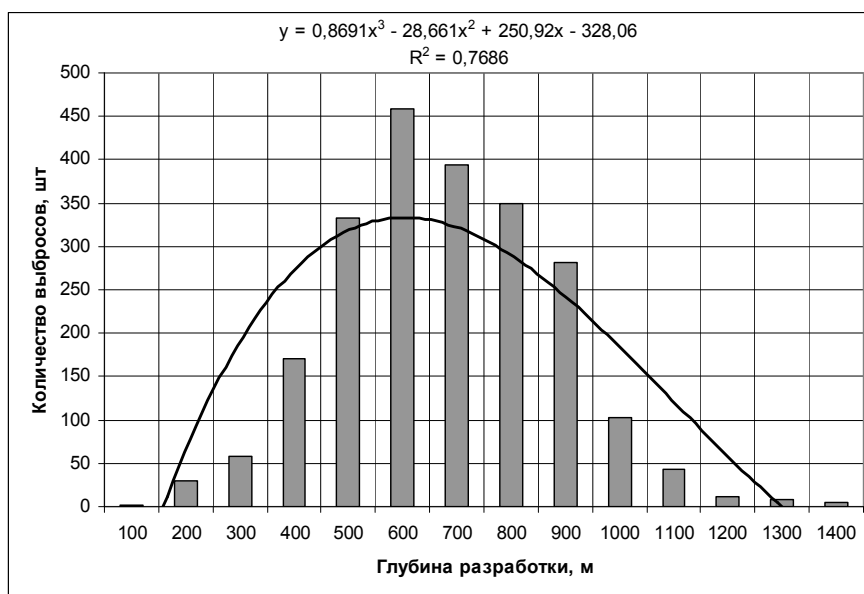


Рис. 1. Изменение количества внезапных выбросов в зависимости от глубины ведения горных работ

Изучая сущность вопроса, выдвигая и обосновывая основные гипотезы необходимо было бы обратить более пристальное внимание на то, что изучение изменения выбросоопасности целесообразно проводить в согласовании с основным производственным процессом при добыче угля – выемки угля, т.е. основное внимание обратить на призабойную часть угольного пласта. Формирование условий потенциальной выбросоопасности и ее основные факторы безусловно интересны и полезны с научной точки зрения, но с практической точки зрения, с позиции безопасности ведения очистных работ, наиболее актуальными являются процессы приводящие к проявлению выбросоопасности именно в зоне работы людей и механизмов.

С этой позиции наиболее объективным является изучение выбросоопасности призабойной части выбросоопасного угольного пласта под воздействием горного давления и свойств водо – газоносного угольного пласта.

В свое время была высказана гипотеза [19], что по мере увеличения глубины залегания углей одинаковой степени метаморфизма содержание метана и его гомологов будет изменяться идентично степени выбросоопасности: рост – достижение максимума – уменьшение. Достижению максимума газоносности соответствует полное заполнение порового объема пласта водо – метано – оксидно – диоксидной смесью. Создается положение, в котором абсолютное прекращение физико-химических превращений органических веществ противостоит, а увеличение метаносности невозможно [19]. На основании анализа современных исследований можно утверждать, что существуют такие минимальные значения природной метаносности угольных пластов, по достижению которых выбросы угля и газа невозможны даже на глубинах 1000 м и более.

Относительно проявлений горного давления в призабойной части, а точнее сказать о геомеханических процессах в ней, то данный вопрос еще требует дополнительного анализа и исследований.

Если раньше большинство ученых считали, что высокие значения показателей, характеризующих один из трех факторов определяющих выбросоопасность, могут вполне компенсировать низкие значения показателей, характеризующих два других фактора. Из этого мнения следовало, что на глубинах более 500 – 600 м фактор горного давления становится настолько важным, что любой угольный пласт может стать выбросоопасным.

Однако, по мере увеличения глубины разработки, и следовательно увеличении горного давления, происходит более интенсивный отжим угольного пласта, что приводит к увеличению зоны где исключается вероятность возникновения внезапного выброса. Такие исследования призабойной части пласта начаты в 2009 году учеными ДонНТУ и сотрудниками МакНИИ, и направлены они на определение зоны разгрузки краевой части пласта, безопасной глубины выемки и зоны отжима. Все эти параметры находятся в тесной взаимосвязи, и для определения их показателей используется комплексный метод, который базируется на использовании значений динамики газовыделения и изменении энергии акустического сигнала.

Практическим значением гипотезы об уменьшении потенциальной выбросоопасности с увеличением глубины разработки является процесс отнесения шахтопластов Донбасса к неопасным, разрабатываемым с прогнозом выбросоопасности, или к невыбросоопасным.

В подтверждении гипотезы о изменении потенциальной выбросоопасности была проведена оценка шахтопластов Донбасса, отнесенных в 1987 г. к категории неопасных и разрабатываемых с прогнозом выбросоопасности [17].

В 2009 году сотрудниками ДонНТУ были проанализированы двадцать два шахтопласта, отнесенных на то время (1987г.) к невыбросоопасным. Одиннадцать были отнесены по комплексному показателю степени метаморфизма, значения которого были более граничного ($M_p = 27,7$), и еще одиннадцать – по газоносности и глубине разработки (табл. 1). За все время ведения горных работ на данных шахтопластах, после отнесения их в категорию невыбросоопасных, вплоть до прекращения их отработки, не было зафиксировано ни одного ГДЯ.

Таким образом, распространенное когда – то мнение об интенсификации ГДЯ при увеличении глубины ведения горных работ (более 800 м) и о том, что уже на глубине 1000 м все шахтопласты станут выбросоопасными, не подтверждается ни опытом разработки шахтопластов на больших глубинах шахт Донбасса, ни результатами исследований проводимых в рамках рассматриваемого вопроса.

Данный вывод имеет большое значение при рассмотрении перспектив разработки угольного месторождения Донбасса не только в разрезе экономической целесообразности, но и с позиций безопасности ведения горных работ на больших глубинах. Эти два фактора не только тесно взаимосвязаны друг с другом, они также являются определяющими при решении вопросов связанных с энергетической безопасностью. Украины и ее устойчивому развитию в современных условиях.

Табл.1. Характеристика шахтопластов, рекомендуемых к отнесению в категорию невыбросоопасных (1987 г.) [17]

ПО, шахта	Пласт	Глубина разработки H , м	V^{daf} , %	Толщина пластического слоя u , мм	x , м ³ /т	Комплексный показатель метаморфизма M
Донецкуголь «Петровская»	h_8	до 400	38,0 – 40	16 – 27	8,5	26,0 – 27,65
Донецкуголь «Петровская»	h_{10}	690	40,0 – 45	11 – 14	16,1	28,1 – 30,4
Донецкуголь «Октябрьский рудник»	m_3	1100	37,7	$\frac{6-17}{11}$	12,8	28,3
Красноармейскуголь «Центральная»	l_7	622 – 800	35,0	$\frac{6-110}{8}$	11,0	28,5
Красноармейскуголь им.А.Стаханова	l_7	825 – 986	35,0	$\frac{6-9}{7}$	16,3	28,9
Красноармейскуголь им.Г.Димитрова	l_7	821	34,2	6	12,5	29,1
Красноармейскуголь им.Г.Димитрова	k_7	372 – 384	37,2	9	–	28,9
Добропольеуголь «Белозерская»	m_4^0	527	38,2	$\frac{5-12}{7}$	–	30,2
Дзержинскуголь «Торецкая»	l_2^1	710	35,4	25,0	7,1	25,8
Дзержинскуголь «Новодзержинская»	m_8^{1-n}	до 400	38,3	19,0	–	26,8
Дзержинскуголь «Новодзержинская»	l_1^1	460	31,8	32,0	8,2	25,9
Луганскуголь им.В.И.Ленина	l_2	385 – 400	$\frac{41,7-48,4}{45,0}$	$\frac{11-22}{16,5}$	$\frac{7,4-13,5}{10,5}$	28,5
Стахановуголь им.С.М.Кирова	k_6	348 – 406	$\frac{35,3-39,6}{37,4}$	$\frac{8-14}{11}$	3,8	28,0
Стахановуголь им.С.М.Кирова	k_3^1	377 – 418	$\frac{35,9-37,9}{36,9}$	$\frac{10-13}{11,5}$	7,1	27,9
Стахановуголь «Бежановская»	l_{10}^1	360 – 381	$\frac{35,8-37,1}{36,4}$	$\frac{26-28}{27}$	$\frac{4,9-10,5}{7,7}$	25,8
Стахановуголь им.ХХІІ съезда КПСС	l_0	798 – 852	$\frac{31,2-39,2}{35,2}$	$\frac{25-30}{27,5}$	6,4	25,6
Стахановуголь им.ХХІІ съезда КПСС	k_8^B	758 – 911	$\frac{30,8-34,2}{32,5}$	$\frac{23-37}{30}$	$\frac{6,7-10,2}{8,5}$	25,2
Стахановуголь им.ХХІІ съезда КПСС	k_7	710 – 913	35	–	$\frac{33,1-5,5}{4,3}$	–
Стахановуголь «Голубовская»	k_3^B	517 – 649	$\frac{34,9-38,0}{36,5}$	$\frac{8-12}{10}$	$\frac{8,5-15,1}{11,8}$	–
Стахановуголь им.ХХІІ съезда КПСС	l_8^H	740 – 921	$\frac{28,8-36,9}{32,8}$	$\frac{14-36}{25}$	$\frac{4,6-12,6}{8,5}$	25,4
Краснодонуголь ш/у им.Лютикова, «Суходольская»	l_6^B	250 – 360	$\frac{36,5-42,5}{39,5}$	$\frac{5-26}{15,5}$	$\frac{0,1-0,3}{0,2}$	27,6
Краснодонуголь ш/у им.Лютикова, «Суходольская»	l_2^1	До 380	$\frac{36,9-41,5}{39,2}$	$\frac{16-31}{23,5}$	$\frac{9,3-10,6}{10}$	26,5

Библиографический список

1. Ходот В.В. Внезапные выбросы угля и газа/ Ходот В.В.–М.: Госгортехиздат, 1961. – 363 с.
2. Быков Л.Н. Теория внезапных выделений газов в шахтах и основные меры борьбы с ними (Центральный район Донбасса)/Быков Л.Н.– М.: ОНТИ, 1934, с.7–41.– (В кн.: Проблемы борьбы с рудничным газом и каменноугольной пылью; т.1).
3. Яровой И.М. Руководство по разработке пластов, опасных по выбросам угля и газа/ Яровой И.М. – М.: Углетехиздат, 1949. – 167 с.
4. Некрасовский Я.Э. Разработка пластов, подверженных внезапным выбросам угля и газа/Некрасовский Я.Э. – М. – Х.: Углетехиздат, 1951. – 222 с.
5. Моисеев М.А., Буренко А.П. Влияние глубины разработки на частоту и интенсивность внезапных выбросов угля и газа./ М.А.Моисеев, А.П. Буренко – В сб.: техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело, Сб. 5(23), ЦНИЭИуголь. М.: Недра, 1969, С.38 – 39.
6. Балюк И.Г. отработка защитных пластов на глубоких горизонтах шахты №1-5 «Кочегарка»/И.Г. Балюк. – В сб.: технология добычи угля подземным способом. Сб.3(39). М.: ЦНИЭИуголь, 1970, №6, С.69 – 70.
7. Борисенко А.А. Совершенствование мер борьбы с внезапными выбросами угля и газа на шахтах Воркутинского месторождения. – В кн.: Внезапные выбросы в угольных шахтах/ Борисенко А.А. Сборник трудов V Всесоюзного научно – технического совещания по борьбе с внезапными выбросами угля и газа. – М.: Недра, 1970, С.126 – 148.
8. Ковач Ф. Повторяемость внезапных выбросов газа в угольных шахтах в зависимости от глубины разработки./Ковач Ф. Экспресс – информация «Угольная промышленность». М.: 1973, №46, С.16 – 24.
9. Пальм К. Возникновение и формы проявления внезапных выбросов газов/ К. Пальм, Ф. Меннекинг. – Глюкауф, 1977, №10, С.5 – 13.
10. Недвига С.Н. Изменение выбросоопасности угольных пластов с увеличением глубины их разработки/ Недвига С.Н., Зверев В.Н., Фита В.С. – Уголь Украины, 1976, №7, С.42 – 44.
11. Степанович Г.Я. К вопросу о выбросоопасности угольных пластов на больших глубинах./ Степанович Г.Я., Николин В.И., Недосекин В.Н. – Безопасность труда в промышленности, 1970, №6, С.27 – 28.
12. Степанович Г.Я. Газодинамические явления при подготовке глубоких горизонтов/ Степанович Г.Я., Николин В.И., Лысыков Б.А.. – Донецк: Донбасс, 1970. – 112 с.
13. Вередя В.С. К вопросу о возможных причинах выбросов угля, газа и пород в Донецком бассейне./ Вередя В.С., Юрченко Б.А. – В.сб.: Вопросы теории выбросов угля, породы и газа. Киев: Наукова думка, 1973, С.301 – 308.
14. Бартош В.Р. Борьба с внезапными выбросами на шахтах комбината Воркутауголь. – В кн.: Внезапные выбросы в угольных шахтах / Бартош В.Р. Сборник трудов V Всесоюзного научно – технического совещания по борьбе с внезапными выбросами угля и газа. – М.: Недра, 1970. С.177 – 181.
15. Ткач В.Я. Влияние глубины на проявление потенциальной выбросоопасности / Ткач В.Я., Онопчук Б.Н., Николин В.В./ Уголь Украины. – 1981. - №5. – С.33 – 34.
16. Бобров А.И. Изменение степени выбросоопасности шахтопластов на глубине более 800 м / Бобров А.И., Николин В.В./ Уголь Украины. – 1986. - №2. – С.37 – 39.
17. Забигаило В.Е. Влияние катагенеза горных пород и метаморфизма углей на их выбросоопасность/ Забигаило В.Е., Николин В.И. – Киев: Наук.думка. – 1990. – 168с.
18. Выбросы угля, породы в шахтах Донбасса в 1906 – 2007 гг. /[Волошин Н.Е., Вайнштейн Л.А., Брюханов А.М., и др.] (Справочник). – Донецк: СПД Дмитренко, 2008, - 920с.
19. Николин В.И. Прогнозирование и устранение выбросоопасности при разработке угольных месторождений./ Николин В.И., Васильчук М.П. – Липецк: Липецкое издание Роскомпечати, 1997, – 496с.

© Николин В. И., Худолей О. Г., Капустин А. А., 2011.

Анотація

У статті розглядаються деякі аспекти видобутку вугілля на великих глибинах. Приводиться підтвердження гіпотези про зменшення інтенсифікації проявів викидів вугілля і газу при збільшенні глибини ведення гірничих робіт.

Ключові слова: вугілля, викид, велика глибина.

Abstract

In the article some aspects of mining are examined on large depths. Confirmation over of hypothesis is brought about diminishing of intensification of displays of the troop landings of coal and gas at the increase of depth of conduct of mountain works.

Keywords: coal, diminishing, large depth.

УДК 551.837.2:551.243.1

Геофизическая идентификация водопроницаемости геодинамических зон угленосной толщи в связи с ликвидацией шахт

Заборин М. С.^{1*}, Иванов Л. А.², Савченко А. В.², Хромов А. Н.¹

¹ ДонНТУ, Донецк, Украина

² УкрНИИМИ НАН Украины, Донецк, Украина.

Поступила в редакцию 22.09.10, принята к печати 29.10.10.

Аннотация

Приведены результаты одного из этапов исследований влияния геодинамических зон на формирование геолого-экологической обстановки при ликвидации угольных шахт. Геофизическими методами ЕИЭМПЗ, СГДК-А установлена водопроницаемость изучаемых тектонических структур, что позволяет выделить участки с первоочередным проявлением процессов подтопления и заболачивания в пределах полей ликвидированных шахт Брянковской группы (Луганская область).

Ключевые слова: ликвидация шахт, угленосная толща, геодинамические зоны, водопроницаемость, геофизические методы ЕИЭМПЗ, СГДК-А, подтопление и заболачивание.

Достоверная оценка геолого-экологических последствий ликвидации угольных шахт по-прежнему является актуальной задачей. К одной из важнейших проблем относится прогнозирование процессов подтопления и заболачивания, обусловленных восстановлением естественных уровней подземных вод (УПВ). Как показывает практика, эффективность подходов, применяемых в настоящее время для решения данных вопросов, недостаточна. Вследствие этого в пределах полей ликвидированных шахт сложилась напряженная геолого-экологическая обстановка.

Решение указанных проблем, по нашему мнению, невозможно без применения геодинамической концепции. Согласно концепции вся земная кора повсеместно разбита на блоки различных размеров и тектонической активности. Границами между блоками земной коры являются геодинамические зоны (ГДЗ), представленные различными разрывными структурами [1,2]. В зависимости от природы возникновения, и сил определяющих их современную активность, ГДЗ могут характеризоваться как закрытой, так и открытой трещиноватостью и соответственно выполнять роль водоупора или водоносного горизонта с повышенной фильтрацией природных и техногенных вод [3,4]. В условиях восстановления естественных уровней подземных вод (УПВ) после остановки водоотлива ГДЗ могут служить первоочередными путями миграции подземных вод и, следовательно, предопределять места развития процессов подтопления и заболачивания [5]. Очевидно, что на поведение УПВ, скорость водоподъема на различных участках шахтного поля, будут оказывать влияние количество ГДЗ, их природа, а также их мощность, протяженность в плане и на глубину.

В пределах полей шахт Брянковской группы (Луганская область) выполнены исследования по изучению геодинамического строения, определению водопроницаемости ГДЗ и оценке их возможного влияния на развитие процессов подтопления и заболачивания.

Участок исследований характеризуется складчатым залеганием толщи с углами падения до 50°. В геологическом разрезе преобладают песчано-глинистые породы с подчиненным значением пластов известняков и углей среднего карбона. Степень метаморфизма каменных углей (Ж, К)

* Для переписки: meshkaz@rambler.ru

указывает на общее отсутствие гранулярных коллекторов и развитие коллекторов трещинного типа. Простирание пород угленосной толщи, а также разрывных нарушений, представленных надвигами, субширотное.

Путем дешифрирования космических снимков получены дополнительные сведения о тектоническом строении горного массива, в том числе и о закономерностях распространения планетарной трещиноватости (рис. 1) [6, 7].

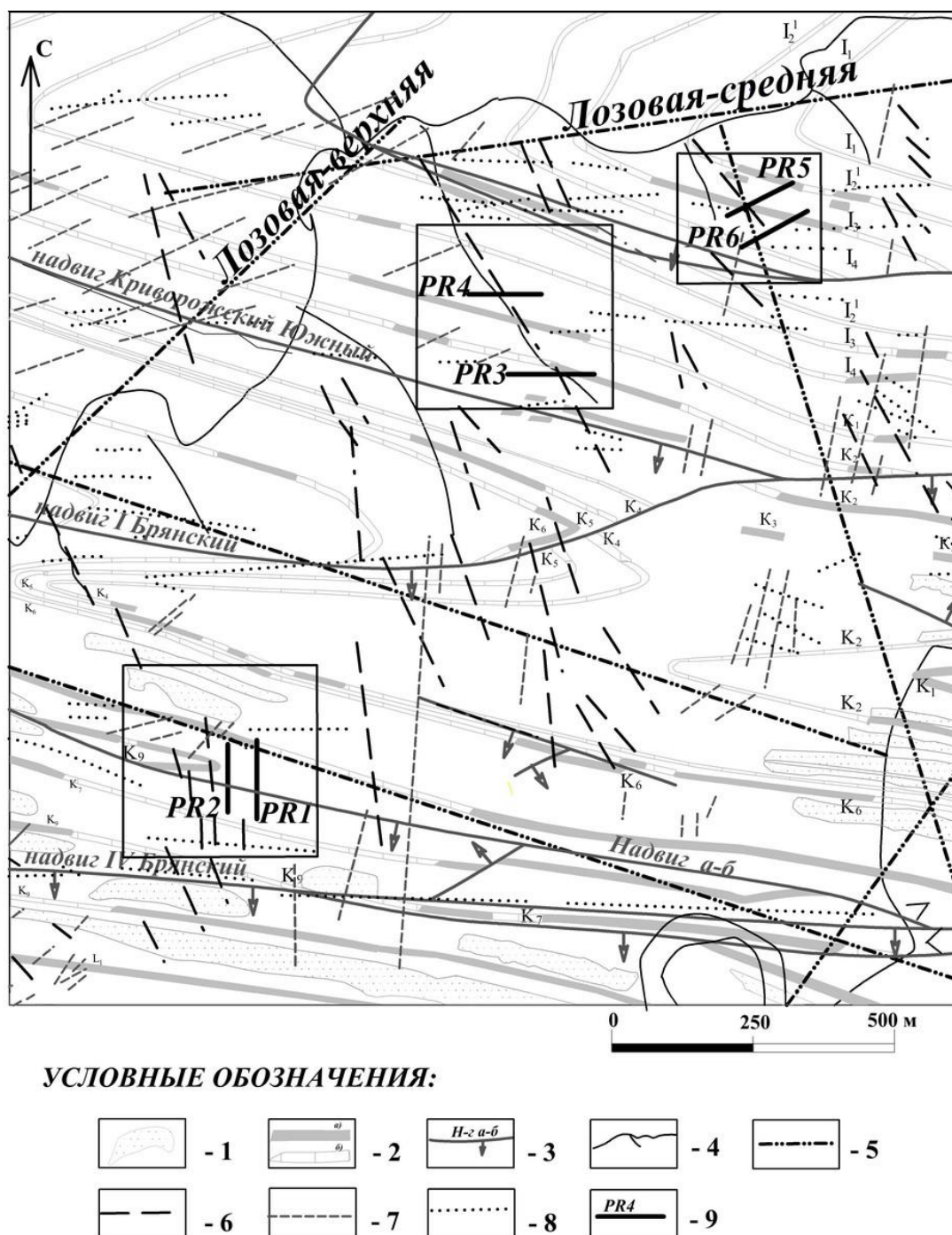


Рис. 1. Зонально-блочное строение участка исследований по данным дешифрирования космических снимков масштаба 1:5000 и расположение геофизических профилей:

- 1 – песчаник; 2 – известняк: а – закартированный; б – построенный; 3 – разрывные нарушения; 4 – гидрографическая сеть; 5 – линеаменты первого порядка; 6 – проницаемые разломы; 7 – «полупроницаемые» разломы; 8 – непроницаемые разломы; 9 – геофизические профили.

На водопроницаемость и степень активности выделенных разрывов, сформировавшихся в герцинскую и киммерийскую тектонические эпохи, на современном этапе оказывают влияние тектонические силы, связанные с альпийским циклом орогенеза [8]. Указанные параметры предварительно оценивались путем реконструкции полей тектонических деформаций и напряжений альпийского цикла [8]. Результаты исследований, основанные на данных обработки массовых замеров трещиноватости, позволили установить, что наиболее активными являются ГДЗ субширотной (СШ), субмеридиональной (СМ), а также диагональной – северо-восточной (СВ) 45° ориентировок [8].

Наиболее проницаемыми являются структуры северо-западного (СЗ) 340° простирания, а также разрывы, сопряженные с крупными разломами и являющиеся отрывами [8]. Выделенные структуры СВ 10-45°, 60-75°, 310-320° относятся к «полупроницаемым», СШ и СЗ 310-320° – к малопроницаемым [8].

ГДЗ проницаемого и непроницаемого типов изучались полевыми геофизическими методами естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) и структурно-геодинамического картирования (азимутальный) – СГДК-А (см. рис.1). Данные методы на различной физической основе отражают изменение современных напряжений горного массива. Метод ЕИЭМПЗ основан на регистрации естественной импульсной электромагнитной эмиссии, зависящей от деформаций пород, возникающих под действием полей напряжений. Позволяет оценить напряженно-деформированное состояние горного массива. Так, обводненные и разуплотненные участки характеризуются снижением плотности потока ЕИЭМПЗ. Напряженное состояние массива находит отражение в повышенных значениях данного параметра. Метод СГДК-А оперирует гармоническими полями, и базируется на установленном явлении азимутальной неоднородности электропроводности различных сред поверхностного горизонта в связи с текущими геодинамическими процессами коренного массива [9].

Методом ЕИЭМПЗ пройдено шесть профилей различной протяженности с шагом пять метров. В каждой точке проводился замер вертикальной составляющей скорости следования импульсов ($N_{Z(верт)}$) за одну секунду. Общее количество точек наблюдений – 164. В качестве аномальных принимались участки с пониженными или повышенными значениями параметра на протяжении не менее пяти пикетов. Аномальность также сопоставлялась с предполагаемой мощностью нарушения. Методом СГДКА-А выполнены замеры по трем профилям. Общее количество замеров 80. Аномальность оценивалась по критерию K_1 , который отражает вариации ориентировок дисперсии осей максимальной азимутальной электропроводности грунтов вдоль профиля и характеризует степень изменения фонового поля данного параметра над нарушенными зонами. Критерий K_1 оценивался по результатам сглаживания значений изменения фонового поля по пяти точкам. Аномальным всплеском здесь считается амплитуда ΣK_1 равная 9 и более усл. ед. При этом, решающим фактором является как амплитуда, так и протяженность всплеска. Все аномалии, протяженность которых менее пяти пикетов, часто отражают случайные процессы и поэтому на стадиях анализа отнесены к шумам.

Наблюдательные профили были заложены вкрест двух разломов проницаемого типа, сформировавшихся в условиях максимальных растягивающих усилий [8]. В данном случае рассматриваются структуры, сопряженные с разломом Лозовая-средняя и являющиеся по отношению к нему отрывами (см. рис. 1). По этим разломам устанавливались геофизические признаки проницаемых разломов. Кроме того, был исследован надвиг а-б на предмет выяснения спорного вопроса о его проницаемости геофизическими методами. В настоящее время такой тип нарушений принято рассматривать как непроницаемый экран. Вместе с тем, обновление нарушений в более поздние геологические эпохи не позволяют говорить так однозначно. На определенную проницаемость надвига а-б указывают продолжительные (до двух лет) водопритoki в горные выработки со значительными дебитами – до 100 м³/час [10].

Разлом № 1 пересечен профилями PR3 и PR4, пройденными на расстоянии 125 м (рис. 2В). Длина профиля PR3 составляет 150 м, PR4 – 130 м.

Разлом характеризуется простиранием 330° и относится к проницаемому типу. Мощность нарушенной зоны оценивается в 20-30 м. Разлом пересекается на расстоянии 88 м от начала профиля PR3 (рисунок 2А). Анализ геофизической кривой свидетельствует, что отрицательная аномалия плотности потока наблюдается в интервале 70-100 м. Причем на участке 55-70 м также происходит устойчивое снижение данного параметра. Этот же разлом пересекается профилем PR4 на расстоянии 52 м от его начала. График плотности потока характеризуется образованием широкой параболы с минимум значений в интервале 25-90 м и вершиной в интервале 50-70 м (рис. 2Б).

Вдоль профиля PR3, пройденного методом ЕИЭМПЗ, методом СГДК-А изучен профиль №2. Общее количество замеров – 30, шаг пять метров. Кривая K_1 имеет выраженный ступенчатый вид. Фоновые значения параметра составляют 1-3 усл. ед. в интервале 10-75 м и достигает аномального значения 9 усл.ед. на участке 80-120 м (см. рис.3А). Мощность нарушенной зоны согласно методу СГДК-А составляет 40 м. Несмотря на несколько большую протяженность, ее положение совпадает с результатами, полученными методом ЕИЭМПЗ.

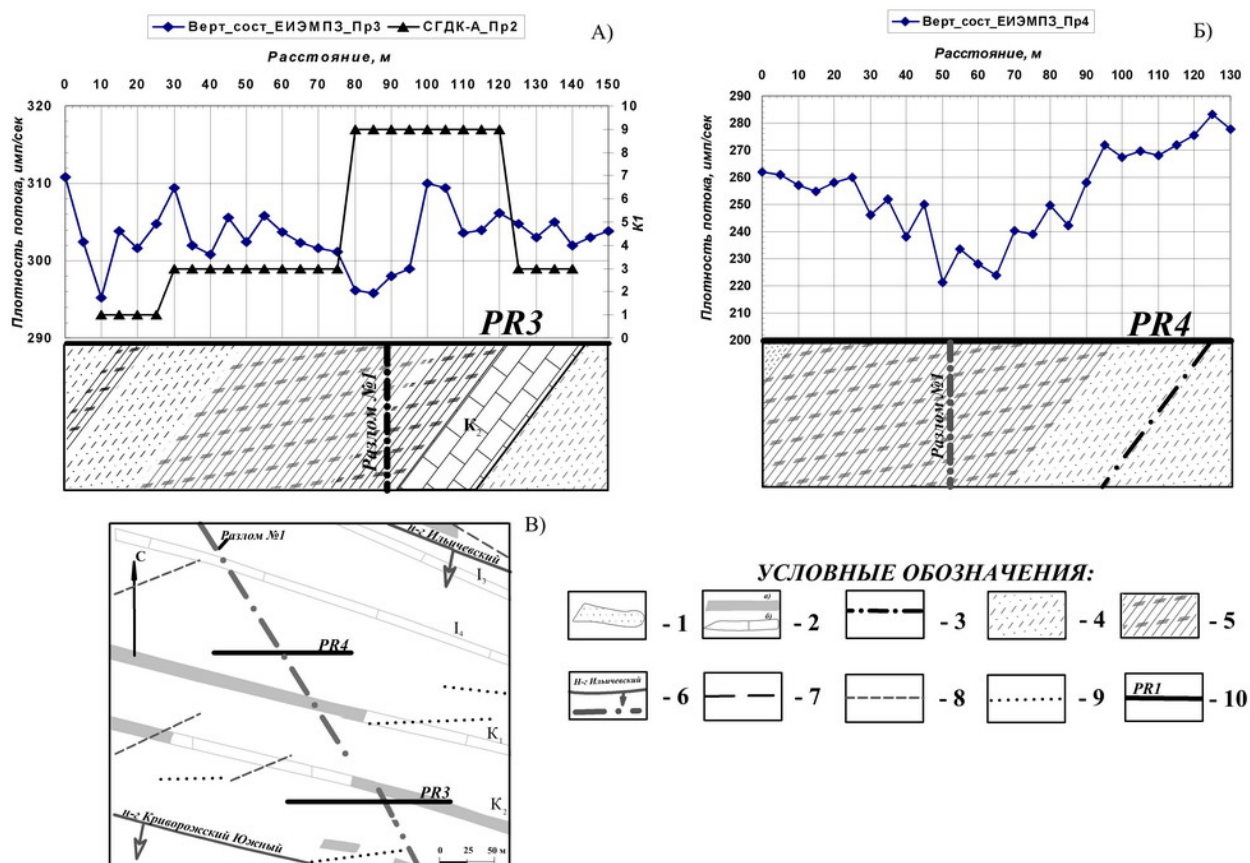


Рис. 2. Результаты геофизического профилирования методами ЕИЭМПЗ и СГДК-А вкрест разлома № 1: 1 – песчаник; 2 – известняк: а – выход; б – построенный; 3 – угольные пропластки; 4 – аргиллиты; 5 – алевролиты; 6 – разрывные нарушения; 7 – проницаемые разломы; 8 – «полупроницаемые» разломы; 9 – непроницаемые разломы; 10 – геофизические профили.

Следовательно, профилями PR3 и PR4 выделяется устойчивая отрицательная аномалия плотности потока ЕИЭМПЗ, сопряженная с разломом проницаемого типа. Ее положение подтверждается методом СГДК-А. Образование рассматриваемой аномалии является следствием релаксации тектонического напряжения, сопровождающегося повышенной трещиноватостью, разуплотнением и обводнением пород.

Разлом № 2 пересечен профилями PR5 и PR6. Данные профили расположены в 380 м северо-восточнее профилей PR3 и PR4. Расстояние между профилями PR5 и PR6 составляет 60 м, длина соответственно 135 и 130 м (рисунок 3В).

Простираение разлома 330°, тип – проницаемый. От начала профиля PR5 он пересекается на расстоянии 82 м (рисунок 3А). Кривая плотности потока характеризуется сравнительно большей изрезанностью. Четко выраженный минимум приходится на интервал 85-105 м, т.е. на расстоянии около 10 м от разлома. По этому профилю методом СГДК-А (профиль №3) выполнены 25 замеров с шагом пять метров. На большей части профиля значения K_1 не отличаются от фоновых. Однако заметный всплеск значений отмечается в интервале 90 – 110 м (см. рис. 4А). Как и в предыдущем случае, положительная аномалия СГДК-А совпадает с отрицательной аномалией ЕИЭМПЗ. Данные этих методов свидетельствуют, что разлом проницаемого типа сопровождается образованием зоны повышенной трещиноватости, разуплотнения и обводненности пород.

Кривая ЕИЭМПЗ вдоль профиля PR6 характеризуется уменьшением значения параметра от начала к окончанию профиля (рисунок 3Б). Минимум расположен в интервале 80-100 м. Данный участок не совпадает с положением разлома, выделенного по данным дистанционного зондирования, а находится на удалении порядка 10-15 м от него.

Надвиг а-б со спорной проницаемостью пройден вкрест простирания двумя профилями PR1 и PR2 методом ЕИЭМПЗ (рисунок 4В). Расстояние между профилями 90 м. Длина профиля

PR1 – 140 м, профиля PR2 – 120 м. Простирание нарушения – 290-300°, амплитуда смещения до 25-28 м, мощность нарушенной зоны – 25-35 м.

При анализе совмещенных диаграмм вертикальной составляющей ЕИЭМПЗ по двум профилям в интервале 40-60 м на профиле PR1 и 50–75 м на профиле PR2 наблюдаются пониженные значения данного параметра (рисунок 4А, 4Б). Отрицательные аномалии приурочены к трещиноватой зоне надвига. Ее протяженность соответствует данным о мощности зоны дробления нарушения, полученным по результатам доразведки месторождения [10].

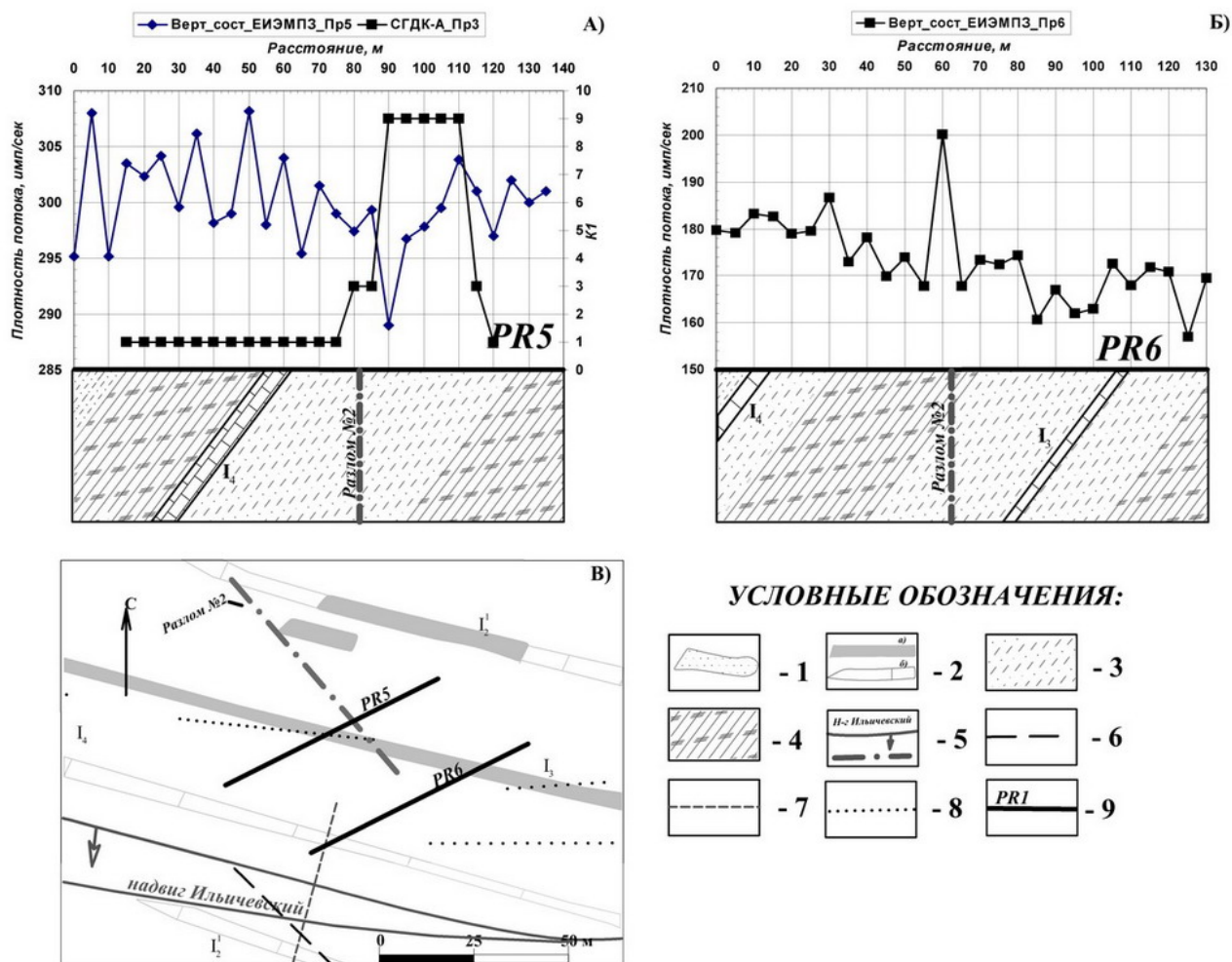


Рис. 3. Результаты геофизического профилирования методами ЕИЭМПЗ и СГДК-А вкост разлома № 2: 1 – песчаник; 2 – известняк: а – выход; б – построенный; 3 – аргиллиты; 4 – алевролиты; 5 – разрывные нарушения; 6 – проницаемые разломы; 7 – «полупроницаемые» разломы; 8 – непроницаемые разломы; 9 – геофизические профили.

На профиле PR1 в интервале 50-60 м на общем пониженном фоне ЕИЭМПЗ, наблюдается некоторое повышение значений данного параметра. Его появление может свидетельствовать о повышенном напряженном состоянии массива, и, следовательно, меньшей проницаемости на данном участке. Кроме того, вдоль профиля PR1 в интервале 95-115 м также имеет место снижение плотности потока, что указывает на развитие трещиноватой и обводненной зоны. Горный массив между упомянутыми отрезками характеризуется повышенными значениями данного параметра и соответственно его напряженным состоянием.

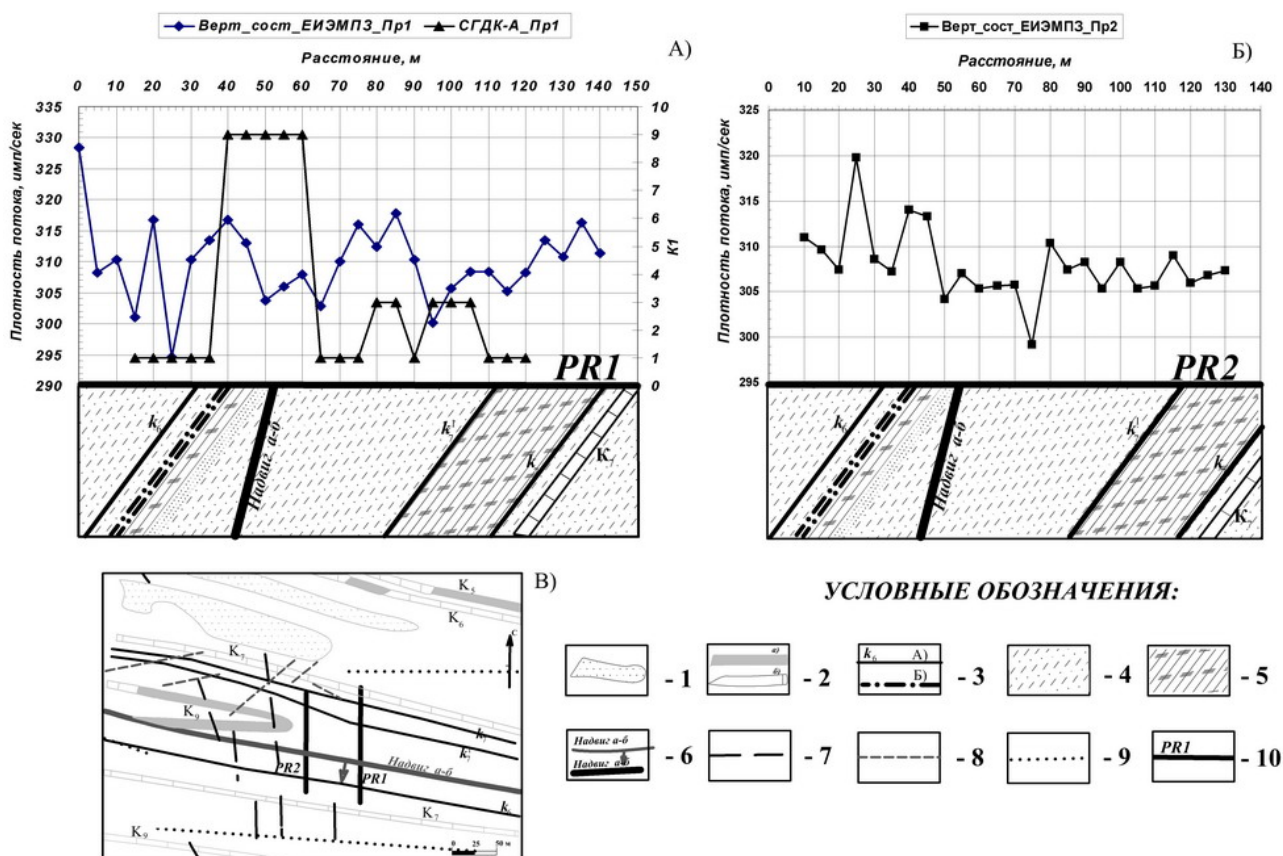


Рис. 4. Результаты геофизического профилирования методами ЕИЭМПЗ и СГДК-А вкрест надвига а-б: 1 – песчаник; 2 – известняк; а – закартированный; б – построенный; 3 – угольные пласты (а) и пропластки (б); 4 – аргиллиты; 5 – алевролиты; 6 – разрывные нарушения; 7 – проницаемые разломы; 8 – «полупроницаемые» разломы; 9 – непроницаемые разломы; 10 – геофизические профили.

В пределах профиля PR2 наблюдается несколько иная картина. Если до четко выраженного минимума в пределах 50-75 м кривая ЕИЭМПЗ характеризуется большим разбросом значений, то после него – не превышает пяти единиц. По-видимому, на напряженное состояние массива могут оказывать влияние разломы низких порядков, расположенные в 25-50 м от профиля. В первой трети профиля максимально близко (до 20-25 м) залегает проницаемый разлом (Т-отрыв) [8]. В конце профиля расположены «полупроницаемые» разломы, представленные в данном случае левым сдвигом (см. рис. 2В).

Вдоль профиля PR1 также выполнены исследования методом СГДК-А. Замеры выполнены в 25 точках с шагом пять метров. В интервале 40-60 м наблюдается всплеск кривой параметра K_1 , что свидетельствует о нарушенном состоянии массива на данном отрезке (см. рис. 4А). Местоположение аномального участка практически совпадает с результатами, полученными методом ЕИЭМПЗ.

Аномальный участок, выделенный методом ЕИЭМПЗ в интервале 95-115 м, методом СГДК-А подтвержден отчасти. В интервалах 80–85 м и 90-105 м наблюдаются всплески параметра K_1 до 3 усл. ед., что, однако, при принятом критерии аномальности, не позволяет достаточно достоверно отнести данный участок к нарушенным. Для уточнения степени нарушенности участка требуются дополнительные исследования.

Проведенные геофизические исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Пространственное положение геодинамических зон (ГДЗ), предварительно установленное геодинамическим картированием, находит отражение в изменении естественного импульсного электромагнитного поля Земли (метод ЕИЭМПЗ) и дисперсии осей азимутальной электропроводности грунтов (метода СГДК-А) вдоль профилей, пройденных вкрест простираения разломов.
2. ГДЗ, сформировавшиеся в условиях максимальных растягивающих усилий и, как следствие, обладающие максимальной проницаемостью и обводненностью, характеризуются

образованием отрицательных аномалий ЕИЭМПЗ. При этом ширина обводненной приразломной зоны определяется протяженностью разлома и изменяется от 10 до 40 м. Надвиг а-б характеризуется чередованием положительных и отрицательных аномалий ЕИЭМПЗ, указывающих на наличие в напряженном массиве проницаемых участков. На определенную проницаемость также указывают продолжительные водопритоки в горные выработки со значительными дебитами.

3. ГДЗ, независимо от условий образования, выделяются методом СГДК-А по положительным аномалиям.
4. Применение геофизических методов ЕИЭМПЗ и СГДК-А в комплексе с методами дешифрирования космоснимков, результатами тектонофизических исследований позволяет установить проницаемость массива и на основании этого выполнить оценку геолого-экологических последствий ликвидации угольных шахт.

Бібліографічний список

1. Воевода Б.И. Геодинамическое состояние горных массивов и последствия землетрясений / Б.И. Воевода, Е.Г. Соболев, А.Н. Русанов // Наукові праці ДонНТУ : серія гірничо-геологічна. – 2001. – Вип. 32. – С. 80–87.
2. Макаров В.И., Дорожко А.Л., Макаров Н.В. и др. Современные геодинамически активные зоны платформ / В.И. Макаров, А.Л. Дорожко, Н.В. Макаров [и др.] // Геоэкология. – 2007. - №2. – С. 99 – 110.
3. Соболев Е.Г. Геодинамические зоны, как пути загрязнения подземных источников водоснабжения / Е.Г. Соболев, О.В. Савченко, Г.А. Петенко и др. // Проблемы экологии – 2002. - №2. – С. 33–41.
4. Кипко Э.Я. О предотвращении экологического ущерба при мокрой консервации шахт. / Э.Я. Кипко, Е.Г. Соболев, О.В. Савченко // Уголь Украины. – 1997. - №10. – С. 27–31.
5. Заборин М.С. Геодинамика и ее влияние на восстановление гидрогеологических условий в пределах закрытых шахт / М.С. Заборин, Л.Д. Богун, Б.И. Воевода // Уголь Украины. – 2007. - №2. – С. 31–33.
6. Заборин М.С. Геодинамическое картирование в пределах поля закрытой шахты «Брянковская» (Луганская область) / М.С. Заборин, Б.И. Воевода, А.Н. Хромов // Сб. научных статей 3-й межвузовской научно-практической конференции «Наукова парадигма географічної освіти України в ХХІ столітті». – Донецк : ДИСО. – 2007. – С. 25 – 33.
7. Заборин М.С. Геодинамическое строение поля закрытой шахты «Брянковская» по данным аэрокосмического метода : (итоги 15 Международной конференции «Ломоносов-2008») [электронный ресурс] – Режим доступа к журн. : http://lomonosov-msu.ru/2008/06/06_6.pdf.
8. Заборин М.С. Проницаемость геодинамических зон в пределах поля шахты «Брянковская» / М.С. Заборин, В.А. Корчемагин, И.К. Решетов [и др.] // Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна : сер. «Геологія, географія, екологія». – 2009. - №864 – С. 39–46.
9. Панов Б.С. Новое в геолого-геофизических исследованиях / Б.С. Панов, Е.П. Тахтамиров // Известия высших учебных заведений, геология и разведка. – 1993. - №3. – С. 57–67.
10. Геологический отчет о доразведке полей шахт 6-ббис «Брянка» и №12 им. Ф.Э. Дзержинского комбината «Кадиевуголь» / ПО «Укруглегология» ; Исполн.: Порохов В.В., Кравцов П.И., Малашкина Н.И., Воронина Т.Т. – Донецк, 1971. – Т.1. – 505 с.

© Заборин М. С., Иванов Л. А., Савченко А. В., Хромов А. Н., 2011.

Анотація

Наведено результати одного з етапів досліджень впливу геодинамічних зон вугленосної товщі при ліквідації шахт. Геофізичними методами ПЕМПЗ, СГДК-А встановлено водопроникність тектонічних структур, що досліджуються, що дозволяє виділити ділянки з першочерговим проявом процесів підтоплення та заболочення в межах полів шахт Брянківської групи (Луганська область).

Ключові слова: ліквідація шахт, вугленосна товща, геодинамічні зони, водопроникність, геофізичні методи ПЕМПЗ, СГДК-А, підтоплення й заболочення.

Abstract

There are results of reasearches of influence coal-bearing series geodynamical zones on forming geoeological situation under coal mines abandon. The water permeability of researching tectonical structures is establish by geophysical methods of NPEMFE, SGM-A, that is allowed to pick out zones with prime display of processes of underflooding and bogging in the limits of Bryankovskaya mine fields (Lugansk district).

Keywords: abandon of mines, coal-bearing series, geodynamical zones, water permeability, geophysical methods of NPEMFE, SGM-A, underflooding and bogging.

УДК 622.236.4.001.1

Исследование влияния воздействия взрыва на начальную стадию трещинообразования в горных породах

Куриной В. П.

НГУ МОН Украины, Днепропетровск, Украина

Поступила в редакцию 24.09.10, принята к печати 29.10.10.

Аннотация

В статье приведены результаты теоретических исследований влияния воздействия взрыва на начальную стадию трещинообразования в горных породах.

Ключевые слова: взрыв, трещина, горные породы.

До настоящего времени основная часть полезных ископаемых добывается широким использованием взрывных работ. Возрастание объемов применения химических взрывных веществ в горнодобывающей промышленности и строительстве особенно остро ставит проблему повышения эффективности их применения на разрушение горных пород.

Горная порода обладает естественной трещиноватостью. Если в породе создать медленно возрастающее поле напряжений (например, одноосное растяжение), то при достижении некоторого значения напряжения начнется рост самой длинной трещины, ориентированной перпендикулярно приложенному напряжению. Эта трещина и определяет статический предел прочности породы.

Так как скорость роста трещин и волн разгрузки ограничена, то, увеличивая скорость нагружения, можно добиться роста все более коротких трещин, ориентированных перпендикулярно нагрузке. При динамическом нагружении предел прочности породы будет возрастать, так как он определяется критическим напряжением для самой короткой растущей трещины в образце (породе). Динамический предел прочности ограничен. Максимальное значение его будет наблюдаться, когда разделение породы по поверхности разрушения происходит одновременно по всем точкам этой поверхности.

Оценим скорость нагружения, необходимую для роста трещин длиной, большей заданной. Если известна функция распределения трещин по длине в данной породе, легко оценить среднее расстояние между трещинами определенной длины в некотором тонком плоскопараллельном слое. Причем трещины должны быть параллельны границам слоя, а сам слой должен быть перпендикулярным нагрузке [1].

Пусть указанные трещины имеют длину $2l$ и находятся на расстоянии r друг от друга. Когда напряжения в породе достигнут величины $\sigma_{кр}$, трещины длиной $2l$ начнут расти:

$$\sigma_{кр} = \sqrt{2E\gamma / \pi l}, \quad (1)$$

где E – модуль упругости;

γ – работа образования единицы площади новой поверхности породы.

Волны разгрузки в породе, возникающие при росте таких трещин, распространяются со скоростью волны напряжений C_l и будут разгружать породу. За время $\Delta t \sim r / C_l$ порода будет разгружена. Для роста трещин длиной $2l$ скорость нагружения должна быть не меньше

$$\frac{\partial \sigma}{\partial t} \sim \frac{\sigma_{кр}}{\Delta t} = \sqrt{\frac{2E\gamma}{\pi l}} \cdot \frac{C_l}{r}. \quad (2)$$

Для того, чтобы трещины длиной $2l$ не смыкались, время существования напряженного состояния должно быть меньше $\Delta t_2 \approx r / 2V_T$, где V_T – средняя скорость роста трещин. При $V_T \approx C_l / 2$ $\Delta t_2 \approx \Delta t_1$.

Для роста трещины длиной $2l$ на dl необходима энергия

$$dW' \approx 2\pi\sigma_{кр}^2 \cdot l \cdot dV \cdot dl / E. \quad (3)$$

Чтобы росли все трещины длиной $2l$ в выбранном слое объемом dV необходима энергия

$$dW \approx 2\pi\sigma_{кр}^2 \cdot l \cdot n \cdot dV \cdot dl / E, \quad (4)$$

где n – концентрация трещин длиной $2l$ в слое;
 $dl = V_T dt$.

Поэтому плотность потока в волне напряжений, необходимая для роста всех трещин длиной $2l$ в слое, равна

$$\frac{d^4 W}{dV dt} C_l \approx \frac{2\pi\sigma_{кр}^2 l C_l^2 n}{E}. \quad (5)$$

Для роста трещин нужно, чтобы время существования напряженного состояния Δt_3 было больше или равно

$$\Delta t_3 \geq 2l_m / C_l, \quad (6)$$

где l_m – максимальная длина растущей трещины.

В противном случае поле напряжений, нагружающее трещину, не успеет установиться.

Разупрочнение породы может происходить и в упругой волне.

Пусть в породе распространяется продольная гармоническая волна

$$\sigma = \sigma_m \sin \frac{2\pi}{\lambda} C_l t, \quad (7)$$

где σ_m – амплитуда напряжений;
 λ, C_l – длина волны и скорость волны.

Оценим, насколько вырастет трещина длиной $2l$ при прохождении половины волны. Полагая, что $\sigma_m > \sigma_{кр}$, найдем длительность существования напряжений

$$\Delta t = \frac{\lambda}{C_l} \left(1 - \frac{1}{\pi} \arcsin \left(\frac{\sigma_{кр}}{\sigma_m} \right) \right). \quad (8)$$

Если положить, что $V_T = 0,5C_l$, то за время прохождения полволны трещина первоначальной длины $2l$ успевает вырасти на

$$\Delta l = \lambda \left(1 - \frac{1}{\pi} \arcsin \left(\frac{\sigma_{kp}}{\sigma_m} \right) \right). \quad (9)$$

При прохождении второй половины будут расти трещины, ориентированные в плоскостях, параллельных волновым поверхностям. Последующие волны будут продолжать развивать те же трещины. После прохождения волны в породе будут отсутствовать трещины, перпендикулярные и параллельные фронту волны, длина которых больше $2l$, но меньше новой длины рассматриваемых трещин.

Таким образом, установлено, что обязательным условием роста трещин в породе, превышающих некоторую заданную величину, необходимо, чтобы амплитуда поля напряжений, скорость изменения нагрузки и длительность ее воздействия превышали бы некоторые пороговые значения.

Условие квазистатического нагружения:

$$t_n \gg l / C_p,$$

где t_n – время нагружения;

l – размер элемента породы;

C_p – скорость волны напряжений.

Условие динамического нагружения:

$$t_n \leq l / C_p.$$

Схематическое изображение роста трещин в динамическом поле напряжений представлено на рис. 1.

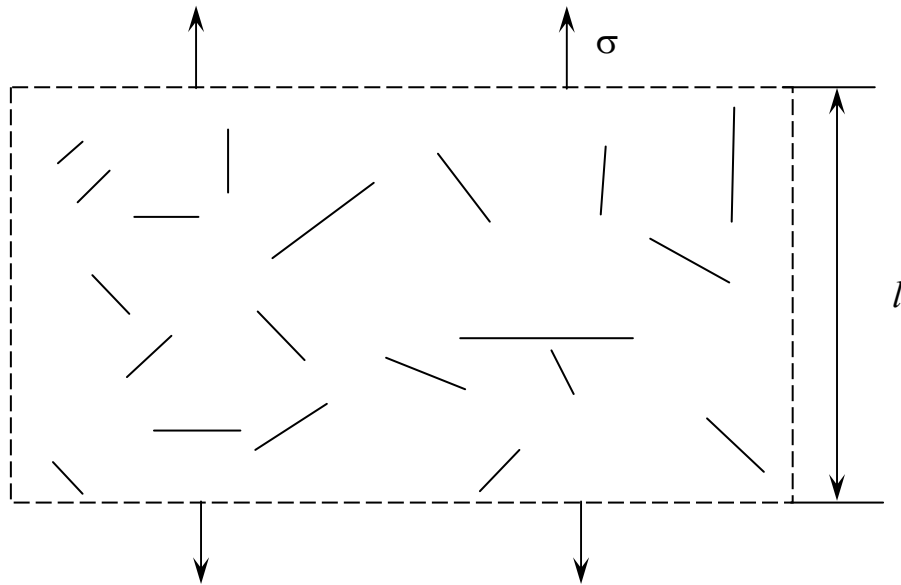


Рис. 1. Схематическое изображение роста трещин в динамическом поле напряжений

Для разупрочнения породы необходимо, чтобы не только амплитуда волны напряжений превышала некоторую определенную величину, но и плотность потока ее мощности также была ограничена снизу значениями, различными для разных горных пород. Следует также отметить, что в плоской упругой волне могут расти трещины лишь в направлениях, перпендикулярных или параллельных фронту волны.

Изменение к.п.д. процесса роста трещин представлено на рис. 2.

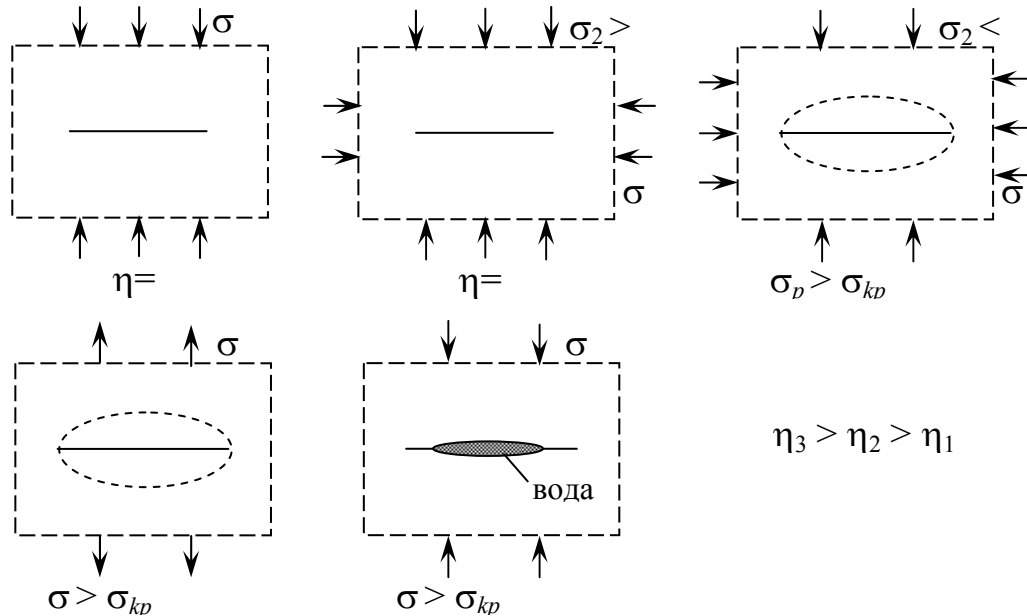


Рис. 2. Изменение к.п.д. процесса роста трещин:

σ – напряжения, приложенные к элементу породы; σ_p – результирующие напряжения; $\sigma_{кр}$ – напряжения, необходимые для роста трещин; $\eta = \gamma \Delta S / A_3$, где γ – энергия единицы площади вновь образованной поверхности; ΔS – приращение площади поверхности трещины; A_3 – затраченная работа на образование трещин

Бібліографічний список

1. Ефремов Э. И. Исследование влияния ширины и свойств заполняющих их материалов на результаты действия взрыва в трещиноватых средах / Э.И. Ефремов, В.А. Никифорова, К.С. Ищенко // Разработка рудных меторождений. – Кривой Рог, 2008. – Вып. 92. – С. 25-28.

© Куриной В. П., 2011.

Анотація

У статті наведено результати теоретичних досліджень впливу дії вибуху на початкову стадію тріщиноутворення в гірських породах.

Ключові слова: вибух, тріщини, гірська порода.

Abstract

In paper results of theoretical investigations of agency of explosion's action on a cracking in initial stage in rocks are given.

Keywords: explosion, crack, rock.

Схемы вскрытия глубоких горизонтов шахт Кривбасса

Харин С. А.¹, Борщевский С. В.^{2*}, Формос В. Ф.²

¹ Криворожский технический университет, Кривой Рог, Украина

² ДонНТУ, Донецк, Украина

Поступила в редакцию 24.09.10, принята к печати 29.10.10.

Аннотация

Рассмотрены запасы природно богатых железных руд на больших глубинах в Криворожском бассейне. Выполнен анализ способов вскрытия месторождения вертикальными скипо-клетевыми и наклонными конвейерными стволами. Для различных условий исследованы схемы строительства горизонтов второй ступени вскрытия, с учетом возможной интенсивности ведения работ.

Ключевые слова: месторождение, железная руда, глубина, вскрытие, схема, способ, выработка, ствол, квершлаг, штрек, точка встречи, направление работ.

В настоящее время разработка многих месторождений руд железа, никеля, меди, серебра, золота, других цветных металлов уходит на глубину. На золотых и медно-никелевых рудниках Канады в провинциях Онтарио и Квебек она колеблется в пределах 1500-3000 м, на золотых рудниках ЮАР и Индии горные работы ведутся на глубине свыше 3,5 км от поверхности. Очень глубоким является золотой рудник «Вестерн Дип Левелз» в ЮАР, где очистные работы превысили отметку 3,8 км.

В 80-е годы группой исследователей, которую, в частности, составляли академики Н.П. Семененко и Я.Н. Белевцев, проф. Г.В. Тохтуев и др. было проведено изучение структуры рудных полей и залежей богатых железных руд Кривого Рога на глубоких горизонтах разработки. Сопоставим полученные, по данным [1], размеры прогнозных запасов природно-богатой железной руды и содержания в ней железа по различным рудникам (рис.1).

Можно предполагать наличие в Криворожском бассейне в диапазоне глубин 1500-2500 м суммарных прогнозных запасов богатой руды порядка 730 млн. т. Указанная цифра может быть сопоставлена с величиной товарной руды, добытой подземным способом в бассейне за период, охватывающий практически всю историю его существования (1880-2006 гг.), которая оценивается в 2100 млн.т [2].

В этой связи важной и сложной проблемой является вскрытие и разработка месторождений на весьма больших глубинах с помощью использования нескольких ступеней вскрытия. Месторождения богатых железных руд в Криворожском бассейне в различное время вскрывались вертикальными и конвейерными стволами; в той или иной мере использовалась их комбинация.

Анализ применения способов вскрытия мощных наклонных рудных месторождений вертикальными скипоклетевыми и наклонными конвейерными стволами, выполненный, в частности, с учетом работ [2-4], позволил установить следующее.

Вертикальные стволы могут быть пройдены высокими темпами, использованы одновременно для подъема руды, породы, для проветривания, доставки материалов и оборудования, спуска-подъема людей, прокладки трубопроводов и кабельных линий, что невозможно или неэкономично при наклонных конвейерных стволах. В связи с этим на глубокой

* Для переписки: borshevskiy@gmail.com

шахте высокой производительности при вертикальном подъеме число стволов (главных и вспомогательных) на 30-50% меньше, чем при конвейерном подъеме в аналогичных условиях.

Проходка вертикальных стволов более безопасна даже в условиях высокого горного давления и горных ударов: число рудоподъемных стволов на крупных шахтах можно увеличивать по мере возрастания глубины разработки и уменьшать при доработке месторождения, используя освободившиеся стволы для вентиляции.

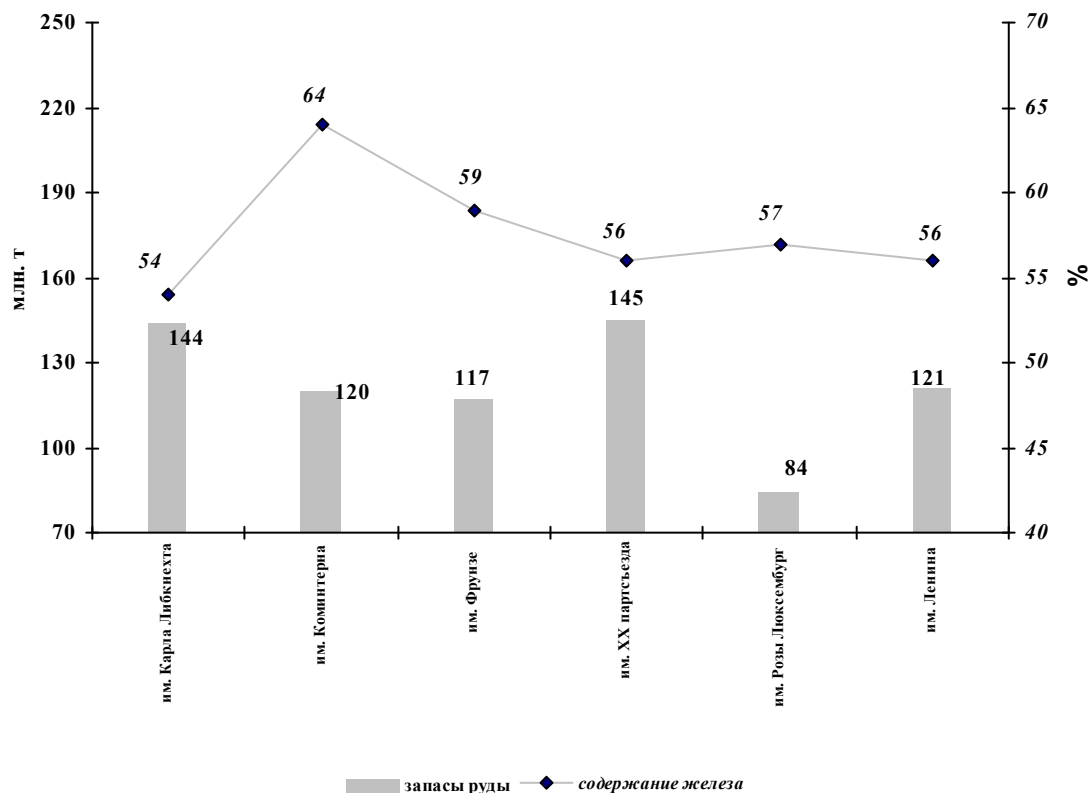


Рис. 1. Прогнозные запасы богатой руды в этаже 1500-2500 м

Конвейерные стволы требуется проходить сразу в запроектированном комплексе на глубину очереди, а затем нести по ним эксплуатационные расходы в полном объеме независимо от колебаний в добыче руды.

При конвейерном подъеме большую долю в затратах составляют амортизация капитальных вложений, стоимость конвейерных лент, поддерживающих роликов, расходы на электроэнергию и обслуживание стволов. Необходимы также дополнительные стволы для подачи воздуха в шахту и выполнения вспомогательных операций; для перегрузочных узлов необходимы большие камеры (до 6-10 тыс.м³ каждая), что допустимо в особо прочных породах и на ограниченных глубинах.

К существенным недостаткам конвейерных стволов следует также отнести [4]: жесткость шахтного подъема (энергетическая мощность подъемных установок остается прежней даже при значительном снижении производительности шахты); жесткость способа вскрытия (мощность конвейерной линии остается прежней и в период затухания шахты); низкую надежность конвейерной системы, особенно при наличии нескольких погрузочных и перегрузочных точек, необходимость постоянного наблюдения и ухода, так как перекося, неосевая нагрузка, заклинивание кусков руды в выпускной точке, удары кусков по ленте и срезающее их действие при скольжении и переходе ленты через ролики, прилипание абразивной мелочи и т. п. вызывают повышенный износ ленты и аварии; высокую стоимость проходки, особенно углубки, из-за необходимости многократной перетранспортировки горной массы для выдачи ее из забоя на поверхность. Так, в самый благоприятный период проходки наклонных стволов стоимость выемки

1 м³ породы была в 1,5-2 раза выше, чем у глубоких вертикальных диаметром в проходке соответственно 8 и 7 м [4].

Достоинства конвейерных стволов – непрерывность подъема и сохранение производительности с глубиной разработки – проявляют себя лишь при небольшом числе ставов и наличии резервных емкостей.

В свое время [3, 4]. при сравнении подъема руды конвейерными стволами с подъемом вертикальными скипоклетевыми стволами типа шахты «Гигант-Глубокая», оснащенными скипами грузоподъемностью 50 т, установлено, что вариант с вертикальными стволами по эксплуатационным расходам в 2,6 раза экономичнее конвейерного.

Основные причины высокой стоимости конвейерного подъема заключаются в значительной цене сооружений и оборудования, низкой надежности многоставной системы большой длины, неравномерном поступлении руды на конвейер из-за отсутствия резервных емкостей на линии и продолжительном включении системы при остановках, в результате чего увеличиваются износ оборудования, расход электроэнергии, простои, уменьшается коэффициент полезного использования конвейерной линии.

Как представляется в этой связи, для условий глубоких шахт Кривбасса можно рекомендовать вскрытие горизонтов с применением слепых вертикальных стволов. Для различных условий развитие работ может осуществляться по следующим схемам (рис. 2).

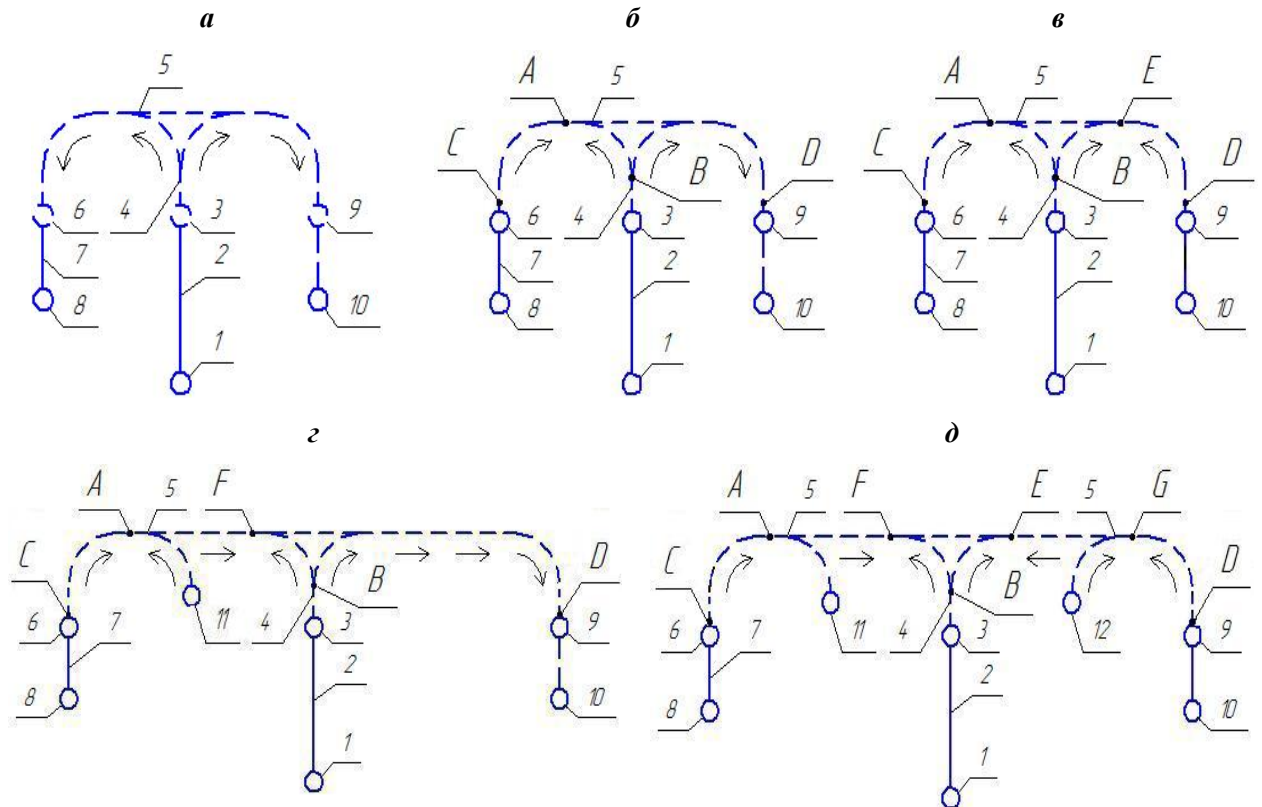


Рис. 2. Строительство горизонта второй ступени с использованием: а - одной точки приложения работ (от главного ствола); б - двух точек приложения работ (от главного ствола и одного из фланговых); в - трех точек приложения работ (от главного ствола и обоих фланговых); г - трех точек приложения работ (от главного ствола, флангового и временного околоштрекового); д - пяти точек приложения работ (от главного ствола, двух фланговых и двух временных околоштрековых); 1- главный ствол горизонта первой ступени вскрытия; 2- главный квершлаг горизонта первой ступени вскрытия; 3- главный слепой вертикальный ствол, вскрывающий горизонт второй ступени; 4- главный квершлаг горизонта второй ступени вскрытия; 5- штрек горизонта второй ступени вскрытия; 6, 9 - фланговые слепые вертикальные стволы, вскрывающие горизонт второй ступени; 7- вентиляционный квершлаг горизонта первой ступени вскрытия; 8, 10- фланговые стволы горизонта первой ступени вскрытия; 11, 12 - временные околоштрековые слепые стволы; А, Е, F, G – точки встречи; ← – направления развития проходческих работ.

При строительстве горизонта 2-й ступени вскрытия с использованием одной точки приложения работ (рис. 2, а) проходка выработок осуществляется следующим образом. Горизонт 2-й ступени вскрывается с помощью слепого ствола (3), находящегося вблизи главного квершлага (2) вышележащего горизонта, работы включают в себя также проходку околоствольного двора, камер подъемной машины и других выработок, необходимых для обеспечения строительства. Далее производится сооружение околоствольного двора на горизонте 2-й ступени вскрытия, проходка главного квершлага на этом горизонте (4), в дальнейшем осуществляется строительство штрека (5).

Схема характеризуется простотой, невысокими темпами строительства и, следовательно, сравнительно большой продолжительностью сооружения объекта. Вместе с тем при такой схеме не возникает необходимости в проведении значительного объема вспомогательных выработок, связанных с обеспечением строительства. Она может быть рекомендована в большинстве случаев, в особенности при сравнительно невысокой интенсивности отработки вышележащих этажей.

При строительстве горизонта 2-й ступени вскрытия с использованием двух точек приложения работ (рис. 2, б) проходка выработок осуществляется от слепого ствола, находящегося вблизи главного квершлага и одного из фланговых слепых стволов. В данном случае точка встречи *A* будет находиться на штреке. При этом продолжительность сооружения горизонта может быть определена из следующих соображений.

Если участки штрека *BC* и *BD* сопоставимы по протяженности, то возможны такие варианты:

- на участке *BC* используется менее производительное проходческое оборудование и продолжительность работ примерно соответствует участку *BD*, где используется более производительное оборудование;
- если оборудование сопоставимо по производительности, то продолжительность строительства горизонта будет определяться окончанием работ по сооружению участка *BD*;
- если участок штрека *BC* значительно превышает участок *BD*, то продолжительность строительства горизонта будет определяться временем достижения точки встречи *A*. Данная схема позволяет применять множество вариантов сочетаний различного проходческого оборудования для достижения определенных сроков окончания работ.

Строительство горизонта второй ступени с помощью трех точек приложения работ (от главного ствола и обоих фланговых). В этом случае (рис. 2, в), в отличие от схем, рассмотренных ранее, необходимо наличие еще одного флангового слепого ствола.

Продолжительность работ по строительству горизонта определится достижением точек встречи направлений работ *A* или *E*. При проходческом оборудовании различной производительности возможен вариант, когда моменты достижения точек встречи будут близкими.

Схема позволяет осуществить строительство в сравнительно сжатые сроки и может быть рекомендована при высокой интенсивности отработки вышележащих этажей. К числу заметных недостатков схемы могут быть отнесены необходимость проходки значительных объемов вспомогательных выработок и более высокая стоимость работ.

Схемы (рис. 2, а-в) имеют место при сравнительно небольших размерах рудного тела по простиранию. Если же размеры рудного тела по простиранию весьма велики, то могут иметь место следующие схемы (рис. 2, г, д).

Строительство горизонта второй ступени с помощью трех точек приложения работ (от главного ствола, флангового и временного околострекового), рис. 2, г. Если использовать проходческое оборудование различной производительности, то участки штрека *AC*, *AF*, *BF*, *BD* могут быть пройдены за сопоставимые промежутки времени, при использовании же оборудования одинаковой производительности продолжительность строительства горизонта во многом будет зависеть от темпов сооружения участка штрека *BD*.

Строительство горизонта второй ступени с помощью пяти точек приложения работ (от главного ствола, двух фланговых и двух временных околострековых), рис. 2, д. Схема отличается наличием 5 точек приложения работ и может быть рекомендована в условиях очень высоких интенсивности добычи полезного ископаемого и, соответственно, понижения очистных работ. В других случаях такую схему

применять нецелесообразно ввиду наличия значительных объемов выработок, обеспечивающих строительство, и большой его стоимости.

Таким образом, анализ залежей богатых железных позволяет предполагать наличие в Криворожском бассейне в диапазоне глубин 1500-2500 м суммарных прогнозных запасов богатой руды порядка 730 млн. т.

Для условий глубоких шахт Кривбасса можно рекомендовать вскрытие горизонтов с применением слепых вертикальных стволов. Строительство горизонта второй ступени возможно с использованием одной точки приложения работ – от главного ствола; двух – от главного ствола и одного из фланговых; трех точек – от главного ствола и обоих фланговых или – от главного ствола, флангового и временного околоштрекового; пяти точек - от главного ствола, двух фланговых и двух временных околоштрековых.

Библіографічний список

1. Структура криворожских месторождений богатых руд и закономерности их развития на больших глубинах. / Н. П. Семенов, Г.В. Тохтуев, В.М. Кравченко, Э.А. Ярошук и др. – Киев, Наук. думка, 1981. – 188 с.
2. Криворізький залізорудний басейн. До 125-річчя з початку промислового видобутку залізних руд. / Ю.Г. Вілкул, Л.В. Дояр, М.І. Дядечкін, О.С. Колодезнев та ін. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2006. – 583 с.
3. Агошков М.И., Малахов Г.М. Подземная разработка рудных месторождений. М., «Недра», 1966, 663 с.
4. Титов В.Д. Основы проектирования глубоких железорудных шахт. М., «Недра», 1977, 229 с.

© Харин С. А., Борщевский С. В., Формос В. Ф., 2011.

Анотація

Розглянуті запаси природно багатих залізних руд на великих глибинах в Криворізькому басейні. Виконаний аналіз способів розкриття родовища вертикальними скипо-клітьовими і похилими конвеєрними стволами. Для різних умов досліджені схеми будівництва горизонтів другої ступені розкриття, з врахуванням можливої інтенсивності ведення робіт.

Ключові слова: Родовище, залізна руда, глибина, розкриття, схема, спосіб, виробка, ствол, квершлаг, штрек, точка зустрічі, напрям робіт

Abstract

Supplies are considered naturally rich iron-stones on no-bottoms in the Krivoj Rog pool. The analysis of methods of dissection of deposit vertical and sloping conveyer barrels is executed. For different terms the charts of building of horizons of the second stage of dissection are investigational, taking into account possible intensity of conduct of works..

Keywords: Deposit, iron-stone, depth, dissection, chart, method, making, barrel, crossheading, drift, point of meeting, direction of works

УДК 622.8:622.24.053

Расчет устойчивости бурильных колонн при ликвидации аварий с буровыми установками

Шевченко Ф. Л., Петтик Ю. В.

ДонНТУ, Донецк, Украина

Поступила в редакцию 01.10.10, принята к печати 29.10.10

Аннотация

Рассмотрено решение задачи по расчету устойчивости сжато-растянутых стержней с учетом собственного веса, основанное на использовании специальных функций. Приведены инженерные формулы для расчета критических параметров устойчивости для проведения поисковых и ловильных работ при ликвидации аварий.

Ключевые слова: буровая установка, расчетная схема, бурильная колонна, авария, устойчивость, расчет, рекомендации.

При прохождении шахтных стволов и скважин большого диаметра (до 5 м в диаметре и глубиной до 900 м) буровым способом, не редки случаи обрыва бурильной трубы и утери бура.

Причиной обрыва бура при бурении роторными установками германской фирмы «WIRTH» является, как правило, разрушение болтов фланцевого крепления бурильных труб, или самого бура из-за динамических процессов. При использовании установок с реактивно-турбинными бурами (РТБ) часты обрывы бурильной трубы в месте ее соединения с траверсой агрегата РТБ или в месте крепления турбобуров к ниппелям траверсы. Потеря устойчивости бурильной колонны также приводит к ее обрыву или поломке ловильного устройства при ликвидации аварий.

Для выбора ловильного устройства для ликвидации аварий первоначально необходимо определить расположение оборванного бура в стволе или скважине большого диаметра, т.к. при падении на забой он может занять любое положение. Для поиска используют бурильную колонну

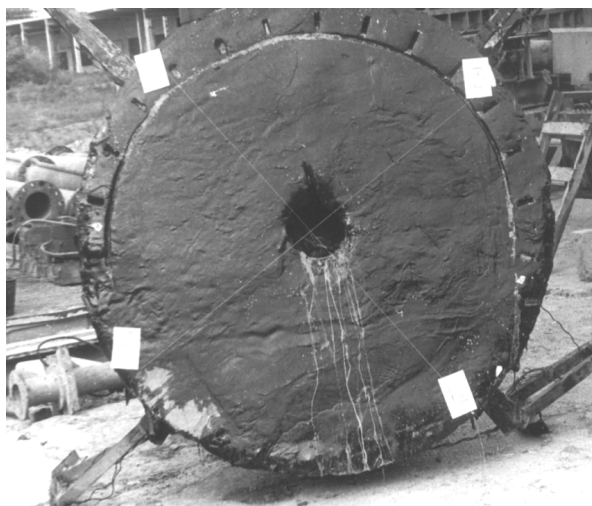


Рис. 1. Торцевая мастичная печать Ø 2 м с указанием направлений ориентации и следами отпечатка ребер оборванного долота

с пикобуром на нижнем конце или мастичной торцевой печатью. Колонну с пикобуром плавно опускают и движениями колонны вверх-вниз определяют (отбивают) отметки положения бура, а затем производят поиск эрлифтного отверстия и его расположение, для последующего ввода ловильного устройства. Очень часто для определения положения бура используют торцевую печать (рис.1). Для контроля процесса поисковых работ используют показания нагрузки на крюке или нагрузки на пикобур и величину перемещения бурильной колонны.

При этом нужно знать какую максимальную нагрузку на пикобур при поиске или ловильное устройство при захвате бура, можно приложить при их вводе в промывочный канал, чтобы трубный став не потерял устойчивость. Отсюда появляется задача о вычислении величины участка сжатия бурильной колонны и определения величины критических длин и нагрузок при которых происходит потеря устойчивости.

Вышеперечисленные обстоятельства обуславливают актуальность расчета сжато-растянутой буровой колонны на устойчивость при ликвидации аварий и разработки практических рекомендаций по предупреждению потери устойчивости колонны.

Целью данного исследования является расчет устойчивости буровых колонн при проведении аварийно-поисковых и ловильных работ во время ликвидации аварий с буровыми установками.

Решение задач на устойчивость сжато-растянутых стержней с учетом собственного веса рассмотрено в ряде работ [1-5, 7], а сжатых стержней без учета собственного веса в работе [9]. Однако, для расчетной схемы, когда верхний конец колонны может свободно перемещаться в направлении перпендикулярном оси колонны, но поворачиваться не может (конец помещен в подвижную втулку), а внизу имеет шарнирное опирание, исследования на устойчивость не проводились.

Вышеперечисленные обстоятельства обуславливают актуальность расчета сжато-растянутой буровой колонны на устойчивость при ликвидации аварий и разработки практических рекомендаций по предупреждению ее потери.

Потеря устойчивости буровой колонны при технологических или при проведении аварийных работ может приводить к обрыву бура или ловильного приспособления.

На рис. 2 показан фрагмент долота массой 55 тонн поднятый при помощи клиновой труболочки, которую завели в пустой колодец для крепления шарошкoderжателя и произвели захват долота. В данном случае, клиновая ловушка при поиске отверстия имела шарнирное опирание, а при ее срабатывании и захвате долота произошло защемление нижней части ловушки. На рис. 3 показан фрагмент нижней части долота с обломком клиновой ловушки разрушенной во время подъема и «расхаживания».

На рис. 4 приведена схема проведения аварийно-поисковых работ с применением пикобура при ликвидации аварии, которая произошла на шахте Краснолиманская при бурении вентиляционной скважины диаметром 4,2 м. Оторванное долото бура упало на забой вверх шарошками. При вхождении пикобура 3 или ловушки в канал промывочного отверстия или свободный колодец для крепления шарошкoderжателя, оборванного долота 4 и дальнейшем



Рис. 2 Клиновая ловушка в колодце Д₁ после извлечения бура Ø3970 мм массой 55 т с глубины 792 м 21 февраля 2000 года

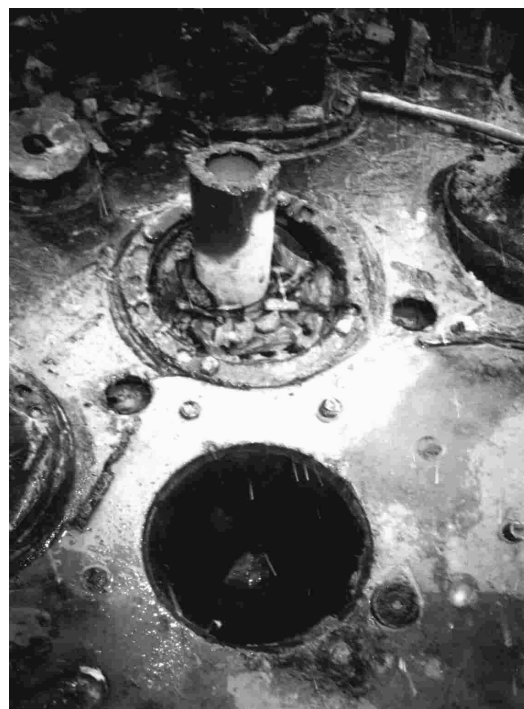


Рис. 3. Обломки клиновых ловушек в колодцах защемленных породой

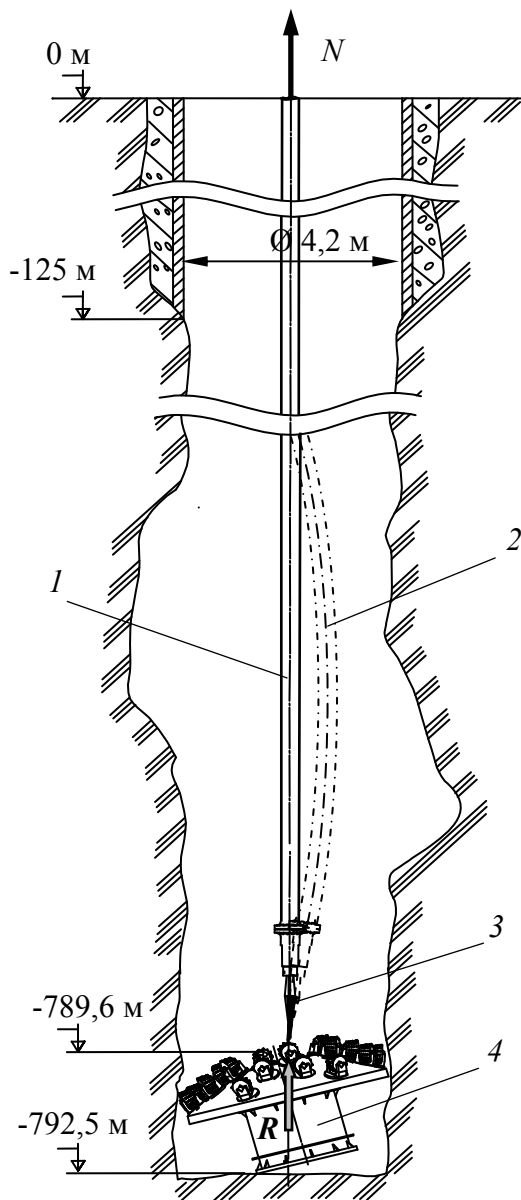


Рис. 4. Схема приведения аварийно-поисковых работ с применением пикобура
1 – бурильная колонна; 2 – изогнутая бурильная колонна; 3 – пикобур; 4 – оборванное долото

спуске бурильной колонны 1, возможна потеря устойчивости. Бурильная колонна изгибается и ее ось занимает положение 2, что может привести к поломке колонны или ловильного приспособления.

Весьма важным моментом в расчетах на устойчивость может быть «вырождение» схемы закрепления нижней опоры. Так при проведении поиска и ощупывания оборванного бура, нижний конец пикобура или «иглы» шарнирно опирается на него и расчет устойчивости нужно выполнять для такой же схемы закрепления. Но при вводе в отверстие на максимальную глубину и срабатывании ловушки возможно превращение шарнирного опирания нижнего конца с ловильным инструментом в жестко заделанный (защемленный) конец бурильной колонны (рис. 2). А при подъеме и расхаживании, в случае задержки, жесткая заделка может снова перейти в шарнирное опирание, и наоборот. Это важно учитывать при выборе критической силы и критической длины сжатого участка при подъеме и «расхаживании» захваченного долота в случае его задержки в стволе. Такое изменение схемы закрепления на опоре предлагается назвать «вырождением опирания» бурильной колонны. Это может привести к тому, что значение коэффициента приведения длины, характеризующего условия закрепления концов стержня, может измениться, при этом изменится и значение критической длины и значение критической силы (в несколько раз), это может привести к повторной аварии.

Для решения поставленной задачи нужно знать, какое максимальное усилие можно приложить к пикобуру, чтобы бурильная колонна не потеряла устойчивость. Отсюда появляется задача о вычислении критической длины участка сжатия сжато-растянутой бурильной колонны, подвешенной на талевой системе с усилием N , которая определяет величину реакции опоры на пикобур $R = ql - N$ (q – вес единицы длины бурильной).

Расчетная схема (рис. 5) предусматривает возможное отклонение верхнего горца колонны при вертикальном ее перемещении без поворота сечения и шарнирное опирание пикобура внизу.

Теоретическое обоснование напряженно-деформированного состояния бурового става при поисковых работах основано на дифференциальном уравнении изогнутой оси стержня

$$EJ \frac{d^3 y}{dx^3} + q \left(x \pm \frac{N}{q} \right) \frac{dy}{dx} = 0. \quad (1)$$

которое с помощью безразмерной текущей координаты (учитывающей жесткость при изгибе EJ , погонный вес трубного става q и натяжение каната талевой системы N),

$$z = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{q}{EJ} \left(x - \frac{N}{q} \right)^3}, \quad (2)$$

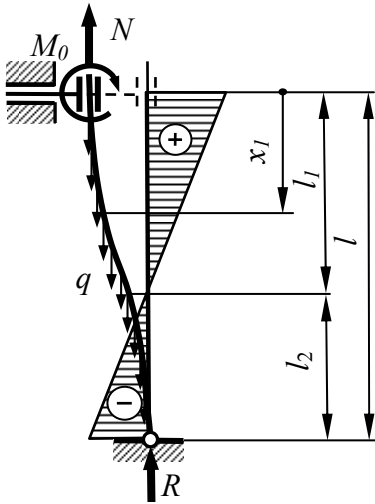


Рис. 5. Расчетная схема

приводится к уравнению Бесселя [2, 7, 8]

$$\frac{d^3 y}{dz^3} \pm \frac{1}{z} \cdot \frac{d^2 y}{dz^2} + \left(1 - \frac{1}{9z^2}\right) \frac{dy}{dz} = 0. \quad (3)$$

Решение уравнения (3)

$$y'(z) = C_1 J_{1/3}(z) + C_2 J_{-1/3}(z), \quad (4)$$

известно в функциях Бесселя первого рода $J_{1/3}(z)$ и $J_{-1/3}(z)$ [6], где

$$J_{1/3}(z) = \left(\frac{z}{2}\right)^{1/3} \frac{1}{\Gamma\left(\frac{1}{3}\right)} \left[1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n 3^n}{n! \Gamma(3n+1)} \left(\frac{z}{2}\right)^{2n}\right],$$

$$J_{-1/3}(z) = \left(\frac{z}{2}\right)^{-1/3} \frac{1}{\Gamma\left(-\frac{1}{3}\right)} \left[1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n 3^n}{n! \Gamma(3n-1)} \left(\frac{z}{2}\right)^{2n}\right].$$

Интегрированием (4) найдем уравнение изогнутой оси

$$y(z) = C_1 A(z) + C_2 B(z) + C_3, \quad (5)$$

а дифференцированием (4) получим уравнение изгибающих моментов

$$M(z) = EJ^3 \sqrt{\left(\frac{3qz}{2EJ}\right)^2} [C_1 J_{-2/3}(z) - C_2 J_{2/3}(z)]. \quad (6)$$

Из условия горизонтально смещающейся скользящей заделки на верхней опоре, где угол поворота и реакция равны нулю, получаем уравнение

$$y'(z_0) = C_1^* J_{1/3}^*(z_0) + C_2 J_{-1/3}^*(z_0). \quad (7)$$

Здесь звездочками обозначены постоянные интегрирования и модифицированные функции Бесселя верхнего участка колонны, испытывающей растяжение.

Как показано в работе [4], из условия сопряжения участков растяжения и сжатия колонны, между постоянными интегрирования существует зависимость: $C_1 = C_1^*$, $C_2 = -C_2^*$, $C_3 = C_3^*$.

Условие шарнирного опирания пикобура на нижнем участке колонны, испытывающем сжатие, $y(l) = 0$ и $M(l) = 0$ вместе с условием (7) приводит к системе однородных уравнений:

$$\begin{cases} C_1 A(l) + C_2 B(l) + C_3 = 0, \\ C_1 J_{-2/3}(l) - C_2 J_{2/3}(l) = 0, \\ C_1^* J_{1/3}^*(z_0) + C_2 J_{-1/3}^*(z_0) = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Приравнявая определитель системы уравнений (8) нулю, получаем уравнение устойчивости бурильной колонны

$$J_{2/3}(l)J_{1/3}^*(z_0) - J_{-2/3}(l)J_{-1/3}^*(z_0) = 0. \quad (9)$$

Из этого уравнения при заданном усилии на крюке $N = ql_1$ (первый столбец табл.) можно найти длину сжатого участка стержня (второй столбец табл.), при которой определитель (9) окажется равным нулю, что определяет суммарную длину трубного става $l = l_1 + l_2$.

Частный случай этой задачи, когда $N=0$, т.е. для случая стержня сжатого собственным весом q , условия скользящей заделки $y'(0) = 0$, $y'''(0) = 0$ определяют значения постоянных интегрирования $C_2 = 0$ (так как $J_{-1/3}(0) = \infty$) и $a = \frac{6P}{q} = 0$ (так как горизонтальная реакция $P=0$).

Условия шарнирного закрепления на нижней опоре при $x = l$, $y(l) = 0$, $M(l) = 0$ приводят к системе однородных уравнений:

$$C_1 A(l) + C_3 = 0, \quad J_{-2/3}(l) = 0.$$

Первый корень функции $J_{-2/3}(l)$ определяет аргумент $z = 1,243$, что дает значение коэффициента приведения длины μ в формуле критической длины стержня

$$\mu = \frac{2\pi}{3z} = 1,685.$$

Следовательно, критическая длина сжатого стержня с вышеприведенными условиями закрепления на опорах может определяться из зависимости

$$ql_{кр} = \frac{\pi^2 EJ}{\mu^2 l^2}. \quad (10)$$

При авариях с буровой установкой РТБ и использованием ее колонны для ликвидации аварий ее жесткость при изгибе равна $EJ = 2,85 \cdot 10^6 \text{ Нм}^2$, а вес единицы длины трубы $q = 297,6 \text{ Н/м}$. Тогда, согласно (10), критическая длина будет равна

$$l_{кр} = \sqrt[3]{\frac{\pi^2 EJ}{\mu^2 \cdot q}} = \sqrt[3]{\frac{\pi^2 2,85 \cdot 10^6}{1,685^2 \cdot 297,6}} = 32,17 \text{ м}. \quad (11)$$

В табл. приведены значения, вычисленные по формуле критической длины сжатого участка колонны (11) (столбец 2), используя которые можно найти значение коэффициента приведения длины сжатого участка стержня μ (столбец 3).

Табл. 1. Критические длины сжато-растянутой буровой колонны установки РТБ

Усилие на крюке, N , кН (длина участка растяжения, l_1 , м)	Длина участка сжатия, $l_2=l_{кр}$, м	Коэффициент приведения длины сжатого участка стержня μ	Приближенное значение коэффициента приведения длины μ , (по формуле (12))	Приближенное значение длины участка сжатия, $l_{кр}$, м (по формуле (13))	Реакция на пикобуре, $R_{кр}$, кН (по формуле (14))
1	2	3	4	5	6
1,49(5)	68,8	0,539	0,545	53,8	16,01
2,98(10)	69,0	0,536	0,534	58,2	17,32
7,44(25)	69,5	0,531	0,519	65,7	19,55
14,90(50)	71,2	0,512	0,507	73,2	21,78
22,32(75)	72,4	0,500	0,501	78,7	23,42
29,80(100)	72,1	0,490	0,496	83,3	24,79

Для вычисления приближенного значения коэффициента приведения длины μ по известной длине растянутого участка l_1 можно предложить инженерную формулу (12) (результаты расчета по ней приведены в столбце 4 табл.)

$$\mu = 0,571 - 0,0162 \cdot \ln l_1 \quad (12)$$

Вычислив по этой формуле коэффициент приведения длины сжатого участка легко найти приближенное значение критической длины сжатого участка (результаты расчета приведены в столбце 5 табл.) и величину реакции на пикобур (результаты расчета приведены в столбце 6 табл.).

Значения $l_{кр}$ и $R_{кр}$ можно определять по формулам приведенным ниже

$$l_{кр} = \sqrt[3]{\frac{\pi^2 EJ}{(0,571 - 0,0162 \cdot \ln l_1)^2 q}} \quad (13)$$

$$R_{кр} = q l_{кр} = \sqrt[3]{\frac{\pi^2 EJ q^2}{(0,571 - 0,0162 \cdot \ln l_1)^2}} \quad (14)$$

Выводы

1. Точное решение задачи об устойчивости сжато-растянуто стержня с распределенным весом, основанное на уравнении Бесселя, является громоздким, как по выводу расчетных зависимостей, так и в реализации числового расчета в конкретном случае при заданных геометрических и силовых параметрах буровой колонны. Такие расчеты усложняются при увеличении длины растянутого участка буровой колонны из-за больших значений аргументов функций Бесселя, при этом существенно снижается точность расчета. В этом случае нужно переходить к асимптотическим функциям Бесселя.
2. Для упрощения расчетов в инженерной практике (для заданной схемы закрепления) предложена инженерная формула (12) для вычисления приближенного значения коэффициента приведения длины μ в зависимости от длины растянутого участка l_1 , а также инженерные формулы (13) и (14) для вычисления критической длины сжатого участка буровой колонны и критической реакции на пикобур. При превышении критических значений указанных параметров произойдет потеря устойчивости буровой колонны.
3. На основе приведенных исследований, разработаны практические рекомендации для проведения работ по ликвидации аварий, которые переданы и используются на буровых участках ГОАО «Донецкое ШПУ» ДП ГХК «Спецшахтобурение».

Библиографический список

1. Расчет бурильных труб в геологоразведочном бурении / Е.Ф. Эпштейн, В.И. Мацейчик, И.И. Ивахин, А.Ш. Асатуриян. – М.: Недра, 1979. – 160 с.
2. Сароян, А.Е. Теория и практика работы бурильной колонны / А.Е. Сароян. – М.: Недра, 1990. – 264 с.
3. Шевченко, Ф.Л. Устойчивость бурильных колонн установок реактивно-турбинного бурения / Ф.Л. Шевченко, Ю.В. Петтик // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер.: гірничо-геологічна. / Донец. нац. техн. ун-т. – 2006. – Вип. 105. – С. 137-146.
4. Шевченко Ф.Л. Устойчивость бурильной колонны буровых установок реактивно-турбинного бурения / Ф.Л. Шевченко, Ю.В. Петтик // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників - 2009». – Д.: Національний гірничий університет, 2009. - С. 238-246.
5. Улитин Г.М. Динамика и устойчивость бурильных колонн буровых установок роторного типа: дис. ... доктора. техн. наук: 05.02.09. / Улитин Геннадий Михайлович – Д.: НГУ, 2003. – 321 с.
6. Шевченко, Ф.Л. Механика упругих деформируемых систем. / Ф.Л. Шевченко. // Часть первая. Напряженно-деформированное состояние стержней. Изд. второе. – Донецк: ДонНТУ, 2006. – 293 с.
7. Шевченко, Ф.Л. Механика упругих деформируемых систем. / Ф.Л. Шевченко. // Часть вторая. Сложное сопротивление. Изд. второе. – Донецк: РВВ, 2007. – 306 с.
8. Динник, А.Н. Приложение функций Бесселя к задачам теории упругости. / А.Н. Динник. // Избранные труды. Том 2. - К.: АН УССР, 1955. - 224 с.
9. Поляков, Г.Д. Проектирование, расчет и эксплуатация буровых установок. / Г.Д. Поляков, Е.С. Булгаков, Л.А. Шумов. - М.: Недра, 1983. – 318 с.

© Шевченко Ф. Л., Петтик Ю. В., 2011.

Анотація

Розглянуто рішення задачі за розрахунками стійкості стисло-розтягнутих стрижнів з урахуванням власної ваги, яке засноване на використанні спеціальних функцій. Наведено інженерні формули для розрахунку критичних параметрів стійкості для проведення пошукових і ловильних робіт при ліквідації аварій.

Ключові слова: бурова установка, розрахункова схема, бурильна колона, аварія, стійкість, розрахунок, рекомендації.

Abstract

The theoretical validation of the influence of the liquid flow velocity inside boring column on its stability subject to boring column ends fixity are presented.

Keywords: boring machine, calculation chart, boring column, accident, stability, calculation, recommendations

Численный анализ конструкции колонной станции на нагрузки от наземного транспорта

Тюткин О. Л.^{1*}, Борщевский С. В.²

¹ГВУЗ Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика
В. Лазаряна, Днепропетровск, Украина

²ГВУЗ Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина

Поступила в редакцию 01.10.10, принята к печати 29.10.10

Аннотация

В статье приведены результаты численного анализа случаев транспортной нагрузки при его взаимодействии с колонной станцией методом конечных элементов.

Ключевые слова: станция метро, перегонный тоннель, колонная станция, напряжения.

Постановка проблемы. Рост пассажиропотоков, увеличение дальности перемещений, необходимость сокращения времени на поездки нуждается в повышении скорости соединения с одновременным обеспечением надежности, безопасности и комфортности пассажирских перевозок. В условиях мегаполиса, когда необходимо обеспечить сохранение базовой застройки и сооружений, которые представляют собой историческую ценность, эти транспортные проблемы решаются с помощью подземных линий метрополитена [1, 2]. Большинство перспективных линий в таких городах проектируют на мелком заложении. Такие линии имеют значительные преимущества по сравнению с линиями глубокого заложения. Например, стоимость таких линий в два раза меньше, чем линии глубокого расположения [3, 4]. Существенно отличаются и трудозатраты на сооружение 1 п.м. перегонного тоннеля.

Исходя из многолетнего опыта эксплуатации линии метрополитена мелкого заложения можно свидетельствовать, что они более удобны для пассажиров, чем линии глубокого заложения [4, 5]. Незначительная глубина заложения и наличие двух входов в станции экономят время движения пассажиру от входа к посадочной платформе. Два и более входов станции способствуют более равномерному заполнению вагонов, убыстряют выход пассажиров из платформы на поверхность. Кроме того, эксплуатационные расходы, которые относят к одному километру линии мелкого расположения, на 18...20 % ниже, чем глубокого [1]. Во многих городах, где строительство метро началось сравнительно недавно, линии расположены на мелком заложении.

Целью данной работы является исследование станции колонного типа мелкого заложения при разных вариантах ее пересечения подвижной нагрузкой, что является актуальным вопросом в современных условиях.

В существующих статических расчетах конструкция колонной станции сводится к плоским расчетным схемам. Но если в обделке односводчатой станции в ее статическую работу по длине не вступают другие элементы, такая замена правомерна, то в данном типе станции такая замена некорректна, так как система «колонны – прогон – тоннели» являются нерегулярной [6]. Поэтому разбивка нерегулярной конструкции колонной станции, которая сводится к двум плоским расчетным схемам (в месте прохода и в месте колонны), приводит к неучету связи между частями конструкции [6].

Инженерные расчеты колонных станций мелкого заложения часто проводят на избранную единичную ширину ($b=1$ м, вдоль оси станции). В отличие от односводчатой станции, где такая замена возможна (так как конструкция не изменяется по длине станции), в колонных станциях она

*Для переписки: tutkin@mail.ru

является затруднительной, так как не будет отображать реальной работы станции. Представленная замена приводит пространственную конструкцию к плоской расчетной схеме, но в случае колонной станции введенные две плоские расчетные схемы (а также схема прогона, которая является попыткой связать эти две схемы) недостаточно отображают работу конструкции [6]. Плоские расчетные схемы разделяют средний, боковые тоннели, колонны, перемычки (прогоны) и продольные балки, которые работают совместно. В дальнейшем их рассчитывают в отрыве от реальной работы, так как взаимодействие между ними и обделками среднего и боковых тоннелей заменяют усилиями, которые передаются из них, что неточно отображает реальную работу станции.

В отличие от односводчатых станций, которые представляют собой одну симметричную выработку с симметричной нагрузкой, колонные станции представляют собой три выработки. Такая особенность работы конструкции приводит к усложнению расчетной схемы, а, соответственно, и расчета.

Учет приведенных особенностей в пространственном расчете колонной станции, позволяет с большей точностью описать работу такого сложного подземного сооружения и приводить более точные расчеты, которые являются залогом их нормальной эксплуатации. Важнейшую роль в анализе напряженно-деформированного состояния (НДС) системы «тоннельная конструкция – окружающий массив» играет исследование механизма работы, существования и взаимодействия двух частей этой системы. Неучет пространственного фактора и введение предположений об использовании плоских расчетных схем – главные причины получения некорректного представления о работе сооружения, последствиями которого являются либо создание неоправданных запасов прочности, либо существование недопустимых напряжений и деформаций.

Ряд авторов отмечает удобство и эффективность применения МКЭ в расчетах станций пилонного и колонного типов. Применение МКЭ в данной работе также обосновано тем, что внедрение метода позволяет формировать условия нагрузки разнообразной степени сложности, в том числе и неравномерные, а также рассматривать конструкции нерегулярной геометрической структуры. Также с помощью МКЭ возможно отображать существенные свойства реальных объектов в наглядном и удобном виде, поэтому МКЭ был избран как метод исследования в этой работе.

Постановка задачи – пространственная; исходные данные о сооружении и массиве – натурные и экспериментальные. Имитация поведения грунтового массива – вязко-упруго-пластическая, именно это предположение и является основным в попытке более полного отображения действительности в случае исследования ее МКЭ [6].

Разработанная конечно-элементная модель колонной станции (рис. 1) позволила получить достаточный для анализа объем результатов.

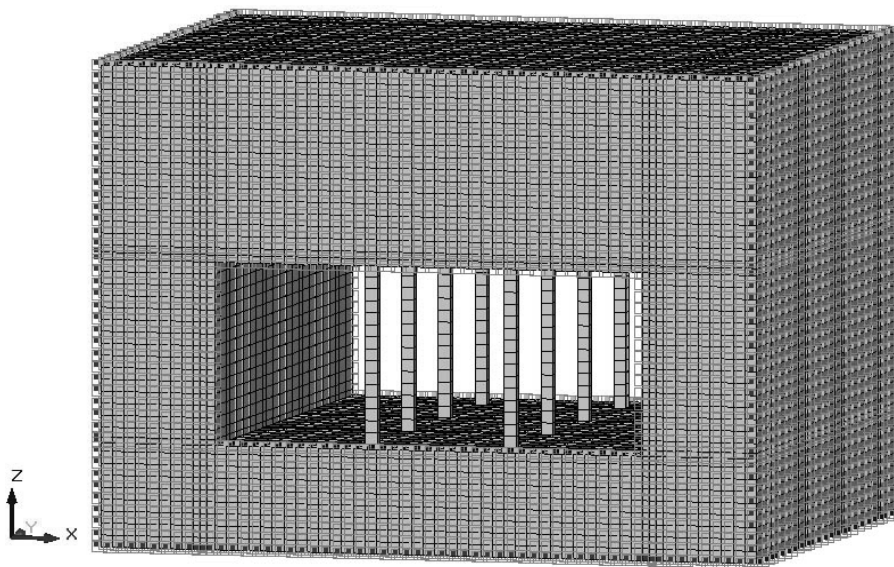


Рис. 1. Схема колонной станции мелком заложения МКЭ

Конечно-элементная модель была загружена пятью комплексами нагрузок (рис. 2).

Следует заметить, что 5 нагрузок (2...5 нагрузки), которые представляли собой приложение лишь колесной нагрузки НК-80, отличались от 1-ой нагрузки – собственного веса модели. Такое разделение было введено для того, чтобы отделить влияние подвижной нагрузки НК-80 на НДС модели. При нагрузке собственным весом картина нагрузок и перемещений скрывает влияние подвижной нагрузки.

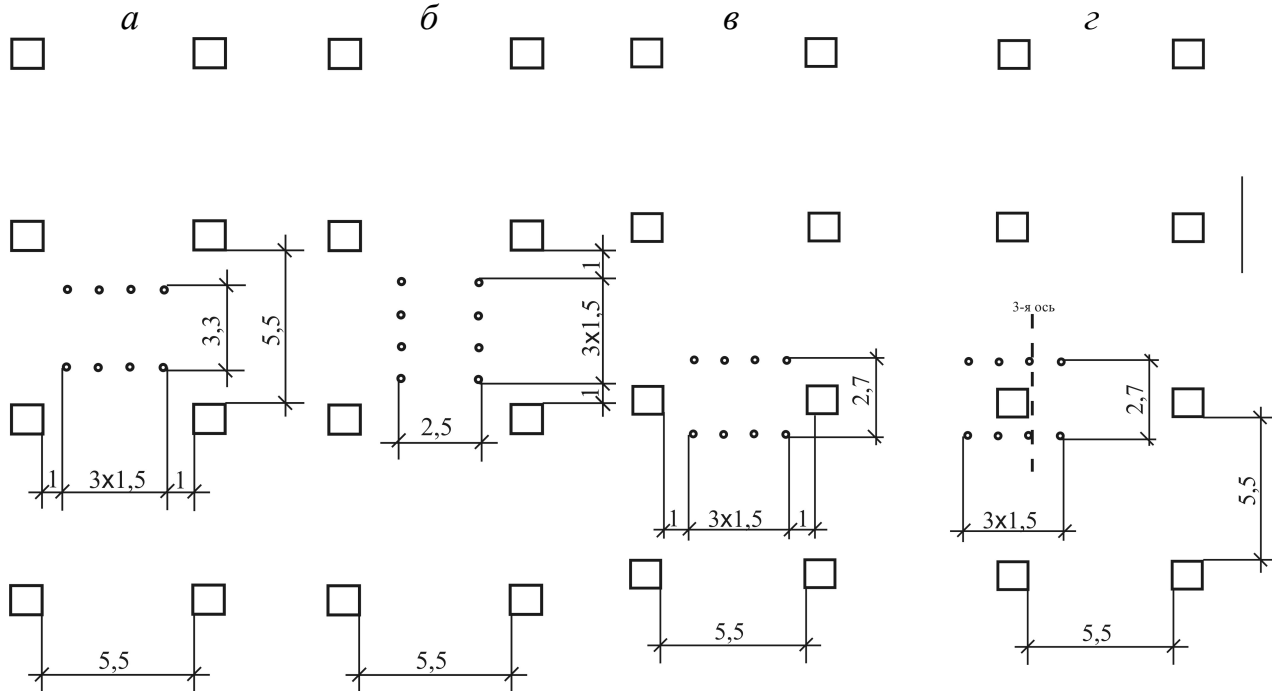


Рис. 2. Схемы нагрузок модели: а) 2-я нагрузка; б) 3-я нагрузка; в) 4-я нагрузка; г) 5-я нагрузка

На рис. 3 приведены выборочные результаты численных расчетов колонной станции (горизонтальные напряжения не приведены для экономии места).

При анализе НДС колонной станции следует определять не только экстремальные значения параметров напряжений и перемещений, но и проанализировать, как они распределяются. Этот факт представляет собой влияние распределения параметров НДС в симметричной или несимметричной форме, потому что явная асимметрия очень негативно влияет на работу колонной станции. Анализ напряжений в случае 6-ти нагрузок позволяет определить следующее. В случае 1-ой нагрузки (собственный вес) картина напряжений по оси Z является симметричной. Анализируя распределение напряжений от собственного веса следует отметить, что от подвижной нагрузки они меньше в 45-50 раз (N_z) и около 33-35 раз (N_x). Это еще раз доказывает, что влияние подвижной нагрузки меньше влияния собственного веса массива. Как было показано выше, следует также проанализировать форму изолиний и изополей НДС модели и выявить его изменение от несимметричности приложения подвижной нагрузки. Следует отметить, что наибольшая несимметричность напряженного состояния наблюдается в случае 5-ой нагрузки (рис. 4).

Также следует отметить, что за полученными значениями, напряжения в 5-ой нагрузке больше значения их в 3-й и 4-й (28 кН/м^2 в 5-ой нагрузке и 24,9 кН/м^2 в 3-й).

Проанализированный выше эффект несимметричности параметров НДС системы наиболее значительно проявился в перемещениях по оси Z в верхней плите (например, наиболее четко выраженные в 5-ой нагрузке). Наиболее несимметричная картина перемещений по оси Z в верхней плите отмечена в 5-ой нагрузке. Это можно объяснить тем, что нагрузка, находясь практически над колонной № 3, вызывало наиболее несимметричные перемещения, но по значению они несколько меньше, чем в других нагрузках, что объясняется значительной жесткостью колонн.

Проанализированный случай 5-ой нагрузки дает возможность сделать вывод, что нахождение нагрузки даже над колонной, приводит к значительным перемещениям по оси Z (вертикальная) (рис. 5), хотя жесткость колонны значительна. При нахождении нагрузок над колонной она загружена более за все, хотя в общую работу включенные ближайшие колонны этого ряда.

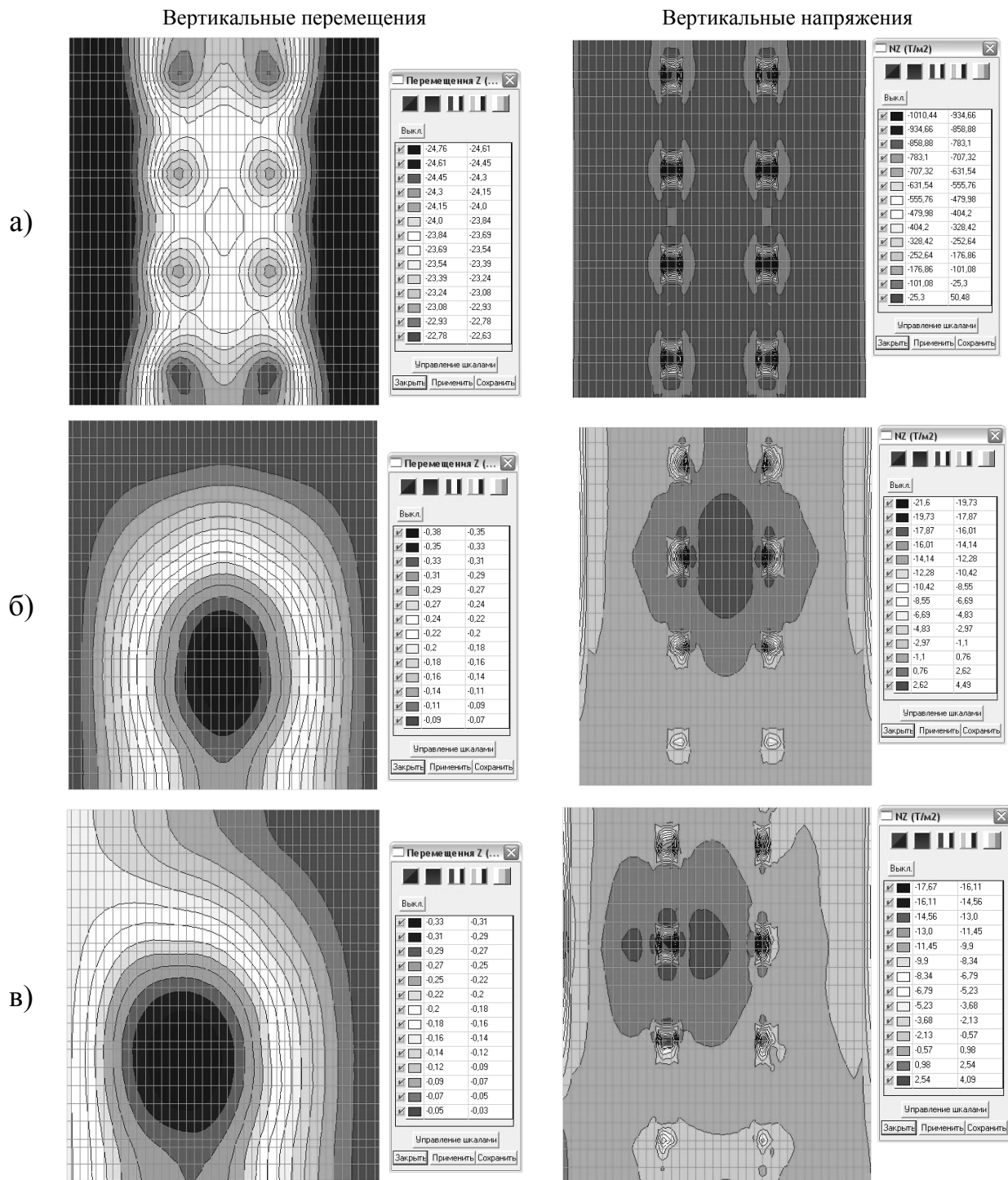


Рис. 3. Перемещение по оси Z в верхней плите модели колонной станции:
а) 1-я нагрузка; б) 4-я нагрузка; в) 5-я нагрузка

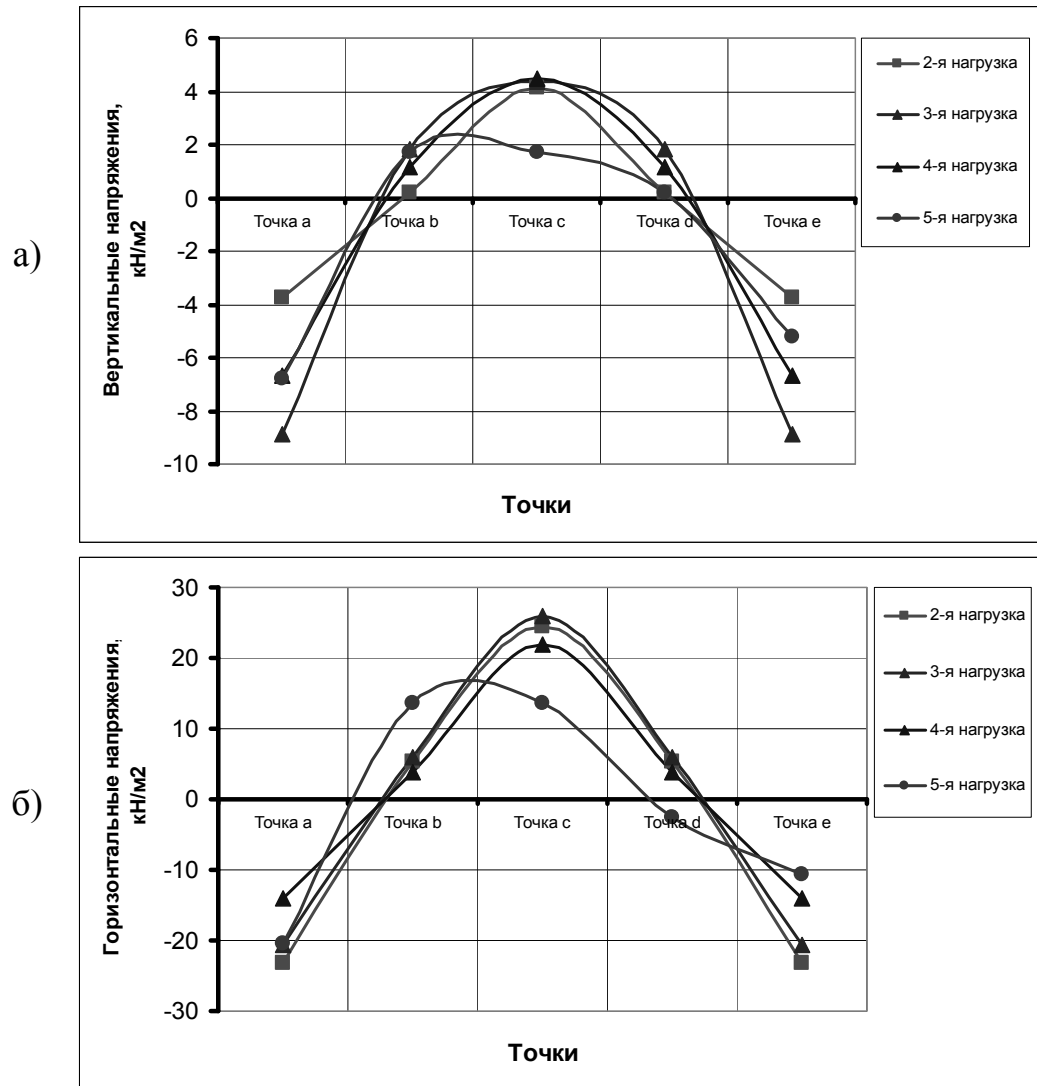


Рис. 4. График распределения вертикальных (а) и горизонтальных (б) напряжений в точках на перекрытии

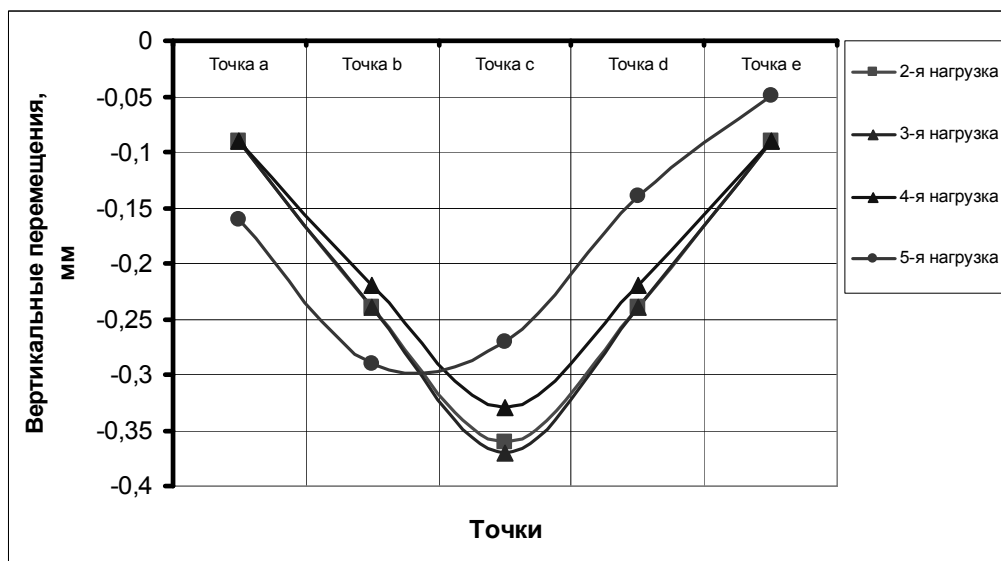


Рис. 5. График распределения вертикальных перемещений в точках на перекрытии

Таким образом, проведенный анализ дает возможность сделать вывод, что общий НДС колонной станции находится в нормативных пределах, но в значительной степени зависит от геометрического размещения подвижной нагрузки относительно верхней плиты станции и системы колонн, глубины заложения, жесткости конструкции та деформативных характеристик окружающего массива. Исследование станции метрополитена колонного типа мелком заложения на разные случаи пересечения их подвижной нагрузкой следует продолжать в области изменения деформативных характеристик грунта.

Библіографічний список

1. Фролов Ю.С., Крук Ю.Е. Метрополитены на линиях мелкого заложения. Новая концепция строительства. – М.: ТИМР, 1994. – 202 с.
2. Фролов Ю.С., Крук Ю.Е. Новая концепция строительства метрополитена на линиях мелкого заложения // Подземное пространство мира, 1993. – № 2. – С. 10-5.
3. Петренко В. И., Петренко В. Д., Тютюкин А. Л. Современные технологии строительства метрополитенов в Украине. – Дніпропетровськ: Вид-во «Наука і освіта», 2005. – 252 с.
4. Петренко Е.В., Петренко И.Е. Прогрессивное решение в строительстве новых линий метрополитенов // Подземное пространство мира, 1998. – № 1. – С. 3-4.
5. Демешко Е.А., Косицын С.Б., Слемзин А.Е. Расчет колонной станции метрополитена как пространственной конструкции // Транспортное строительство. – 1992. – № 1. – С. 32-35.
6. Петренко В.І., Петренко В.Д., Тютюкін О.Л. Розрахунок трисклепінчастих станцій метрополітену глибокого закладення. – Дніпропетровськ: Вид-во «Наука і освіта», 2004 р. – 176 с.

© Тютюкин А. Л., Борщевский С. В., 2011

Анотація

В статті наведені результати чисельного аналізу випадків транспортного навантаження при його взаємодії з колонною станцією методом скінченних елементів

Ключові слова: станція метро, перегонний тоннель, колонна станція, напруження.

Abstract

In the article the results of numerical analysis of transporting loading cases at his co-operation with the columnar station by the finite elements method are resulted.

Keywords: subway station, tunnels, column station tension.

Влияние горнотехнических и гидрогеологических особенностей горных пород на эффективность разрушения в условиях открытой добычи на карьерах

Чебенко В. Н.^{*}, Козловская Т. Ф.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского, Кременчуг, Украина

Поступила в редакцию 01.10.10, принята к печати 29.10.10.

Аннотация

Рассмотрены горнотехнические и гидрогеологические особенности горных пород, добываемых на карьерах Полтавского региона. Охарактеризованы факторы, влияющие на эффективность их разрушения с использованием энергии взрывного импульса.

Ключевые слова: горные породы, гидрогеологические особенности, горнотехнические условия, обводненность скважин.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Эффективность разрушения горных пород напрямую зависит от их физико-механических и технологических свойств. Кроме того, полноценной передаче взрывного импульса препятствуют микро-, макротрещины и другие дефекты внутренней межкристаллитной структуры основных образующих пород и различных включений других химических соединений, изменяющих прочность химических связей и кристаллографические свойства направляющих граней [1-4].

В связи с этим актуальным является изучение горнотехнических и гидрогеологических особенностей добываемых открытым способом горных пород во взаимосвязи с вопросами эффективности их дробления с использованием энергии взрывного импульса.

Постановка задач исследований.

Задачей данной работы является анализ влияния различных свойств горных пород на эффективность их дробления при проведении взрывных работ открытым способом.

Изложение материала и результаты.

В работе рассмотрены свойства горных пород карьеров нерудстройматериалов Кременчугского региона (Редутский щебзавод, Рыжевский гранитный карьер, Приднепровский спецкарьер, Крюковское карьероуправление, Кременчугского карьероуправление «Кварц»), а также карьеров Полтавского горно-обогатительного и Докучаевского флюсодоломитного комбинатов.

Редутский щебзавод и Рыжевский гранитный карьер разрабатывают различные участки Редутского месторождения гранитов. В геологическом строении месторождения принимают участие докембрийские кристаллические породы и кайназойские отложения – третичные и четвертичные. Кристаллические породы представлены гранитами и гранодиоритами.

Они являются наиболее распространенной кристаллической породой месторождения. Контакт между гранодиоритами и гранитами малозаметный. Тут же среди мелкозернистых гранитов наблюдается гнейсвидная полосчатость и темно-зеленые ксенолиты. Контакты гранита

^{*} Для переписки: tfk58@kdu.edu.ua

с ксенолитом резкие. Граниты расположены преимущественно в верхней части месторождения, коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протодяконова $f=15-18$. В результате выветривания верхняя часть гранитного массива превращается в дресву.

В морфологическом отношении месторождение представляет собой куполовидные остатки древнего кристаллического массива. В геоструктурном отношении месторождение расположено на северо-восточном распространении Звенигородско-Кременчугского типа гранитов.

Массив гранитов Редутского месторождения разбит трещинами на глыбы различной величины. Характер поверхности кристаллического массива неровный, вскрышные породы представлены четвертичными суглинками и песками, а также третичными глауконитовыми песками и глинами. Категории крепости вскрышных пород по трудности экскавации I-II. Для извлечения вскрышных пород, представленных выветренными разностями кристаллических пород, возникает необходимость применения буровзрывных работ. Водовмещающими породами являются мелкозернистые пески. Водоупорами служат глинистые прослойки. Воздушные горизонты маломощные, непостоянные, образовавшиеся от скопления атмосферных осадков. Вторым горизонтом являются грунтовые воды, залегающие в понижениях рельефа гранитного массива. Основным источником пополнения запасов подземных вод являются фильтрационные воды реки Псел и Днепродзержинского водохранилища и в меньшей степени атмосферные осадки. Подземные воды, циркулирующие в толще гранитов – мягкие, гидрокарбонатно-кальциевые.

Крюковское карьероуправление Южной железной дороги разрабатывает Крюковское месторождение, представленное серыми и розовато-серыми гранитами кременчугского типа, содержащими жилы пегматита, аплита, кварца, многочисленные дайки диорита. В геологическом строении месторождения принимают участие кристаллические породы нижнего докембрия (полезное ископаемое) и покрывающие их мощные отложения палеогена и четвертичной системы. Комплекс пород, прикрывающий гранитный массив, состоит из серовато-зеленых глин или светло-серых глауконитовых песчаников. Для разработки нижнего слоя вскрышных пород требуется дополнительный объем работ по бурению и взрыванию. Категория крепости этих пород – IV, V (коэффициент крепости $f=10-12$).

В районе месторождения водоносные горизонты отмечены в нижней части вскрыши и в толще полезного ископаемого. Водоносные горизонты в песках, песчаниках и гранитах имеют гидравлическую связь и составляют фактически единый горизонт. Наблюдаемый наибольший приток воды в карьере составляет $140,9 \text{ м}^3/\text{час}$. Контрольный расчет водопритока по методу гидрогеологических аналогий достигает $341 \text{ м}^3/\text{час}$. Во взрывных скважинах наблюдается постоянное наличие воды с колебанием ее уровня от 2-х до 16 м.

Карьероуправление «Кварц» Министерства обороны Украины разрабатывает Песчанское месторождение, полезным ископаемым на котором являются свежие нетронутые выветриванием мигматиты, граниты и гнейсы, находящиеся в соотношении 90,0%, 8,3%, 1,7% и залегающие в форме куполообразного поднятия, вытянутого в северо-западном направлении с постепенным погружением кровли кристаллических пород к юго-западу, северо-западу и северо-востоку. Размеры месторождения: длина – 1750 м, ширина – 400 м. Абсолютные отметки кровли мигматитов варьируют от 58,3 до 12,8 м. Мощность полезной толщи в контуре подсчета запасов до абсолютной отметки – 60 м и колеблется от 33,5 и до 86,3 м и в среднем составляет – 59,9 м.

В массиве кристаллических пород выделены пять основных систем трещин: крутопадающие трещины западного, северо-западного простирания, азимут падения ЮЗ 202^0 , угол падения – 85^0 ; крутопадающие трещины восточного и северо-восточного простирания, азимут падения СЗ 338^0 , угол падения – 89^0 ; наклонные трещины южного - юго-западного простирания, азимут падения СЗ 274^0 , угол падения – 59^0 ; наклонные трещины южного - юго-западного простирания, азимут падения ЮЗ 94^0 , угол падения – 64^0 ; полого – падающие трещины южного и юго-западного простирания, азимут падения ЮЗ 39^0 , угол падения – 5^0 . Расстояние между трещинами колеблется от 0,2 до 2,0 м.

Мигматиты в пределах разведанной площади имеют доминирующие распространения и составляют 85-90% разведанных запасов. Они представляют собой крепкую ($f=10-12$) тонко полосчатую породу. Характерной чертой мигматитов является их полосчатость. Состоят они из серого или светло-розового полевого шпата (45-72%), темно-серого кварца (20-40%), биотита (7-28%), роговой обманки (1-12%).

Граниты прослеживаются среди мигматитов в виде небольших тел мощностью 0,5-4,5 м, редко достигают 13,6 м и составляют 8-9% разведанных запасов. Граниты розового цвета, мелкозернистые, массивные, трещиноватые. Состоят из плагиоклаз – элизоклаз (40-50%), кварца (35-45%), биотита (до 7%) и микроклина (18%).

Гнейсы имеют ограниченное развитие и встречаются в виде редких ксенолитов и жил. мощностью 0,5-1,0 м в единичных случаях до 2,9 м. Вскрышные породы представлены выветренными кристаллическими породами, песчаниками (скальная вскрыша) глинами, аргиллитами, дресвой – песками, суглинками, почвой (рыхлая вскрыша). Общая мощность вскрышных пород колеблется от 13,2 до 66,3 м, составляя в среднем по месторождению 33,7, в том числе скальной – 6,1 м.

По условиям залегания и выдержанности качества пород Песчанское месторождение мигматитов и гранитов отнесено к 1-й группе классификации месторождения и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. В пределах месторождения распространены два водоносных горизонта: водоносный горизонт аллювиальных отложений первой террасы реки Днепр; водоносный горизонт трещиноватой зоны кристаллических пород докембрия.

Между собой водоносные горизонты разделены водоупорными отложениями Харьковской и Киевской свит. Верхний водоносный горизонт безнапорный. Мощность водосодержащих пород колеблется от 6,5 до 13,5 м. Глубина залегания уровня изменяется от 0,6 до 6,8 м. Питание горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и талых вод. Основные гидрогеологические параметры изменяются в следующих пределах: дебит – 0,28 до 1,74 м³/сек, понижение от 2,48 до 4,8 удельный дебит от 0,10 до 0,43 л/сек, коэффициент фильтрации 21,2 м/л.

Мощность трещиноватой зоны, вмещающей нижний водоносный горизонт в пределах месторождения, составляет 50-70 м. Водоносный горизонт имеет напорный характер, величина напора составляет 7,6 м, увеличиваясь к западу до 30 м. Питание горизонта осуществляется за счет перетекания вод вышележащих горизонтов через «окна» в коре выветривания, киевских и харьковских отложениях и в долинах рек, где кристаллические породы выходят на дневную поверхность. Основные гидрогеологические параметры горизонта следующие: дебит – 0,2 л/сек; понижение – 15,2 м, удельный дебит – 0,007 л/сек; коэффициент фильтрации – 1,62 м/сутки.

Общий водоприток в существующий карьер составляет 500 м³/ч, в том числе из аллювиальных отложений – 400 м³/час, из трещиноватой зоны кристаллических пород – 100 м³/час. Физико-механические свойства полезного ископаемого: плотность – 2,67 – 2,73 г/см³; водопоглощение – 0,1 – 0,2%; пористость – 0,75 – 1,89%. Предел прочности при сжатии: в сухом состоянии – 120-140 МПа; в водонасыщенном состоянии – 100 – 140 МПа. Сырьевой базой Днепропетровского рудоуправления ОАО «Полтавский ГОК» является Горишне-Плавнинское месторождение железистых кварцитов. Рельеф в районе месторождения представляет собой плоскую, слегка всхолмленную равнину с гидрографической сетью реки Днепр и ее притоков.

В геологическом строении месторождения принимают участие породы архейской, протерозойской и кайнозойской систем. Архейские породы представлены гранитоидами и зеленокаменными породами – амфиболитами.

Гранитоиды (граниты, мигматиты, гнейсы) – светло-серого, серого цвета, средне-крупно-зернистые, интенсивно-трещиноватые. Верхние горизонты местами интенсивно выветрены. Расположены они в юго-западной части Горишне-Плавнинского месторождения.

Амфиболиты темно-серого цвета мелкозернистые, массивные, интенсивно трещиноватые, местами окварцованные. В верхней части толщи (гор. +26, +15,0) интенсивно выветренные и местами преобразованы в гидрослюдистые глины.

В составе протерозоя главенствующее место принадлежит свите метаморфических сланцев железистых кварцитов (K^2_1 , K^2_2 , K^2_3), именуемой Криворожской серией. С поверхности железистые кварциты прикрыты рыхлыми осадочными породами кайнозоя. Из осадочных пород на месторождении развиты суглинки, мелкозернистые пески, глауконитовые глины, алевролиты.

Скальные породы, разрабатываемые буровзрывным способом, представлены (снизу вверх): сланцевой подсвитой K^2_1 – сланцы слюдисто-хлоритовые, гранато-слюдисто-хлоритовые, кварцево-слюдистые с прослойками слабрудных и безрудных кварцитов; породы трещиноватые, обводнены. В верхней части горизонтов + 38 м, + 26 м, +1 м интенсивно разрушены в результате выветривания. Мощность подсвиты 60-80 м; рудными залежами подсвит K^2_2 , K^2_3 . Промышленные руды приурочены к подсвите K^2_2 , и пачке K^2_{22} . Рудная залежь подсвиты K^2_2 имеет пластообразную форму и непрерывно прослеживается на север. Подсвита K^2_2 разделена на три горизонта. Горизонт K^2_2 представлен краснополосчатыми, средне- и грубо-слоистыми магнетитовыми кварцитами с содержанием $Fe_{\text{магн}}$ 28-32%.

Горизонт K^2_{22} составляет среднюю часть подсвиты и сложен серо-полосчатыми, средне- и грубо-слоистыми магнетитовыми кварцитами с содержанием $Fe_{\text{магн}}$ 20-30%, горизонт K^2_{23} сложен слюдко-магнетитовыми кварцитами с содержанием $Fe_{\text{магн}}$ 27-30%. Магнетитовые кварциты подсвиты K^2_2 , K^2_{22} являются легкообогатимыми, K^2_{23} – труднообогатимыми. Рудная залежь K^2_{33}

заклучена между слабобудными куммингтонито-магнетитовыми кварцитами и сланцами K^2_{34} , K^2_{32} . Породы грубо-слоистые. Мощность толщи 400-450 м. Под вскрышными породами железистые кварциты видоизменились процессами выветривания, образовав полуокисленную и окисленную зону. На верхних горизонтах (полуокисленные), лимонито-мартитовые (окисленные) и сидеритизированные (выщелоченные) разновидности. Все породы верхней части кристаллического массива характеризуются повышенной трещиноватостью, которая прослеживается до глубины 80-120 м. Кристаллические породы залегают в виде крупной складки, замыкающейся на юге месторождения. Простираие крыльев складки близко к меридиальному падению под углом от 45^0 до 90^0 . Коэффициент крепости скальных пород по шкале проф. М.М. Протодяконова, разрабатываемых буровзрывным способом, колеблется в широких пределах - от $f=10$ до $f=20$. Месторождение железистых кварцитов расположено в пределах первой надпойменной террасы левобережья реки Днепр. В пределах месторождения выделено три водоносных горизонта, четвертичных отложений (песков, суглинков), бучакских отложений (углистые глины, пески), трещиноватые породы кристаллического массива. Водоносный горизонт аллювиальных отложений распространен повсеместно. Средняя мощность его 10 м, водоносный горизонт безнапорный, из него в карьер поступает 80-90% воды от общего водопритока. Водоносный горизонт трещиноватой зоны распространен повсеместно, глубина распространения 60-80 м от поверхности кристаллического массива. В этой зоне заключены напорные воды. Величина напора изменяется от 10-13 м до 100 м, увеличиваясь по мере погружения поверхности кристаллических пород.

Уровень воды в скальных породах колеблется в широких пределах от 0,8 до 2 м (на верхних горизонтах в скважинах 1 ряда), до 12-15 м (на нижних горизонтах в скважинах второго и последующих рядов) и зависит от расположения блоков.

Выводы и направления дальнейших исследований.

Таким образом, горные породы, подвергающихся взрывному разрушению, характеризуются различной твердостью, минералогическим составом, а соответственно будут отличаться количеством пылегазообразных выбросов в атмосферу карьеров. Этот факт является основанием для детальных полигонных исследований интенсивности дробления различных типов горных пород и путей практического снижения объемов образующихся токсичных выбросов.

Библиографический список

1. Мирзаев Г. Г. Экология горного производства / Г. Г. Мирзаев, Б. А. Иванов, В. М. Щербаков, Н. М. Проскуряков. - М.: Недра, 1991. - С. 136-141.
2. Бересневич П. В. Микроклимат железорудных карьеров и нормализация их атмосферы / П. В. Бересневич, А. В. Ткаченко. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - С. 87-91.
3. Кутузов Б. Н. Перспективные направления развития взрывного разрушения горных пород / Б. Н. Кутузов, Е. И. Шемякин // Горный журнал. - 1992. - № 3. - С. 3-7.
4. Ефремов Э. И. Проблемы охраны окружающей среды при массовых взрывах на карьерах / Э. И. Ефремов // Вісник АН УРСР. - 1989. - № 11. - С. 64-70.

© Чебенко В. Н., Козловская Т. Ф., 2011.

Анотація

Розглянуті гірничотехнічні та гідрогеологічні особливості гірських порід, які видобуваються на кар'єрах Полтавського регіону. Охарактеризовано чинники, що впливають на ефективність їх руйнування із застосуванням енергії вибухового імпульсу.

Ключові слова: гірські породи, гідрогеологічні особливості, гірничотехнічні умови, обводненість свердловин.

Abstract

Mountaintechnical terms is considered and hydrogeological features of rocks, obtained on quarry of the Poltava region. Factors, influencing on efficiency of their destruction with the use of energy of explosive impulse, are described.

Keywords: rock, hydrogeological features, mountaintechnical terms, gap-fillingness by water of mining holes.

Деякі особливості силікатів кальцію у складі сталеплавильних шлаків металургійного комбінату «Арселорміттал Кривий Ріг»

Тиришкіна С. М., Іванченко В. В.

КТУ, Кривий Ріг, Україна

Надійшла до редакції 01.10.10, прийнята до друку 29.10.10.

Анотація

Поєднання сучасних і традиційних мінералогічних методів дозволило визначити у складі групи силікатів кальцію біля десяти мінеральних видів, як природного так і штучного походження. Наведені результати вивчення кристалічної структури і хімічного складу мінералів цієї групи. Встановлені зміни їх властивостей мінералів в процесі переробки, зберігання і збагачення шлаків, які суттєво впливають на технологію переробки відходів металургійного виробництва та поширення хімічних елементів зі шлакових відвалів у навколишнє середовище.

Ключові слова: силікат кальцію, склад, шлак, збагачення.

Група силікатів кальцію дуже поширена в продуктах металургійного, цементного, вогнетривкового виробництва. Більшість з них відносяться до піроксенів. Силікати кальцію утворюються при взаємодії кремнезему і інших сполук, що містяться в залізорудній сировині, яка поступає на металургійне виробництво, з флюсами (головно карбонатами у складі вапняків, мармурів і вапна). Це приводить до значної варіативності конституційних особливостей мінералів даної групи [1]. Як головні шлакоутворювальні мінерали вони в значній мірі впливають на технологічні властивості металургійних шлаків, напрямки їх використання, а також стан навколишнього середовища гірничо-металургійних регіонів.

Силікати кальцію у складі сталеплавильних шлаків Криворізького металургійного комбінату є найбільш чисельною, проте недостатньо вивченою групою мінералів. При їх дослідженні були визначені кристалооптичні характеристики, параметри кристалічної ґратки, а також особливості хімічного складу за даними мікрозондового аналізу. Поєднання сучасних і традиційних мінералогічних методів дозволило визначити у складі групи біля десяти мінеральних видів (табл. 1, 2). Більшість з них зустрічається у природі, головним чином в продуктах метаморфізму мармурів (ларніт, кірштейніт, мервініт) [2]. Інші мінерали охарактеризовані О.Н. Вінчелом, Г. Штрюбелем, В.І. Міхєєвим в продуктах агломераційного, цементного і металургійного виробництва (α - $\text{Ca}_2[\text{SiO}_4]$, шаноніт γ - $\text{Ca}_2[\text{SiO}_4]$, силікоалюмінат кальцію $(\text{Ca},\text{Mn})[\text{AlSiO}_4]_4$), тобто являються штучними фазами [3, 4, 5].

Зважаючи на схожість морфологічних ознак і оптичних властивостей мінералів даної групи, діагностику їх в досліджених зразках металургійного шлаку проводили за результатами рентгеноструктурного і мікрозондового аналізів (табл. 1, 2; рис. 1, 2).

Розраховані кристалохімічні формули досліджених силікатів кальцію наступні:

мервініт $\text{Ca}_{3,66}\text{Mg}_{0,17}\text{Mn}_{0,07}\text{Fe}_{0,05}\text{K}_{0,04}\text{Na}_{0,004}[\text{Si}_{0,86}\text{Al}_{0,08}\text{P}_{0,06}\text{O}_4]_2$;
ларніт $\text{Ca}_{1,898}\text{Mg}_{0,02}\text{Mn}_{0,01}\text{Fe}_{0,03}\text{K}_{0,04}\text{Na}_{0,002}[\text{Si}_{0,88}\text{Al}_{0,06}\text{P}_{0,06}\text{O}_4]$;
хатрюрит $\text{Ca}_{2,82}\text{Mg}_{0,04}\text{Mn}_{0,02}\text{Fe}_{0,07}\text{K}_{0,05}\text{Co}_{0,011}[\text{Si}_{0,73}\text{Al}_{0,04}\text{Sc}_{0,18}\text{P}_{0,02}\text{Cr}_{0,02}\text{O}_4]$;
силікоалюмінат кальцію $\text{Ca}_{1,1}\text{Mg}_{0,17}\text{Mn}_{0,62}\text{Fe}_{0,06}\text{Na}_{0,05}[\text{Si}_{1,3}\text{Al}_{0,64}\text{P}_{0,05}\text{O}_4]$.

Табл. 1. Силікати кальцію, виявлені за даними рентгеноструктурного аналізу («Механобрчормет»), аналітик С.В.Дмаховська)

Мінерал	Головні рефлекси, нм
Ларніт $\beta\text{-Ca}_2[\text{SiO}_4]$	0,2795; 0,744; 0,2608; 0,2188
Шаноніт $\gamma\text{-Ca}_2[\text{SiO}_4]$ *	0,277; 0,269; 0,219; 0,1985; 0,203; 0,1632; 0,161; 0,170
Хатрюрит $\text{Ca}_3[\text{SiO}_5]$	0,2787; 0,2649; 0,307; 0,2840; 0,1789; 0,1513
$\alpha\text{-Ca}_2[\text{SiO}_4]$ *	0,276; 0,269; 0,237; 0,220; 0,177
Кірштейніт $(\text{Ca},\text{Fe})[\text{SiO}_4]$	0,2957; 0,2687; 0,2612; 0,1835; 0,3672
Силікоалюмінат кальцію $(\text{Ca},\text{Mn})[\text{AlSiO}_4]$ *	0,969; 0,556; 0,254; 0,385; 0,344

*Фази штучного походження, діагностовані за ASTM [6].

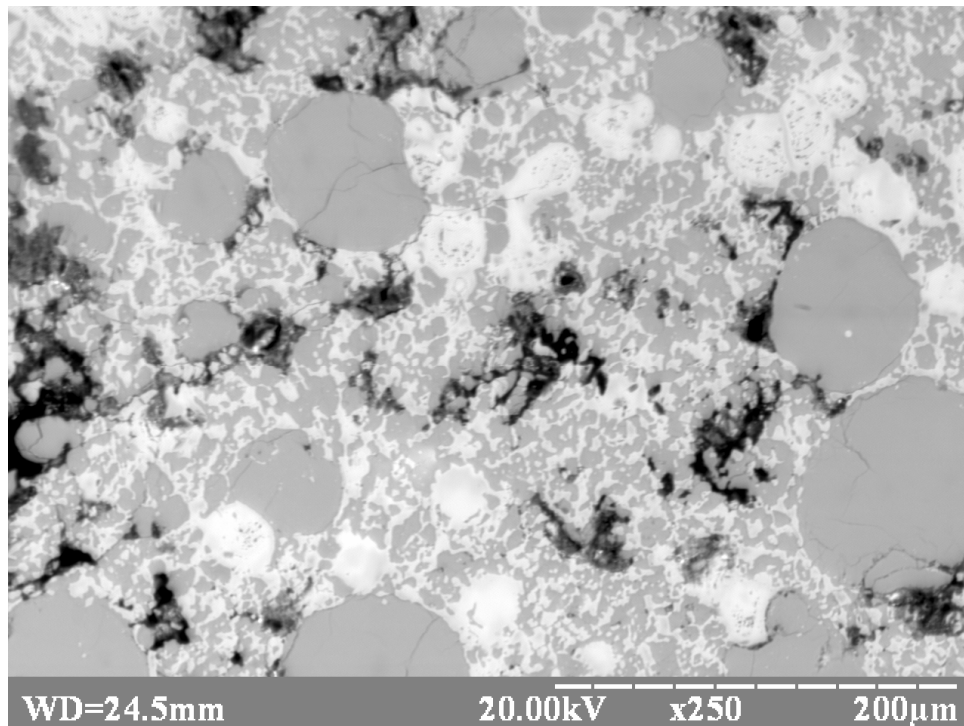


Рис. 1. Хатрюрит (сіре, видовжені кристали). Мікрозондовий аналіз виконаний у відбивних електронах.

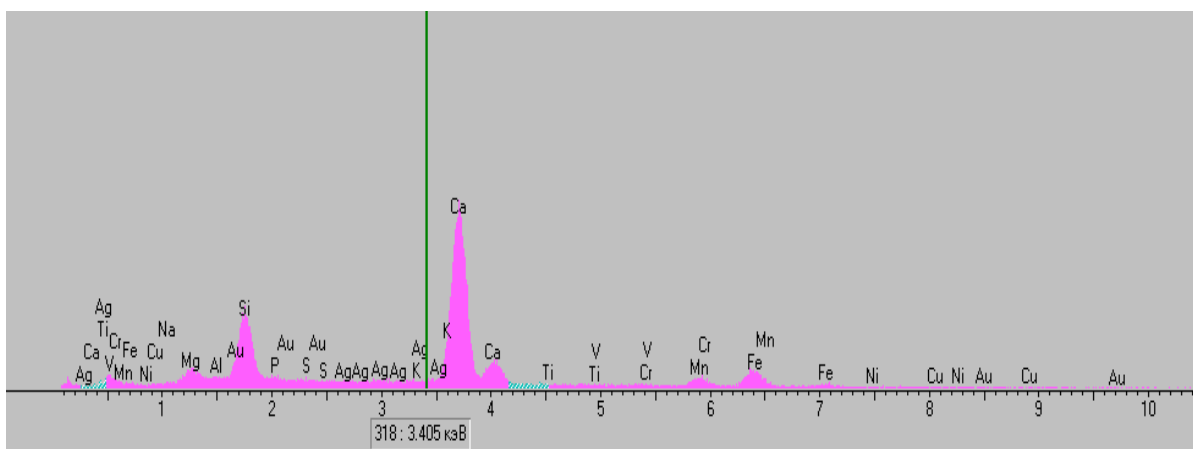


Рис. 2. Хімічний склад хатрюриту за даними мікрозондового аналізу.

Табл. 2. Хімічний склад силікатів кальцію за даними мікрозондового аналізу, мас. %

CaO	SiO ₂	MgO	MnO	Al ₂ O ₃	FeO	Cr ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Sc	S	Co
Мервініт Ca₃Mg[SiO₄]₂												
51,23	36,42	2,88	0,90	2,83	0,67	-	0,05	0,47	2,59	-	1,24	-
Ларніт β-Ca₂[SiO]₄												
64,1	31,37	0,43	0,37	0,78	0,80	-	0,05	1,23	0,45	-	0,48	-
Хатрюрит Ca₃[SiO₅]												
65,71	23,4	1,01	0,46	1,17	1,46	0,47	-	0,92	0,64	4,01	0,50	0,24
Силікоалюмінат кальцію* (Ca,Mn)[AlSiO₄]₄												
10,57	54,01	2,33	5,05	23,43	0,72	0,27-	0,74	-	1,78	-	1,60	-

*Фази штучного походження.

Наведені дані свідчать, що за вмістом оксиду кальцію і кремнезему техногенні силікати кальцію майже не відрізняються від природних аналогів і близькі до теоретичних формул [7, 10]. Проте, мервініт металургійного походження значно бідніший магнієм і, навпаки, збагачений сіркою, фосфором та алюмінієм. За складом елементів-домішок досліджені кристали ларніту близькі до природних зразків [8]. Але в них міститься значно більше мангану і заліза, що відображає специфіку хімічного складу рідкого металургійного шлаку і умов його кристалізації.

Визначені домішкові хімічні елементи можуть бути представленими у вигляді субмікроскопічних включень окремих «мінералів-в'язнів», або ізоморфно замішувати головні мінералоутворювальні елементи – кальцій, кремній, магній. Приклад ізовалентного ізоморфізму наведений на рис. 3. Він показує, що значна частина іонів Ca⁺² в кристалічній ґратці силікатів кальцію заміщена іонами Mn⁺².

Силікати кальцію утворюють різноманітні за формою кристали: видовжені, таблитчасті, дископодібні, короткостовбчасті, ізометричні. Колір мінералів від сірого до зеленувато-сірого, фіолетового і навіть темно-помаранчевого. Поширені прості (у видовжених кристалах) і полісинтетичні (у таблитчастих і ізометричних кристалах) двійники [9].

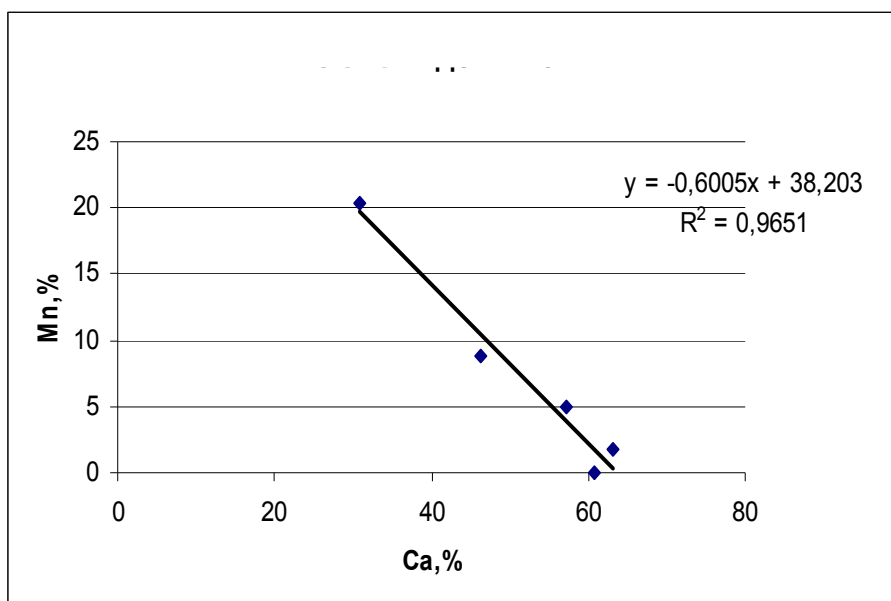


Рис. 3. Лінійна залежність між вмістом кальцію і мангану в кристалічній ґратці силікатів кальцію.

Дані мінерали кристалізуються в широкому інтервалі температур і утворюють зростки з різноманітними мінералами шлаку. Наприклад, магнетит, як правило, кристалізується пізніше силікатів кальцію і вповнює простір між їх кристалами. Частина силікатів кальцію мають з магнетитом індукційні поверхні спільного росту та наростають на його поверхні (рис. 4). Іноді магнетит захоплюється індивідами силікату кальцію з утворенням пойкилітових кристалів [9].

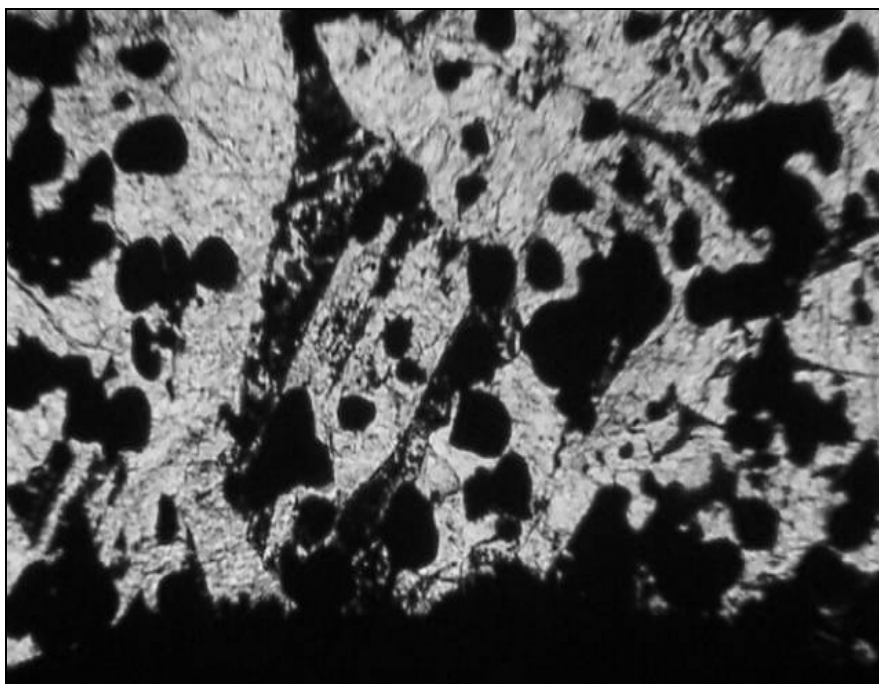


Рис. 4. Наростання силікату кальцію (біле) на кристалах магнетиту (чорне) з наступним спільним ростом двох мінералів. Прозорий шліф, ніколі \parallel . $\times 180$.

З феритами кальцію силікати кальцію, як правило формують зернисті агрегати і субпаралельні зростки, з високотемпературними мінералами - зональні агрегати, склад яких змінюється від центру до периферії наступним чином. Зона а): шпінель, герциніт, муліт, тридиміт, кристобаліт; зона б): вюстит, магнетит; зона в): ларніт, шаноніт, хатрюрит. В таких ділянках шлак набуває орбікулярної зональної будови. Безпосередній контакт силікатів кальцію з мулітом завжди корозійний (рис. 5).

Виконані мікрозондові дослідження шлакоутворюючих мінералів силікатів кальцію, одних із самих розчинних і нестійких в гіпергенних умовах, показали постійну присутність у їх складі важких металів і домішкових хімічних елементів. (табл.2):

Ларніт містить, % Al_2O_3 -0,78; K-1,23; P_2O_5 -0,45; мервініт Al_2O_3 -2,83; Na-0,05; P_2O_5 - 2,59; S-1,24; хатрюрит: P_2O_5 -0,64; S- 0,50; Mn- 0,46; Cr- 0,47; Sc-4,01; браунмелліріт: P_2O_5 -0,34; Mn- 2,46; Cr -0,25; Sc-0,9; S- 0,20; Pb- 0,4.

Ферити і силікати кальцію розчиняються в кислотах і воді. Використовувана на металургійних підприємствах технічна і шламова вода, атмосферні опади і інша волога, яка взаємодіє з шлаками, має кислотну реакцію. Тому при тривалому зберіганні шлаків у відвалах вказані мінерали дисоціюють, забруднюючи ґрунтові і річкові води продуктами розчинення.

Отже під час зберігання шлаку у відвалі його мінеральні компоненти відіграють роль потужного джерела постачання різноманітних хімічних елементів у навколишнє середовище. На відстані до 4 км від шлакових відвалів в ґрунтах і ґрунтових водах спостерігається суттєве накопичення заліза, мангану, хрому, нікелю, кобальту і інших металів. За межами вказаної території їх вміст зменшується і відповідає фоновому (до речі досить високому) рівню для Криворізького басейну [11]. Накопичення ВМ в сучасному геологічному середовищі відбувається за рахунок вітрового переносу (пиління) з місць постійного та тимчасового зберігання відходів, вимивання атмосферними опадами і інфільтрації у водоносні горизонти. Розсіюючись у сучасному геологічному середовищі, металургійний шлак і продукти його гіпергенезу змішуються з

природними мінералами і мінеральними компонентами. Їх визначення у складі річкових, озерних осадків, ґрунтів має важливе наукове і практичне значення.

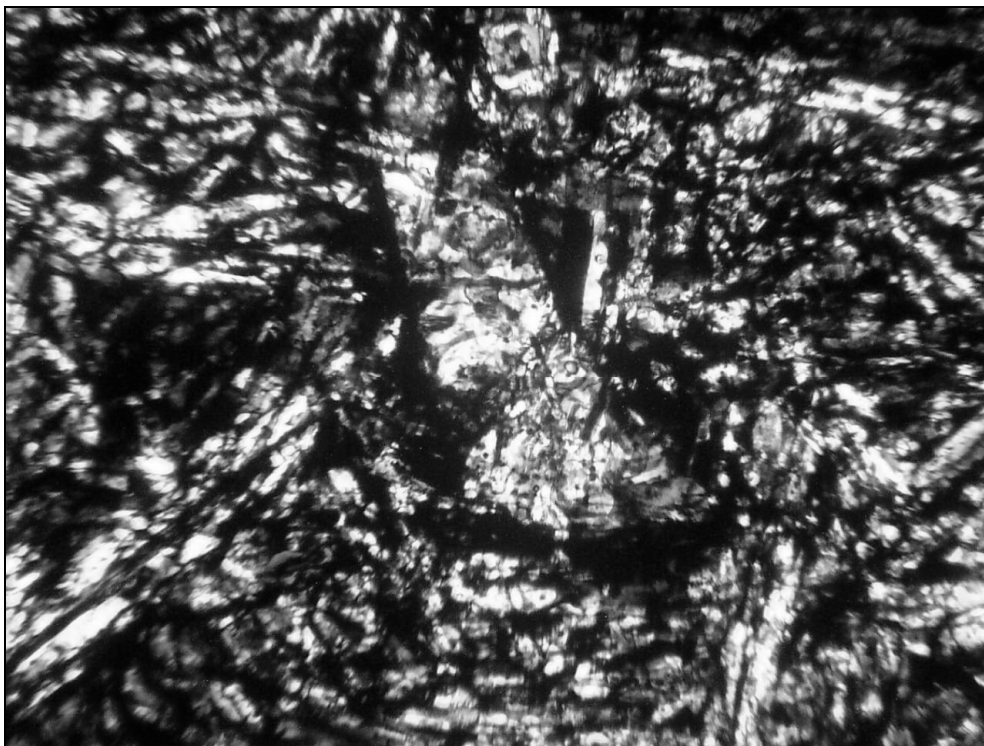


Рис. 5. Заміщення муліту (таблитчасте зерно у центрі) кірштейнітом (світлі видовжені кристали), темні видовжені кристали – ферит кальцію. Мартенівський шлак. Прозорий шліф, ніколі +. $\times 80$. [9].

Після збагачення сталеплавильний шлак використовується металургійними комбінатами у якості вторинної залізорудної сировини. Разом з мінералами заліза до збагаченого шлаку потрапляє значна кількість силікатів кальцію. Вони поповнюють шихту агломераційного і доменного виробництва кремнеземом, глиноземом, лугами та іншими шкідливими хімічними елементами і сполуками. Результати мікроскопічних досліджень авторів свідчать про можливість виділення силікатів кальцію з металургійного шлаку на стадії його збагачення і створення на його основі кальцій-силікатного продукту для використання у виробництві будівельних композицій.

Висновки. Група силікатів кальцію у вивчених шлаках складається з кількох мінеральних видів, як природного так і штучного походження. Вони відрізняються морфологією індивідів і агрегатів, оптичними властивостями і генетичними ознаками та складом і суттєво впливають на формування зростків рудних і нерудних мінералів, технологічні властивості шлаку і стан довілля в районах його складування і переробки.

Бібліографічний список

1. Андронов В. Н. Жидкие металлы и шлаки : [справ. изд.] / В. А. Андронов [и др.]. – М., 1977. – 127 с.
2. Литвинова Т.И., Пирожкова В.П., Петров А.К. Петрография неметаллических включений. // М., «Металлургия». -1972. -184 с.
3. Лапин В.В. Петрография металлургических и топливных шлаков // Институт геологии рудных месторождений петрографии, минералогии и геохимии АН СССР. Труды // М.: Вып. 2 -1956- с.323
4. Винчелл А. Н. Оптические свойства искусственных минералов /А. Н. Винчелл, Г. В. Винчелл. – М. : Мир, 1967. – 526 с.
5. Михеев В. И. Рентгенометрический определитель минералов / В. И. Михеев. – М. : Госгеолтехиздат, 1957. – 868 с.
6. ASTM : Diffraction Date Cards and Alphabetical and Grouped Numerical Index of X-ray Diffraction Date. – Philadelphia, 1966–1967.

7. Поваренных А. С. Кристаллохимическая классификация минеральных видов / А. С. Поваренных. – Киев : Наук. думка, 1966. – 548 с.
8. Martinez-Friasa J., Benitob R., Wilsonc G. Analysis and chemical composition of larnite-rich ultrarefractory materials / J. Martinez-Friasa, R. Benitob, G. Wilsonc // Journal of Materials Processing Technology. – 2004. – Vol. 147, Is. 2. – P. 204–210.
9. Тиришкіна С. М. Вплив кальцієвих силікатів на технологічні властивості і збагачення сталеплавильного шлаку / С. М. Тиришкіна // Наук. праці Донець. нац. ун-ту. Сер. гірничо-геол. – 2008. – Вип. 8 (136). – С. 212–215
10. Handbook of Mineralogy. Mineral Data Publishing. – 2001. <http://webmineral.com.ua>.
11. Маяков І. Д. Екологічна оцінка стану геологічного середовища / І. Д. Маяков // Нетрадиційні екологічні проблеми Кривбасу : [за ред. І. М. Малахова]. – Кривий Ріг, 2001. – 60 с.

© Тиришкіна С. М., Іванченко В. В., 2011.

Аннотация

Сочетание современных и традиционных минералогических методов позволило определить в составе группы силикатов кальция около десяти минеральных видов, как природного так и искусственного происхождения. Приведены результаты изучения кристаллической структуры и химического состава минералов этой группы. Установлены изменения свойств их минералов в процессе переработки, хранения и обогащения шлаков, которые существенно влияют на технологию переработки отходов металлургического производства, а также распространение химических элементов из шлаковых отвалов в окружающую среду.

Ключевые слова: силикат кальция, состав, шлак, обогащение.

Abstract

The combination of modern and traditional mineralogical techniques allowed to define in the group of silicate calcium about ten mineral species of both natural and synthetic origin. Indicated the results of the study of crystal structure and chemical composition of minerals of this group. Set the change of their properties in the minerals processing, preservation and enrichment of the slag, which significantly affect the processing technology of steelmaking and distribution of chemical elements from the slag dumps into the environment.

Keywords: silicate calcium, composition, slag, enrichment.

УДК 550.8:553.81(673.17)

Минералого-петрографические особенности алмазоносных кимберлитов трубки Лорелей (Ангола)

Рузина М. В., Вунда Т. М.

Национальный горный университет, Днепропетровск, Украина

Поступила в редакцию 01.10.10, принята к печати 29.10.10.

Аннотация

Приведены результаты исследований минералого-петрографического состава и типоморфизма алмазов кимберлитовой трубки Лорелей. Установлено, что кимберлитовое тело сложено автолитовыми кимберлитовыми брекчиями, массивными кимберлитами, ксенолитами горнблендитов, габбро и кристаллосланцев. Кристаллы алмазов, выявленные в кимберлитах, представлены в основном ромбододекаэдрами.

Ключевые слова: кимберлит, алмаз, автолит, брекчия, лампроит.

Кимберлитовая трубка Лорелей обнаружена в северо-западной части Ангольского щита в процессе проведения исследований в рамках проекта «Ганго» (Слейд К., Вунда Т.М., Сантош А., Найсименто Е., 2006г.). Однако детальное изучение вещественного состава кимберлитового тела и оценка перспектив алмазоносности в то время не были проведены. В данной статье приведены результаты исследований авторов по определению минералого-петрографического состава и изучению типоморфизма алмазов трубки Лорелей. В структурном отношении район исследований расположен в северо-западной части Ангольского щита (район Муссенде). Кимберлитовая трубка Лорелей расположена в верховьях р. Муссе и приурочена к осевой линии разлома субширотного простиранья. На уровне эрозионного среза трубка в плане имеет эллипсовидную форму. В вертикальном разрезе морфология трубки близка к диатреме с каналом цилиндрического типа.

Фрагментарно в пределах площади расположения трубки встречаются кремнисто-карбонатные породы с едва прослеживаемой слоистостью. Карбонатные породы, встречаемые в верхних частях кимберлитовых тел – это реликты кратерных образований, свидетельствующих о небольшом денудационном срезе. Кимберлитовое тело сложено разнообразными петрографическими типами пород – кимберлитовыми брекчиями, массивными кимберлитами порфировой структуры, а также ксенолитами горнблендитов, габбро и биотит-гранат-плагиоклазовых кристаллосланцев.

Основная масса кимберлитов состоит из мелких вкрапленников серпентинизированного оливина, ромбического пироксена, перовскита и граната, сцементированных массой карбонат-серпентинового состава.

Порфиновый кимберлит представлен породой голубовато-зеленоватого цвета. Текстура кимберлита вкрапленная, иногда брекчиевидная, структура в основном порфировидная, у отдельных разновидностей – кластически-порфировидная и келифитовая. Размер вкрапленников варьирует от 2-3 мм до 1-2 см. Наблюдаются вкрапленники идиоморфной, овальной, уплощенно-овальной формы, встречаются также остроугольные обломки, определяющие кластическую структуру кимберлита. Вкрапленники с идиоморфными очертаниями принадлежат серпентинизированному оливину и пироксену, наблюдаются также чешуйки биотита и флогопита. Остроугольные обломки, формирующие брекчиевидный облик породы, представлены фрагментами пород основного и ультраосновного состава.

При микроскопическом изучении установлено, что порфиновый кимберлит содержит до 30% оливина, замещенного серпентином двух генераций. Форма псевдоморфоз округло-овальная. Вкрапленники зонально окрашены – по периферии развивается темно-зеленый боулингит, формирующий келифитовые каемки, а в ядре – серпентин двух генераций (серпофит и лизардит). Гранат наблюдается в виде трещиноватых зерен, содержащих включения магнетита и биотита.

Вокруг зерен граната отмечаются келифитовые каемки, образованные агрегатами серпентин-карбонат-хлоритового состава, иногда – пылевидным рудным минералом.

Кимберлитовые брекчии интенсивно переработаны вторичными процессами: карбонатизацией, серпентинизацией, оталькованием. Карбонаты представлены тремя разновидностями: кальцитом, доломитом и стронцианитом. *Доломит* диагностирован по единичным ромбовидным сечениям карбонатных зерен с ориентировкой полисинтетических двойников параллельно короткой диагонали ромбовидных сечений. *Кальцит* формирует агрегаты таблитчатых зерен, а иногда развивается в прожилках, совместно с тальком. *Тальк* наблюдается в составе прожилков, замещающих основную ткань породы и зерна серпентинизированного оливина (рис.1).

Связующая масса кимберлитов представлена тонкозернистым агрегатом сложного состава: серпентин, перовскит, карбонаты, брусит и единичные зерна амфибола. Иногда вокруг отдельных вкрапленников кимберлита отмечаются скопления игольчатых зерен апатита. Карбонатные минералы в кимберлите замещают как вкрапленники, так и связующую массу породы.

Среди кимберлитов трубки Лорелей отмечены некоторые разновидности, обогащенные флогопитом. В их составе отмечаются единичные порфировые вкрапленники флогопита, серпентинизированные зерна оливина, оплавленные зерна трещиноватого граната.

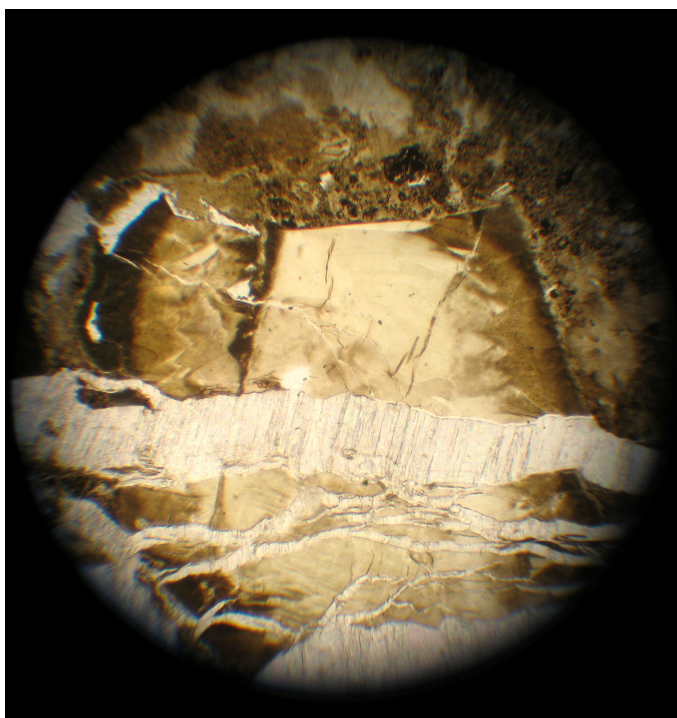


Рис. 1. Прожилки тальк-карбонатного состава, пересекающие порфировые вкрапленники серпентинизированного оливина в кимберлите.
Свет проходящий, увел. 200

Трещины выполнены рудным минералом, биотитом и хлоритом. По периферии гранатовых зерен наблюдается оболочка келифита серпентин-карбонат-хлоритового состава. Форма серпентиновых псевдоморфоз в основном округлая, а у отдельных вкрапленников – правильная, с унаследованными кристаллографическими очертаниями, свойственными оливину. Серпентинизация оливина сопровождалась выделением пылевидного магнетита, нередко образующего каемку вокруг псевдоморфоз.

Совместно с магнетитом и серпентином развивается карбонат. На отдельных участках аншлифа наблюдаются фрагменты измененного порфирита. В составе карбонат-серпентиновых псевдоморфоз наблюдается реликты бутылочно-зеленого минерала, с таблитчатой формой зерен, вероятно хромдиопсида.

Практически все вкрапленники окружены келифитовыми каемками, представленными агрегатом серпентин-хлоритового состава. В составе вкрапленников наблюдаются зерна рудного минерала и псевдоморфозы боулингита по оливину. Основная масса – карбонат-серпентинового

состава с флогопитом. Ксенолиты кимберлитовых брекчий содержат фрагменты горнблендитов и интенсивно измененного габбро.

Минеральный состав габбро представлен гранатом (до 15%), биотитом и флогопитом (совместно до 10%), плагиоклазом (35%), хлорофеитом и карбонатом (совместно до 40%). Структура породы реликтовая габбровая. В результате вторичных изменений плагиоклаз был каолинизирован, а по зернам исходного пироксена развивался хлорофеит.

Отдельные разновидности изученных кимберлитовых брекчий могут быть отнесены к типу автолитовых, сформировавшихся в результате смешения нескольких мантийных выплавок различных по составу дифференцированных пород, залегающих на разных уровнях верхней мантии [1]. В пользу данного предположения свидетельствует наличие в составе вкрапленников кимберлита т.н. автолитов – агрегатов, состоящих из идиоморфных зерен серпентинизированного оливина, окруженных каймой мелкопорфирового кимберлита.

У автолитовых фрагментов наблюдается идиоморфный характер псевдоморфоз, унаследовавших форму замещенного оливина (рис. 2). Наряду с автолитами в составе брекчий отмечаются и округло-овальные псевдоморфозы серпентинизированного оливина, а также обломки горнблендита и гранат-биотитового слюдита. Структура породы брекчиевидная.

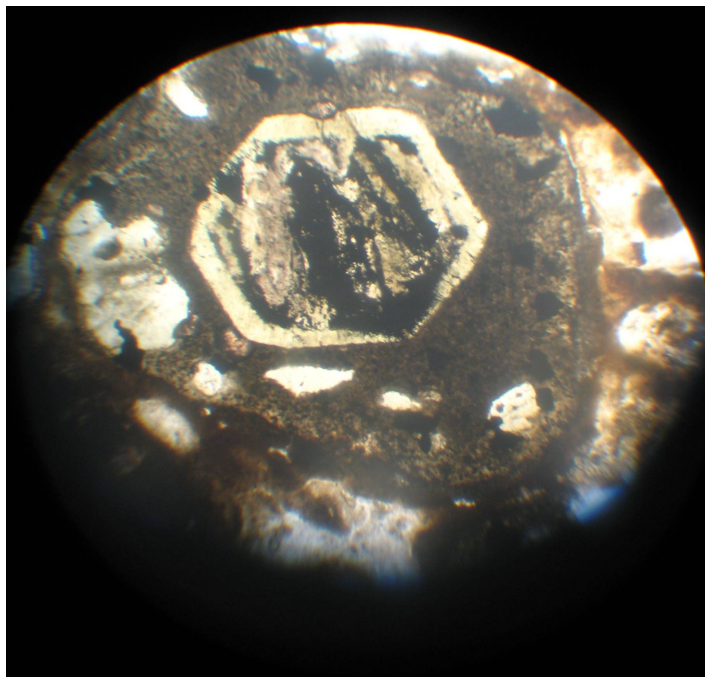


Рис. 2. Автолитовая брекчия: идиоморфный вкрапленник серпентинизированного оливина с выделениями пылевидного магнетита, окруженный каймой мелкозернистого кимберлита. Свет проходящий, ув. 200

В процессе опробования трубки Лорелей были обнаружены кристаллы алмаза (рис. 3,4). Эти алмазы представлены кристаллами или осколками кристаллов, а также сростками двух и более индивидов. Преобладают осколки и поврежденные зерна.

Алмазы в основной массе бесцветные или с незначительным желтым нацветом, коричневые кристаллы встречаются реже. В трубке Лорелей большинство образцов алмаза представлены ромбододекаэдрами (рис.4) или их осколками (VI группа по классификации З.В. Бартошинского) [2]. По классификации Ю.Л. Орлова [3], все обнаруженные кристаллы были отнесены к I группе. Значительная их часть обладает нарушенной симметрией, для большинства характерно сильное уплощение по осям симметрии L3 и L2. Следов износа не наблюдается.

Соотношение первичной и сколовой поверхностей для разных кристаллов неодинаково. Иногда на фоне богато скульптурированной бугорчатой поверхности скола остаются только реликты гладких граней, но чаще кривогранная тонколаминарная поверхность преобладает.



Рис. 3. Алмазы из кимберлитов трубки Лорелей.



Рис. 4. Кристалл алмаза ювелирного качества. Размер 3 мм.

Микрорельеф граней и поверхностей скола характеризуется широким проявлением процессов коррозии и растворения, в первую очередь, за счет развития каплевидной микроскульптуры [4]. Образование последнего, согласно экспериментальным данным, происходит при частичном растворении алмаза в водосодержащих силикатных расплавах, близких по составу к щелочным базальтам и лампроитам [5].

Помимо каплевидно-блоковой скульптуры на кривогранных поверхностях кристаллов отмечается также грубая штриховка, переходящая в неравномерную бороздчатость. Тонкие борозды проходят через всю поверхность алмаза, преломляясь на гранных швах, т.е. форма их обусловлена формой слоев растворения.

Кроме искаженных кривогранных кристаллов и их обломков неправильной формы были встречены незакономерные сростки их разновеликих индивидов. На поверхности октаэдрических индивидов во многих случаях присутствуют скульптуры, образующиеся в процессе растворения алмаза.

Характерными морфологическими признаками поуокруглых кристаллов являются сноповидная штриховка, диагональная слоистость на октаэдрических гранях, плоскостные выступы, представляющие фрагменты дитригональных слоев. Имеются убедительные доказательства образования подобных скульптур при растворении алмаза на начальных стадиях процесса, поскольку при потерях исходной массы более чем на 10% фигуры травления на гранях исчезают, и формируется слоистость растворения.

В случае присутствия крупных дефектов (трещины, микродвойники) диагональные слои в виде выпуклых треугольников расчленяются на отдельные участки с образованием полицентрической слоистости. Помимо незакономерных сростков для алмазов характерно наличие закономерных шпинелевых двойников. В некоторых кристаллах обнаружены включения черного цвета, предположительно графита.

Основные выводы предварительных исследований можно резюмировать следующим образом:

- большая часть исследованных кристаллов алмаза являются ромбододекадрами;
- кристаллы октаэдрического габитуса не обнаружены, за исключением сростков октаэдрических кристаллов;
- согласно классификации Ю.Л. Орлова [3], все образцы кристаллов отнесены к I группе разновидностей;
- согласно классификации З.В. Бартошинского [4], большинство образцов трубки Лорелей отнесены к VI морфологической группе – округлые алмазы с различной микроморфологией поверхности;
- все кристаллы алмаза трубки Лорелей несут следы частичного растворения в виде микробугорков, слагающих шагреневый рельеф (для большинства кристаллов), а также ямки травления треугольного и квадратного сечений и каверны, развивающиеся по ослабленным зонам;
- на поверхности большого количества кристаллов обнаружены протоматматические сколы, в некоторых случаях регенерированные, чаще несущие следы растворения; некоторые образцы имеют техногенные сколы вершин.

Бібліографічний список

1. Коренные месторождения алмазов мира / Харьков А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И.- М.: Недра, 1998. – 567с.
2. Бартошинский З.В. Сравнительная характеристика алмазов из различных алмазоносных районов Западной Якутии / З.В.Бартошинский // Геология и геофизика. – 1961. -№6. –С.40-50.
3. Орлов Ю.Л. Минералогия алмаза / Ю.Л.Орлов. – М.:Наука, 1984. -264с.
4. Природа алмаза / Квасница В.Н., Харьков А.Д., Зинчук Н.Н. – К.:Наукова думка, 1994. -229с.
5. Гаранин В.К. Включения в алмазе и алмазоносные породы / В.К. Гаранин, Г.П. Кудрявцева. – М.:МГУ, 1991. -239с.

© Рузина М. В., Вунда Т. М., 2011.

Анотація

Наведені результати досліджень мінералого-петрографічного складу і типоморфізму алмазів кімберлітової трубки Лорелей. Встановлено, що кімберлітове тіло складено автолітовими кімберлітовими брекчіями, масивними кімберлітами, ксенолітами горнблендитів, габбро і кристалосланців. Кристали алмазів, які встановлені в кімберлітах представлені переважно ромбододекадрами.

Ключові слова: кімберліт, алмаз, автоліт, брекчія, лампроїт

Abstract

Data are given about results of mineralogic-petrographical composition and typomorphism of diamonds from kimberlite tube Loreley. It is substantiated that kimberlite tube consists of massive kimberlite, avtolite breccia, relicts of gornblendites, gabbro and shists. The crystals of diamonds from kimberlites are presented by rhombododecahedra.

Keywords: kimberlite, diamonds, avtolite, breccia.

УДК 622.24

О совершенствовании методики гидравлического расчёта геологоразведочных скважин

Каракозов А. А.^{*}, Попова М. С., Парфенюк С. Н., Копытков-Баскаков Д. В.

Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина

Поступила в редакцию 23.09.10, принята к печати 29.10.10.

Аннотация

Рассмотрены проблемные вопросы определения потерь давления при колонковом бурении геологоразведочных скважин. Показана необходимость обязательного учёта влияния вращения бурильной колонны на коэффициент гидравлических сопротивлений в скважине.

Ключевые слова: скважина, вращение, промывка, потери давления.

Использование передовых технологий бурения при ограниченных возможностях геологоразведочных буровых насосов значительно ужесточает требования к точности гидравлического расчёта скважин. Кроме того, определение потерь давления при циркуляции промывочной жидкости связано с решением широкого круга задач колонкового бурения по математическому описанию рабочего цикла скважинных гидравлических устройств и их проектированию. Существующая в настоящее время методика гидравлического расчёта геологоразведочных скважин уже давно не соответствует уровню современных исследований в области буровой гидравлики и требует уточнений.

В практике колонкового бурения до сих пор [1] используется широко известная по справочной и учебной литературе [2, 3] методика гидравлического расчёта, основы которой были опубликованы Б. И. Воздвиженским ещё в 1943 году. В дальнейшем в неё были внесены уточнения, основанные на исследованиях Р. И. Шищенко, Б. И. Есьмана, Б. И. Мительмана и др. [4, 5], проведенных для условий бурения нефтяных и газовых скважин. За последние сорок лет эта методика практически не претерпела существенных изменений. Одной из особенностей этой методики является расчёт потерь давления в кольцевом пространстве скважины без учёта вращения бурильной колонны, несмотря на то, что имеются убедительные экспериментальные данные, свидетельствующие о неправомерности такого подхода для условий колонкового бурения [6, 7, 8]. Кроме того, практика хорошо известно о влиянии вращения колонны на гидравлические сопротивления в скважине, поскольку при алмазном бурении взвешивание бурового снаряда рекомендуется производить **обязательно** с подачей промывочной жидкости в скважину и **вращением** бурильной колонны (для учёта влияния гидравлического подпора при взвешивании).

Следует отметить, что результаты работы [6], полученные при бурении скважин снарядами ССК, в более поздней редакции существующей методики расчёта [1, 3] всё же рекомендуются для уточнения гидравлических сопротивлений «при высокочастотном алмазном бурении». С одной стороны, такая рекомендация достаточно расплывчата и её применение субъективно, с другой стороны, нет обоснования для применения зависимости, полученной для специфических условий, на всю область колонкового бурения.

В то же время, эта рекомендация свидетельствует о признании необходимости уточнения коэффициента гидравлических сопротивлений в кольцевом пространстве λ , предварительно рассчитанного для невращающейся колонны по модифицированной формуле Альтшуля [1, 3]. Влияние вращения бурильной колонны авторами работы [6] было предложено учитывать по формуле:

^{*} Для переписки: karakozov@donntu.edu.ua

$$\lambda' = \lambda \sqrt{1 + 0,45(w/v)^2}, \quad (1)$$

где v – скорость течения жидкости; w – окружная скорость вращения на поверхности бурильных труб, $w = \pi d n / 60$; d – наружный диаметр бурильных труб; n – частота вращения бурильной колонны, об/мин.

Анализ формулы (1) для условий колонкового бурения показывает, что отличие между коэффициентами λ и λ' может быть весьма существенным, приводя к значительному изменению результатов гидравлического расчёта конкретных скважин. Поэтому учёт влияния вращения бурильной колонны на коэффициент гидравлических сопротивлений в кольцевом пространстве геологоразведочной скважины имеет важное прикладное значение.

Целью настоящей статьи является оценка влияния вращения бурильной колонны на режим течения жидкости и гидравлические сопротивления в кольцевом пространстве геологоразведочной скважины, которая может быть использована при совершенствовании методики её гидравлического расчёта.

Известны результаты экспериментальных исследований Е. Г. Леонова и В. И. Исаева, опубликованные даже в учебной литературе [7], которые позволяют установить влияние вращения бурильной колонны на критическое значение числа Рейнольдса $Re_{кр}$, определяющего переход от ламинарного в турбулентный режим течения жидкости. Если число Рейнольдса $Re < Re_{кр}$, то вращение не влияет на режим течения и потери давления в кольцевом пространстве скважины. При этом коэффициент гидравлических сопротивлений λ определяется по формуле для ламинарного течения в канале с неподвижными стенками ($\lambda = 64/Re$). Если $Re > Re_{кр}$, то коэффициент гидравлических сопротивлений λ определяется по формуле для турбулентного течения в канале с вращающейся стенкой [7]:

$$\lambda = \frac{0,3385}{\sqrt[4]{Re}} \left[1 + \frac{0,5\delta}{1-\delta} \left(\frac{Ta}{Re} \right)^2 \right]^{0,535}, \quad (2)$$

где $\delta = d/D$; D – диаметр скважины; Ta – число Тейлора; Re – число Рейнольдса.

$$Ta = 0,5 \sqrt{\frac{1-\delta}{\delta}} \frac{w(D-d)\rho}{\mu}; \quad (3)$$

$$Re = \frac{v(D-d)\rho}{\mu}, \quad (4)$$

где ρ , μ – соответственно, плотность и динамическая вязкость промывочной жидкости.

Учитывая выражения для определения чисел Тейлора и Рейнольдса (3) и (4), формулу (2) можно преобразовать к виду:

$$\lambda = \frac{0,3385}{\sqrt[4]{Re}} \left[1 + 0,125 \left(\frac{w}{v} \right)^2 \right]^{0,535} \quad (5)$$

Графическая зависимость критического числа Рейнольдса от числа Тейлора, полученная на основании экспериментальных данных [7], может быть аппроксимирована следующими выражениями:

при $Ta < 160$:

$$Re_{кр} = 0,0304Ta^2 - 12,631Ta + 2095,8; \quad (6)$$

при $160 \leq Ta \leq 260$:

$$Re_{кр} = 2,866 \cdot 10^{-5} Ta^4 - 0,02631Ta^3 + 8,98281Ta^2 - 1363,36Ta + 77945; \quad (7)$$

при $260 \leq Ta \leq 700$

$$Re_{кр} = -0,0003Ta^2 + 0,1185Ta + 150,7. \quad (8)$$

При этом величина достоверности аппроксимации составляет $R^2=0,9889 \div 1$. При $Ta > 700$ критическое число Рейнольдса можно принимать равным 80.

Следует отметить, что результаты, полученные Е. Г. Леоновым и В. И. Исаевым, в практике гидравлических расчётов роторного бурения на нефть и газ не используются. Это объясняется тем, что даже при максимально возможных частотах вращения ротора буровых установок и минимальных подачах промывочной жидкости увеличение коэффициента гидравлических сопротивлений не может превышать 40 % (в реальных условиях эта поправка обычно находится в пределах 8–15 %). Учитывая, что потери давления в кольцевом пространстве нефтяных и газовых скважин обычно значительно меньше других составляющих общих потерь давления, то подобное увеличение гидравлических сопротивлений при инженерном расчёте вполне учитывается коэффициентом запаса.

Для условий геологоразведочного бурения, отличающихся сравнительно небольшими зазорами между скважиной и трубами, гораздо меньшей удельной подачей промывочной жидкости и более высокими частотами вращения бурового снаряда, ситуация будет совершенно другая.

Например, требуют пересмотра рекомендации о выборе режима течения промывочной жидкости без учёта вращения бурильной колонны. Учитывая зависимости (6)–(8), для весьма малой (для условий геологоразведочного бурения) частоты вращения бурильной колонны 100 об/мин была определена подача промывочной жидкости, при которой возникает турбулентное течение в кольцевом зазоре между скважиной и бурильными трубами (табл. 1). Аналогичный расчёт проведен и для кольцевого зазора между скважиной и колонковыми трубами для нескольких относительно невысоких частот вращения бурового снаряда (табл. 2).

Табл. 1. Подача промывочной жидкости, при которой число Рейнольдса превышает критическое значение в зазоре между скважиной и бурильными трубами, л/мин

Диаметр бурильных труб, мм	Диаметр скважины, мм						
	46	59	76	93	112	132	151
42	4	0,5	0,5	1	1	1	1
50	–	1	0,5	1	1	1	1
54	–	2	1	1	1	1	1
63,5	–	–	1	1	1	1	1
68	–	–	1	1	1	1	1

Табл. 2. Подача промывочной жидкости, при которой число Рейнольдса превышает критическое значение в зазоре между скважиной и колонковыми трубами, л/мин

Частота вращения, об/мин	Диаметр скважины/колонковой трубы, мм						
	46/44	59/57	76/73	93/89	112/108	132/127	151/146
100	7	8,5	7,5	2,5	3	2	2,5
150	6	7	4	1,5	2	2	2
200	5	6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Из табл. 1 и 2 видно, что при обычной промывке скважины при колонковом бурении режим течения жидкости в кольцевых зазорах между скважиной и бурильными и колонковыми трубами всегда будет турбулентным, поскольку минимальная подача жидкости в реальных условиях составляет 12 л/мин (исходя из характеристики серийных геологоразведочных насосов). Поэтому в учёте ламинарного течения жидкости при обычном гидравлическом расчёте геологоразведочной скважины нет необходимости. Его целесообразно учитывать в особых случаях, например, при описании рабочего цикла специальных насосов, периодически разгоняющих жидкость в скважине из состояния покоя.

На рис. 1 и 2 показаны зависимости коэффициента гидравлических сопротивлений от расхода жидкости для бурильной колонны диаметром 50 мм: невращающейся (нижние кривые) и вращающейся с частотой 100 об/мин (верхние кривые).

Анализ этих зависимостей показывает, что для условий геологоразведочных скважин даже при малых частотах вращения наблюдаются различия между коэффициентами гидравлических

сопротивлений. При этом наибольшие различия имеют место при подаче промывочной жидкости, близкой к минимальным значениям (расхождение может достигать 25–75 %, увеличиваясь, при прочих равных условиях, с ростом площади зазора). При увеличении подачи жидкости влияние вращения на значение коэффициента гидравлических сопротивлений снижается. При максимальной подаче геологоразведочного насоса 320 л/мин увеличение коэффициента гидравлических сопротивлений составляет примерно 4–8 %, причём большие значения отклонений также относятся к большим кольцевым зазорам.

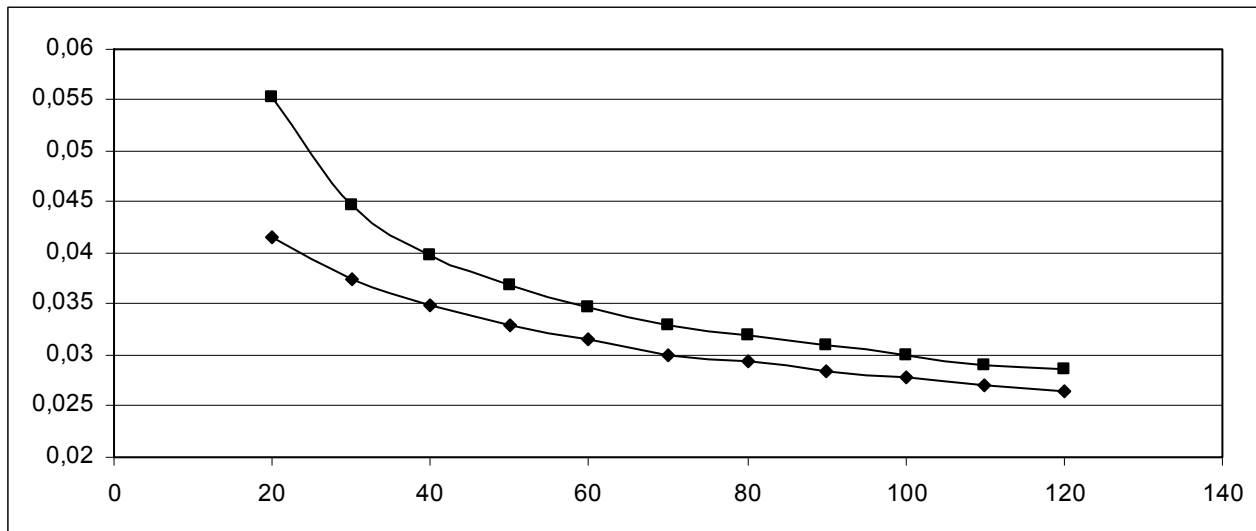


Рис. 1. Значения коэффициентов гидравлических сопротивлений для скважины диаметром 76 мм.

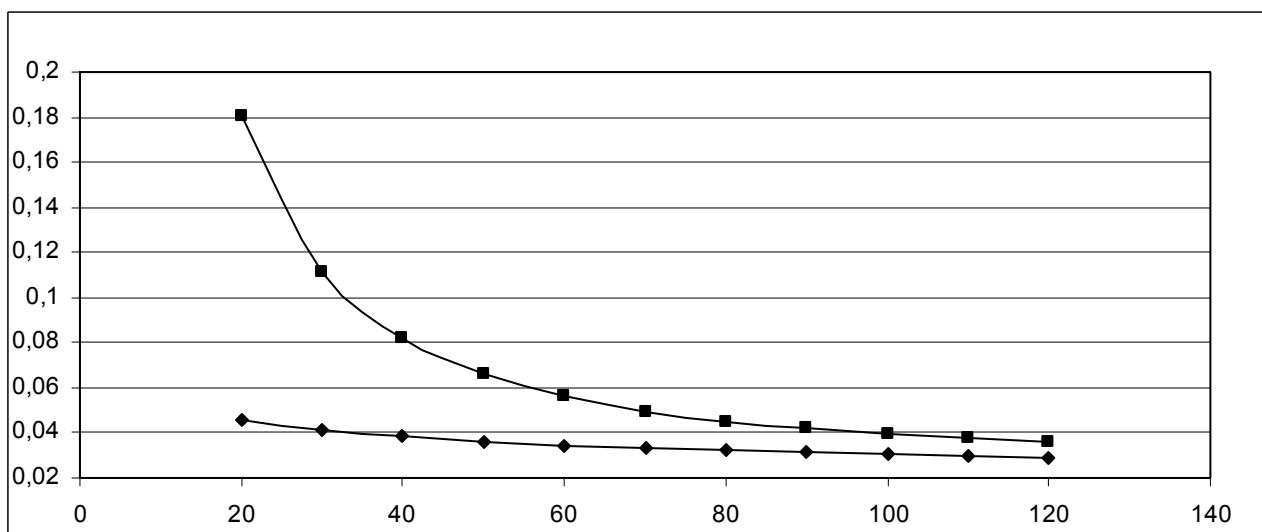


Рис. 2. Значения коэффициентов гидравлических сопротивлений для скважины диаметром 132 мм.

Увеличение частоты вращения бурового снаряда приводит к ещё большему расхождению между значениями коэффициентов гидравлических сопротивлений. Например, для скважины диаметром 76 мм эти расхождения будут достаточно сильными при расходах жидкости до 70 л/мин, т. е. при режиме промывки, рекомендуемом для большинства серийных коронок. На рис. 3 показано изменение графиков с рис. 1 при увеличении частоты вращения со 100 до 300 об/мин. При этом для скважины диаметром 76 мм коэффициент гидравлических сопротивлений с учётом вращения увеличивается в пределах 30–60 %. При прочих равных условиях наблюдается больший рост коэффициента гидравлических сопротивлений с увеличением диаметра скважины.

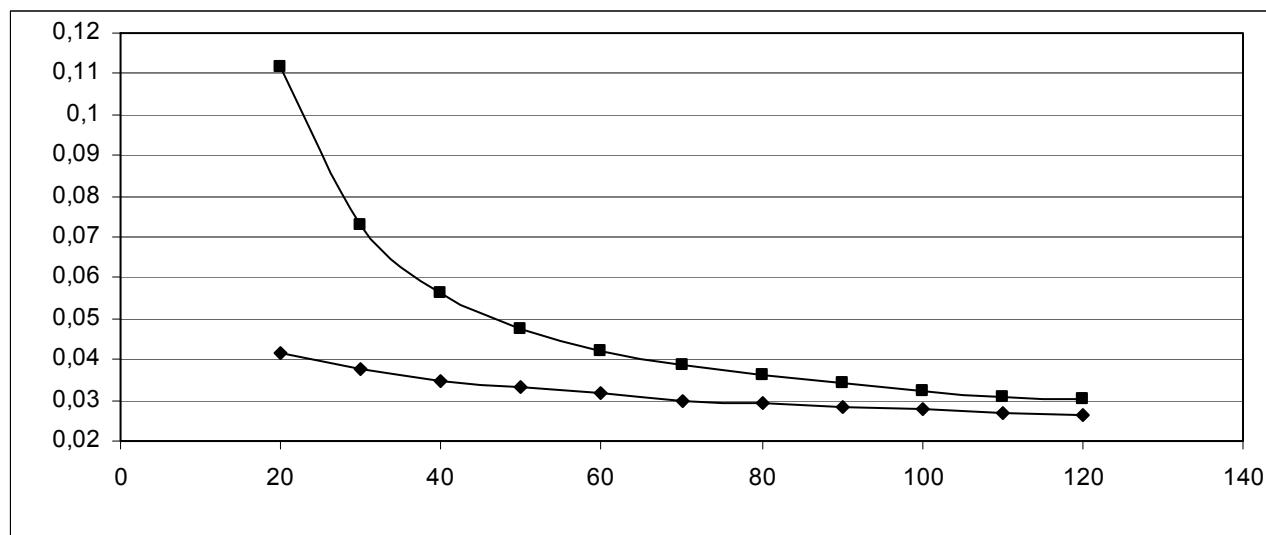


Рис. 3. Значения коэффициентов гидравлических сопротивлений для скважины диаметром 76 мм при частоте вращения 300 об/мин.

Расчёты также показывают, что с увеличением частоты вращения гидравлические сопротивления могут возрастать в несколько раз. На рис. 4 показана зависимость изменения коэффициента гидравлических сопротивлений от частоты вращения бурового снаряда (для скважины диаметром 93 мм, буровых труб диаметром 50 мм и подачи жидкости 70 л/мин).

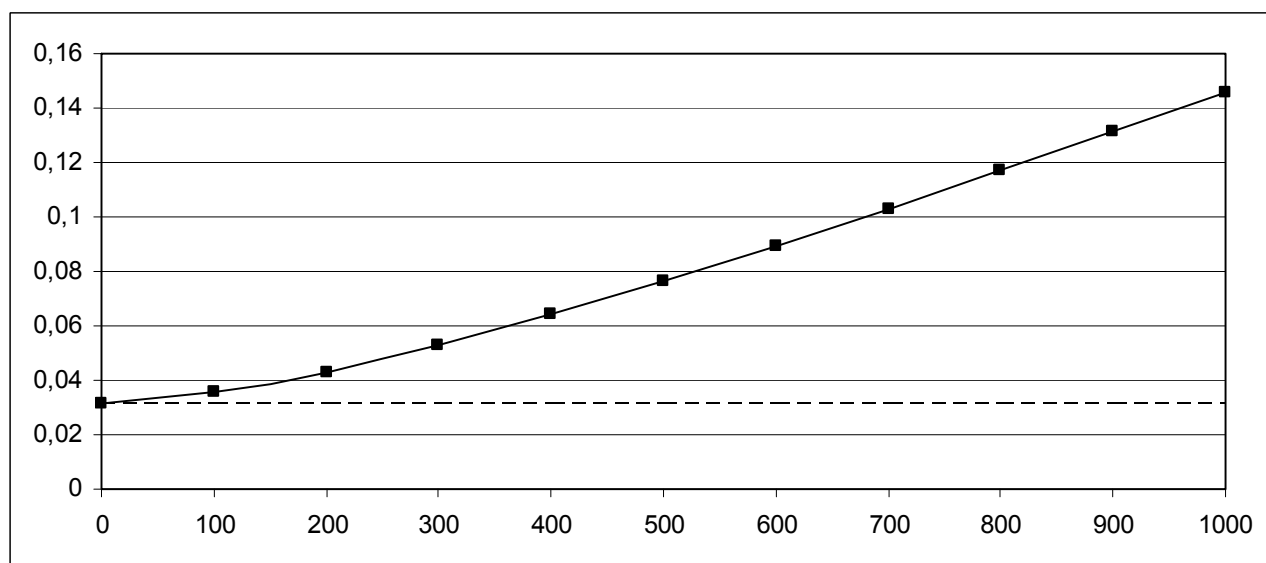


Рис. 4. Зависимость коэффициента гидравлических сопротивлений от частоты вращения бурового снаряда.

Анализ зависимости рис. 4 показывает, что при разгоне буровой колонны из состояния покоя до 1000 об/мин, коэффициент гидравлических сопротивлений возрастает в 3,66 раза. Даже для сравнительно небольших частот вращения 200–400 об/мин рост этого коэффициента составляет 37–105 %. Это свидетельствует о существенности влияния частоты вращения бурового снаряда на гидравлические сопротивления в скважине.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать следующие выводы:

1. При гидравлическом расчёте колонкового бурения геологоразведочных скважин во всех случаях следует обязательно учитывать влияние вращения буровой колонны на коэффициент гидравлических сопротивлений в кольцевом пространстве скважины.

2. При колонковом бурении даже при минимальных подачах геологоразведочных насосов в кольцевом пространстве скважины никогда не будет ламинарного течения промывочной жидкости. Поэтому коэффициент гидравлических сопротивлений необходимо рассчитывать по формулам для турбулентного течения – (1) для снарядов ССК или (5) для остальных случаев.
3. Существующие рекомендации по учёту вращения бурильной колонны проработаны для ньютоновских жидкостей. Необходима постановка исследований для получения точных соотношений для расчётов коэффициентов гидравлических сопротивлений в кольцевом пространстве скважины для неньютоновских жидкостей. Пока такие исследования не проведены, для неньютоновских жидкостей можно попытаться применить зависимости, аналогичные формулам (1) и (5), поскольку подобный подход успешно используется в практике гидравлических расчётов в бурении [7].

Библиографический список

1. Расчёты в бурении: Справочное пособие / Под. ред. А.Г. Калинина. – М.: РГГРУ, 2007. – 668 с.
2. Ивачёв Л. М. Промывочные жидкости в разведочном бурении. – М.: Недра, 1975. – 216 с.
3. Промывка и тампонирующие геологоразведочных скважин: Справочное пособие. – М.: Недра, 1989. – 247 с.
4. Шищенко Р. И., Есьман Б. И. Практическая гидравлика в бурении. – М.: Недра, 1966. – 360 с.
5. Мительман Б. И. Справочник по гидравлическим расчётам в бурении. – М.: Гостоптехиздат, 1963. – 236 с.
6. Запевалов И. А., Бухалов В. М. Потери давления в кольцевом пространстве при бурении снарядами ССК и промывке водой / Труды ВИТР. – №97. – Л.: ВИТР, 1975. – С. 8-14.
7. Леонов Е. Г., Исаев В. И. Гидроаэромеханика в бурении: Учебник для вузов. . – М.: Недра, 1987. – 304 с.
8. Гукасов Н. А., Бруховецкий О. С., Чихоткин В. Ф. Гидродинамика в разведочном бурении: Учебное пособие для вузов. . – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 1999. – 304 с.

© Каракозов А. А., Попова М. С., Парфенюк С. Н., Копытков-Баскаков Д. В., 2011.

Анотація

Розглянуто проблемні питання визначення втрат тиску при колонковому бурінні геологорозвідувальних свердловин. Вказано на необхідність обов'язкового врахування обертання бурильної колони на коефіцієнт гідрравлічного опору в свердловині.

Ключові слова: свердловина, обертання, промивання, втрати тиску.

Abstract

Problems of estimation of flushing fluid pressure for core drilling are reviewed. Results shows that rotation of a drill string must be considered for pressure estimation

Keywords: borehole, rotation, flushing, pressure.

Моделирование течения жидкости в гидроударном буровом снаряде установок серии УМБ-130 при бескерновом бурении скважин

Каракозов А. А.^{*}, Парфенюк С. Н.

Донецкий национальный технический университет, Украина.

Поступила в редакцию 23.09.10, принята к печати 29.10.10.

Аннотация

Рассмотрены вопросы определения утечек жидкости через насосный блок гидроударных снарядов установок серии УМБ-130 при бескерновом бурении подводных скважин. Приведены результаты моделирования течения жидкости в снаряде и определения потерь давления для различных конструкций насосных блоков.

Ключевые слова: насосный блок, моделирование, давление.

Многорейсовое бурение скважин гидроударными снарядами при эксплуатации установок УМБ-130 и УМБ-130М подразумевает чередование бескернового и колонкового способов [1]. При этом бескерновое бурение может осуществляться либо за счёт гидравлического разрушения забоя скважины, либо за счёт его комбинирования с механическим воздействием на забой. При реализации комбинированного способа разрушения породы возможно два варианта. В первом случае снаряд сбрасывается на забой, внедряется в породу, а затем поднимается над забоем, и порода, разрушаясь, вымывается из снаряда. Таким образом реализуется разновидность так называемого «клюющего» бурения. Во втором случае [2] отличие заключается в том, что снаряд предварительно внедряется в породу за счёт работы гидроударника, а не за счёт его сбрасывания на забой. Потом порода также вымывается из полости керноприёмной трубы. И если для чисто гидравлического способа бурения технология научно обоснована [3], то для более эффективных комбинированных способов она до сих пор подбиралась опытным путём и поэтому требует разработки метода её обоснования.

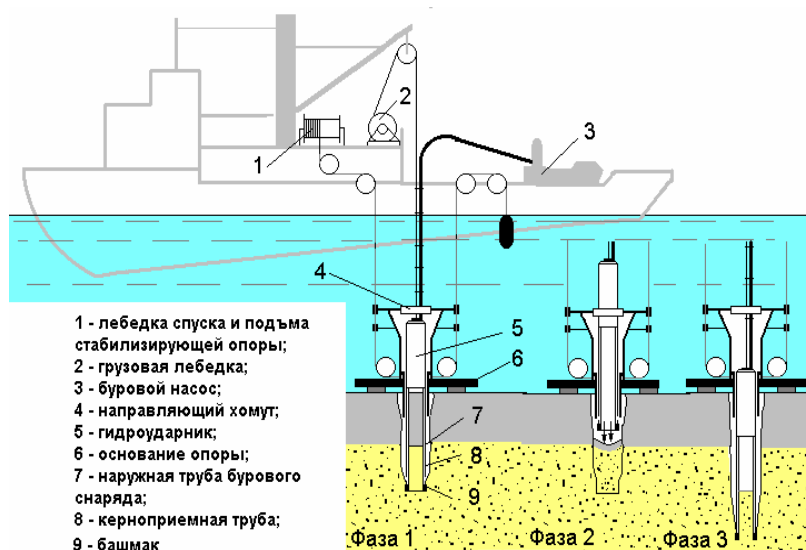


Рис. 1. Технологическая схема многорейсового бурения скважин установкой УМБ-130М.

^{*} Для переписки: karakozov@donntu.edu.ua

При эксплуатации установок серии УМБ-130 используется технологическая схема, приведенная на рис. 1, реализующая поинтервальное бурение скважин различными способами. На фазе 1 отбирается керн из верхнего интервала, на фазе 2 размываются обрушившиеся породы верхнего интервала, а на фазе 3 отбирается керн из нижележащего интервала. Затем фазы 2 и 3 повторяются до тех пор, пока скважина не достигнет проектной глубины.

Особенностью конструкции гидроударных буровых снарядов, использующихся в составе установок, является наличие насосного блока для создания обратной промывки в полости керноприёмной трубы при отборе керна. Однако при бескерновом бурении, когда поток жидкости подаётся на забой через керноприёмную трубу, часть жидкости будет сбрасываться в скважину через насосный блок, минуя забой. С одной стороны, это снижает эффективность размыва породы на забое, а с другой стороны, утечки жидкости через насосный блок необходимы для обеспечения внедрения снаряда в грунт при комбинированном способе разрушения забоя. Поэтому для обоснования технологии бурения необходимо знать распределение потоков жидкости в буровом снаряде, которое определяется его конструкцией и, в частности, конструктивной схемой насосного блока.

Однако решение этой задачи является достаточно сложным, поскольку потери давления в насосном блоке точно рассчитать нельзя из-за взаимного влияния гидравлических сопротивлений. Следовательно, целесообразно смоделировать течение жидкости в буровом снаряде для имеющихся конструкций насосного блока и использовать полученные результаты при обосновании технологии бурения.

Целью настоящей статьи является оценка параметров потоков жидкости в гидроударном буровом снаряде установок серии УМБ-130, результаты которой необходимы для обоснования технологии бескернового бурения при комбинированном способе разрушения забоя.

В настоящее время в составе гидроударных буровых снарядов используются две разновидности насосных блоков, показанные на рис. 2 (компоновки снарядов соответствуют бурению верхнего интервала разреза без размыва пород). Конструкция насосного блока (рис. 2а) была разработана раньше и использовалась более продолжительное время в практике буровых работ, чем конструкция, показанная на рис. 2б.

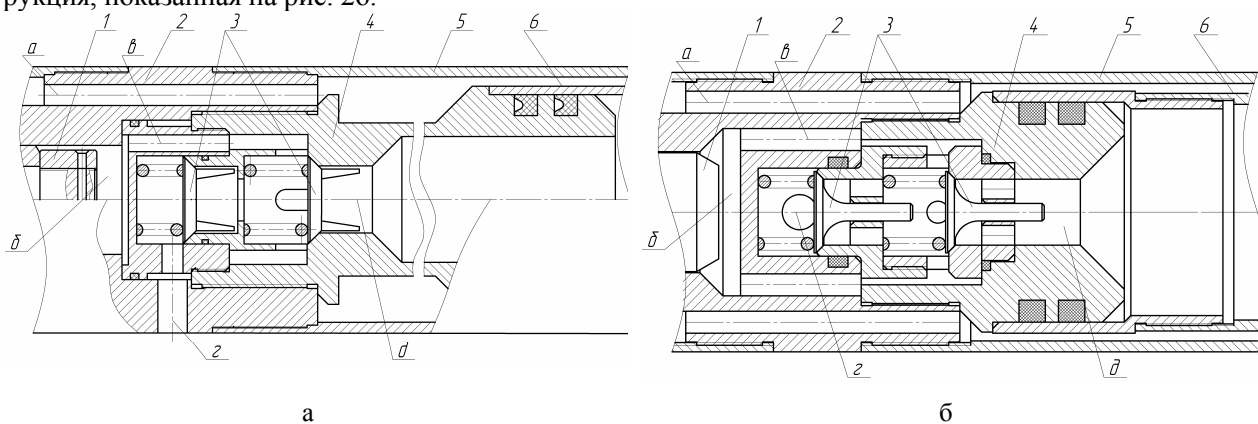


Рис. 2. Конструктивные схемы насосных блоков гидроударных буровых снарядов установок серии УМБ-130: 1 – плунжер, 2 – нижняя наковальня, 3 – насосные клапана (нагнетательный и всасывающий), 4 – втулка-седло, 5, 6 – наружная и внутренняя колонковые трубы (диаметром 127 и 108 мм); а – каналы подачи жидкости, б – рабочая полость насосного блока, в, г, д – осевой, выхлопной и всасывающий каналы насосного блока.

Принцип работы насосного блока заключается в следующем. При движении плунжера 1 вверх жидкость попадает в рабочую полость б через всасывающий канал д, всасывающий насосный клапан и канал в. При ходе плунжера 1 вниз жидкость вытесняется из полости б в скважину через канал в, нагнетательный насосный клапан и выхлопной канал г.

Эти же насосные блоки применяются и в компоновке снаряда при бескерновом бурении, когда они комбинируются с нижним распределительным узлом [1]. Однако в этом случае часть жидкости, подаваемой во внутреннюю колонковую трубу для размыва забоя, будет уходить в скважину непосредственно через насосный блок, поднимая насосные клапана 3 и вытекая через выхлопные каналы г.

Для каждой конструкции насосного блока было проведено моделирование течения жидкости в нижней части гидроударного бурового снаряда при различных значениях подач жидкости и зазоров между башмаком и забоем, а также при разных положениях насосных клапанов. Максимальная подача жидкости принята равной 600 л/мин, что соответствует реальным условиям эксплуатации буровых

снарядов установок УМБ-130 и УМБ-130М. Кроме того, при моделировании изменялись параметры кернорвателя, определяющие величину его гидравлического сопротивления течению жидкости.

Моделирование проводилось методом конечных элементов.

В результате для каждого рассмотренного случая получены графические зависимости распределения скоростей и давлений в насосном блоке и колонковом наборе бурового снаряда. Их примеры для насосного блока, выполненного по рис. 2б, представлены на рис. 3 (расход жидкости 600 л/мин). Зависимости, показанные на рис. 3а,в соответствуют расстоянию между башмаком и забоем 0,1 м, на рис. 3б,г – контакту башмака с забоем. Примеры зависимостей для насосного блока по рис. 2а приведены на рис. 4 (расход жидкости 600 л/мин, расстояние между башмаком и забоем 5 мм).

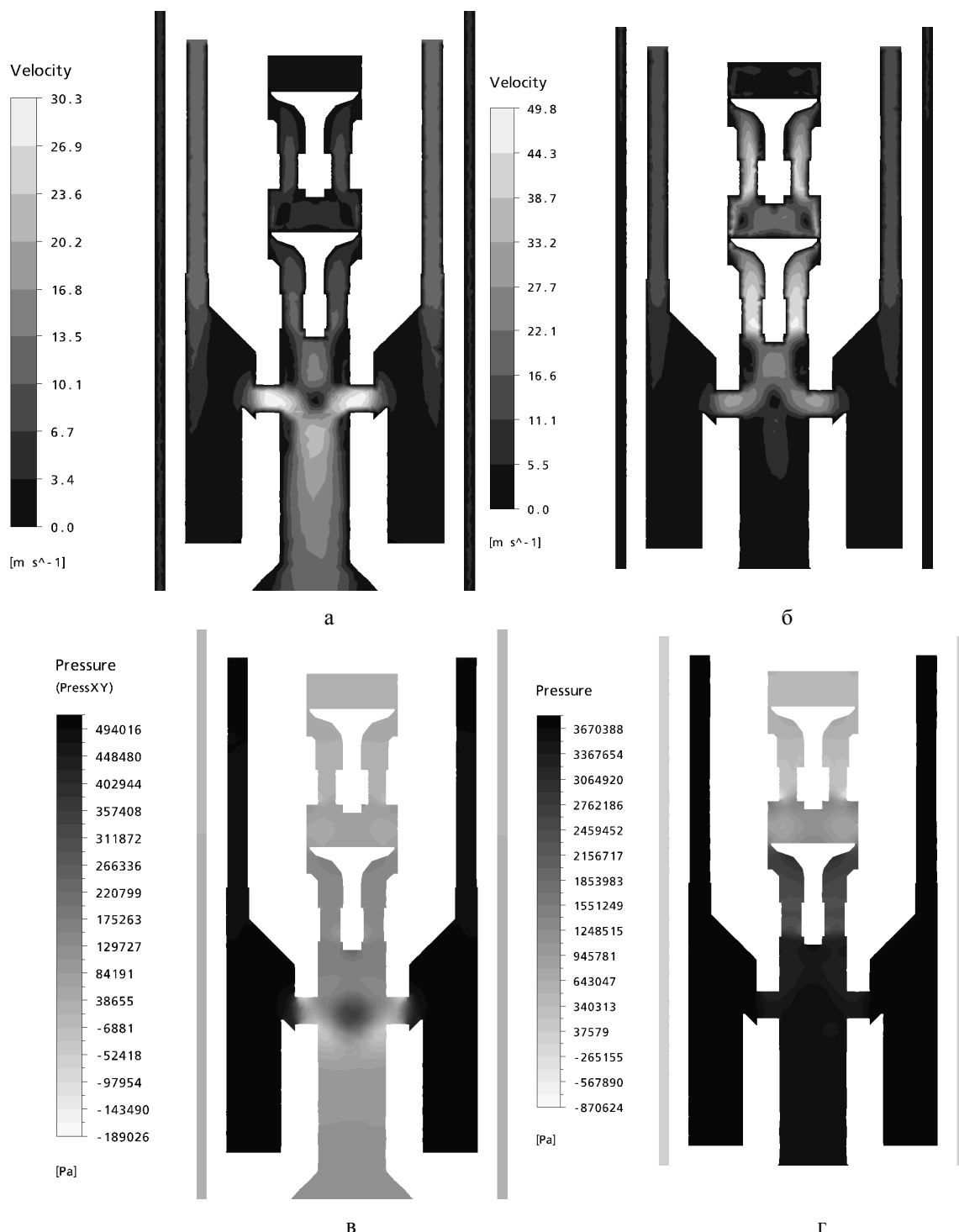


Рис. 3. Примеры графических зависимостей распределения скоростей и давлений в насосном блоке бурового снаряда, выполненного по рис. 2б: а, б – распределение скоростей; в, г – распределение давлений.

Эти зависимости позволяют получить значения коэффициентов гидравлических сопротивлений для каждой конструкции насосного блока, необходимые для определения силы сопротивления движению бурового снаряда, обусловленной гидравлическим подпором жидкости. Кроме того, они дают возможность оценить величину утечек жидкости через насосный блок, что необходимо для определения диаметра той части скважины, которая формируется при размыве вдоль поверхности колонкового набора. Сравнение расчётных и фактических значений расходов жидкости через насосные блоки позволяют судить о возможности использования результатов моделирования для обоснования технологии бурения.

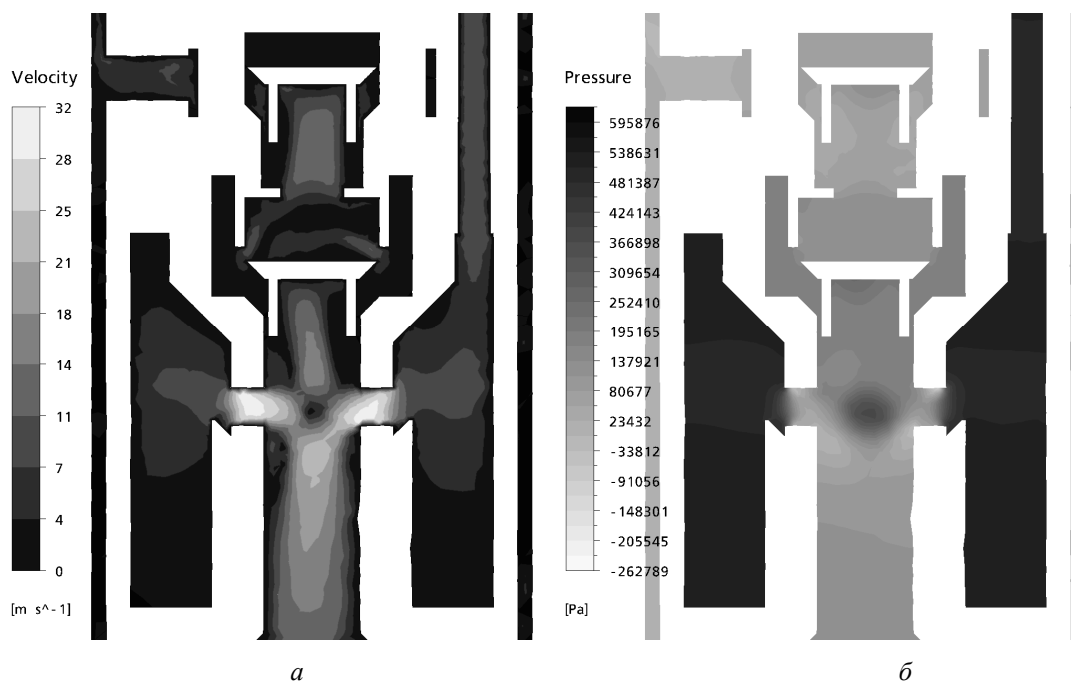


Рис. 4. Примеры графических зависимостей распределения скоростей и давлений в насосном блоке бурового снаряда, выполненного по рис. 2а: а – распределение скоростей; б – распределение давлений.

В табл. 1 и 2 приведены некоторые результаты моделирования насосных блоков при расходе жидкости 600 л/мин. В табл. 1 приведены результаты для насосного блока по рис. 2а, а в табл. 2 – для насосного блока по рис. 2б.

В табл. 3 приведены расчётные данные для насосного блока (рис. 2б) в зависимости от расхода жидкости при различных положениях снаряда относительно забоя и использовании кернорвателя с другим (большим) проходным сечением.

Таблица 1 – Результаты моделирования насосного блока по рис. 2а.

№ п/п	Расстояние до забоя, мм	Расход через насосный блок, л/с	Давление: максимальное / в колонковой трубе, МПа	Усилие подпора жидкости, кН
1	100	2,35 (23,5%)	0,566/0,151	1,13
2	5	2,42 (24,2%)	0,586/0,169	1,27
3	3	2,58 (25,8%)	0,62/0,188	1,42
4	1	3,08 (30,8%)	0,706/0,257	1,94
5	0	10 (100%)	3,47/2,91	21,95

Таблица 2 – Результаты моделирования насосного блока по рис. 2б.

№ п/п	Расстояние до забоя, мм	Расход через насосный блок, л/с	Давление: максимальное / в колонковой трубе, МПа	Усилие подпора жидкости, кН
1	100	2,42 (24,2%)	0,505/0,154	1,16
2	5	2,78 (27,8%)	0,513/0,170	1,28
3	3	3,49 (34,9%)	0,533/0,195	1,47
4	1	4,19 (41,9%)	0,746/0,385	2,90
5	0	10 (100%)	3,81/3,34	25,19

Таблица 3 – Результаты моделирования насосного блока по рис. 2б для различных расходов жидкости.

№ п/п	Расход жидко-сти, л/с	Расход через насос-ный блок, л/с	Давление максимальное/ в колонковой трубе, МПа	Усилие подпора жидкости, кН
Расстояние до забоя 100 мм				
1	6,0	1,72 (28,7%)	0,17/0,039	0,29
2	7,5	2,14 (28,5%)	0,264/0,061	0,46
3	10	1,9 (19%)	0,487/0,13	0,98
Снаряд на забое				
4	6	6 (100%)	1,52/1,34	10,11
5	7,5	7,5 (100%)	2,37/2,07	15,61
6	10	10 (100%)	3,81/3,34	25,19

Анализ результатов моделирования позволяет сделать следующие выводы.

1. Перепад давления в насосном блоке зависит от положения клапанов после их открытия и может существенно отличаться для одной и той же конструкции. Поэтому в реальных конструкциях необходимо задать ограничение хода насосных клапанов при их открытии, а для обеспечения внедрения снаряда в грунт – предусмотреть защиту от полной блокировки выхлопных каналов этими клапанами и их пружинами при перетекании жидкости через насосный блок.
2. При прочих равных условиях более высокие значения перепада давления в насосном блоке при постановке снаряда на забой соответствуют конструктивной схеме по рис. 2б. Однако даже при расходе жидкости 600 л/мин это превышение составляет не более 14%.
3. Для расхода жидкости 600 л/мин при уменьшении зазора между торцом бурового снаряда и забоем от 100 до 3 мм усилие подпора жидкости повышается не более чем на 25%. При дальнейшем смыкании зазора усилие подпора возрастает в 15-17 раз.
4. При наличии зазора между торцом бурового снаряда и забоем расход жидкости через насосный блок (в процентном отношении от общей подачи) незначительно снижается при увеличении общей подачи от 360 до 450 л/мин и уменьшается примерно в 1,5 раза при росте общей подачи от 450 до 600 л/мин.
5. При постановке бурового снаряда на забой усилие подпора жидкости значительно (не менее чем в три раза) превышает вес бурового снаряда даже при относительно небольшой подаче жидкости 360 л/мин, что обуславливает существенное торможение снаряда при внедрении в породу. При подаче жидкости 600 л/мин усилие подпора превышает вес бурового снаряда не менее чем в семь раз.
6. Сравнение расчётных и фактических утечек жидкости через насосные блоки показывает, что их разница находится в пределах 9-22%, причём большие расхождения наблюдаются при использовании в насосном блоке пружин, которые не учитывались при моделировании. Это позволяет сделать вывод о возможности использования результатов моделирования при обосновании технологии бескернового бурения.
7. Уменьшение усилия подпора жидкости и торможения снаряда при внедрении в породу может быть достигнуто за счёт снижения подачи жидкости в снаряд при его взаимодействии с забоем. Это позволит повысить эффективность бескернового бурения при эксплуатации установок типа УМБ-130.

Библиографический список

1. Калиниченко, О. И. Гидроударные буровые снаряды и установки для бурения скважин на шельфе / О. И. Калиниченко, П. В. Зыбинский, А. А. Каракозов. – Донецк : «Вебер» (Донецкое отделение), 2007. – 270 с.
2. Патент України на винахід №87222 МПК(2009) Е25/00 Опубл. 25.06.2009, заявка а2007 13149 від 26.11.2007 / А. А. Каракозов, О. І. Калініченко, П. В. Зибінський.
3. Юшков, И. А. Обоснование технологических параметров многорейсового поинтервального бурения подводных скважин погружными установками : дис. ... канд. техн. наук : 05.15.10 / Юшков Иван Александрович – Донецк : ДонНТУ, 2004. – 194 с.

© Каракозов А. А., Парфенюк С. Н., 2011.

Анотації

УДК 622.235.4

Примак, А. В. Лабораторний стенд для дослідження характеристик вибухових приладів / А. В. Примак, Ю. В. Манжос, Ф. Н. Галіакберова // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 3–6.

В роботі була поставлена задача розробки лабораторного стенду для перевірки вибухових приладів за показниками зазначеними в технічних умовах на прилад та показниками безпеки ведення вибухових робіт.

Ключові слова: електричне підривання, вибуховий прилад, вплив на навколишнє середовище, контроль справності, імпульс струму, безпека.

УДК 622.831.1

Грищенко, А. М. Проект реконструкції підземної маркшейдерської опорної мережі шахти «Прогресс» ДП «Торезантрацит» / А. М. Грищенко, А. О. Березюк // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 7–11.

У статті розглянуті питання, які пов'язані з реконструкцією підземної маркшейдерської опорної мережі (ПМОМ) шахти «Прогресс» ДП «Торезантрацит». Виконано зрівнювання діючої опорної мережі шахти та запроєктовані нові полігонометричні ходи ПМОМ шахти.

Ключові слова: реконструкція, опорна мережа, зрівнювання, похибка

УДК 622.831

Мирний, В. В. Відносно коректності в питаннях компарування металевих рулеток / В. В. Мирний, І. В. Матлаєва // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 12–14.

В статті розглянуто питання, які пов'язані з методикою метрологічного забезпечення маркшейдерських вимірювань металевими рулетками при побудові підземних опорних мереж. Вказано на деякі помилки при викладенні методики компарування в попередніх виданнях нормативних документів. Показано правильні підходи щодо виконання компарування металевих рулеток.

Ключові слова: компарування, рулетка, похибка, точність.

УДК 553.042.347

Рогаченко, А. М. Исследование качества известняков с целью оптимизации отработки Родниковского месторождения / А. М. Рогаченко, Т. П. Волковва // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 15–20.

Рассмотрено применение известняка в различных отраслях промышленности. Особое внимание уделено металлургии, где известняк используется в качестве флюса. Главной проблемой в этой области является уменьшение сырьевой базы качественного известняка для конверторного производства. Исследовано распределение качества известняков Родниковского месторождения Донецкой области. Установлены причины снижения их качества в соответствии с техническими требованиями промышленности. Сделаны рекомендации по дальнейшей послойной отработке Родниковского месторождения флюсовых известняков.

Ключевые слова: известняк, металлургическая промышленность, флюсы, качество, Родниковское месторождение, статистическая обработка, послойная отработка.

УДК 622.23

Пилипец, В. И. Совершенствование технических средств для откачки жидкости из скважин / В. И. Пилипец, Л. Б. Брегида // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 21–24.

Разработана усовершенствованная конструкция импульсного насоса для водоснабжения из буровых скважин, а также математическая модель работы насоса и технология использования

Ключевые слова: откачка, скважина, насос.

УДК 550.81:553.94(477.62)

Корчемагин, В. А. Структурно-тектонифизическая позиция скоплений метана в угленосных отложениях Донецко-Макеевского района / В. А. Корчемагин, И. О. Павлов, А. В. Никитенко // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 25–30.

На основании анализа геологических материалов и тектонофизических исследований в статье делается вывод о том, что в Донецко-Макеевском районе существенные скопления газа в угленосной толще контролируются крупными пликативными структурами. В пределах этих структур наиболее перспективны участки, деформация которых происходила в условиях растяжения.

Ключевые слова: угленосные отложения, газоносность, складчатые структуры, поля напряжений и деформаций

УДК 553.447

Купенко, В. И. Сопоставление Комсомольского рудопоявления с промышленным аналогом стратиформного типа / В. И. Купенко, О. Г. Черныш // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 31–35.

В статье излагаются результаты изучения минеральных парагенезисов руд свинцово-цинковых рудопоявлений и месторождений, залегающих в карбонатных породах (Комсомольское, Благодатское и Екатерино-Благодатское). Рассматриваются данные по вещественному составу полиметаллических руд, текстурно-структурные условия локализации, минералого-геохимические и другие характеристики.

Ключевые слова: стратиформное месторождение, свинцово-цинковая руда, элементы-примеси, минеральная ассоциация.

УДК 622.233 : 551.49

Кожевников, А. А. Влияние физических полей на свойства ледовых композитов / А. А. Кожевников, А. К. Судаков, А. А. Пашенко, А. Ф. Камышацкий, А. А. Лексиков, М. А. Колесников // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 36–39.

Рассмотрены предпосылки создания технологии оборудования гидрогеологических скважин гравийными фильтрами, изготовленными с применением эффекта двухфазного инверсного перехода агрегатного состояния минераловязущего вещества водоприемной части.

Ключевые слова: скважина, фильтр.

УДК 622.243.272

Олексюк, М. П. Прогнозування аномально високих пластових тисків(АВПТ) у процесі буріння методом d експоненти в реальному часі буріння свердловин з використанням ЕОМ / М. П. Олексюк, А. Р. Юрич, А. І. Різничук // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 40–43.

В статті описано суть методу d-експоненти та спосіб його реалізації на ЕОМ, з метою виділення зон АВПТ в режимі реального часу безпосередньо при поглибленні свердловини.

Ключові слова: свердловина, ускладнення, прогноз.

УДК 622.235

Шевцов, Н. Р. Взрывные работы в очистных забоях / Н. Р. Шевцов, С. А. Калякин, И. В. Купенко // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 44–50.

Рассмотрены способы производства взрывных работ в механизированных очистных забоях, в том числе, направленные на борьбу с внезапными выбросами угля и газа, основные параметры буровзрывных работ. Даны принципиальные схемы расположения шпуров (скважин).

Ключевые слова: очистной забой; взрывные работы; контурное взрывание; пластовое торпедирование; передовое торпедирование

УДК 624.132:622.281.4

Шевцов, Н. Р. Методика определения параметров взрывного набрызгбетонирования горных выработок / Н. Р. Шевцов, О. В. Хоменчук, О. И. Рублева // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 51–59.

Решена задача по определению доли распыленного вещества, наносимого взрывом на обрабатываемую поверхность. Дана последовательность решения прямой и обратной задач взрывного набрызгбетонирования. Приведены результаты промышленного испытания способа.

Ключевые слова: взрыв, распыление, набрызгбетон.

УДК 622.243

Судаков, А. К. Снаряд термомеханического бурения / А. К. Судаков, В. Ф. Сирик, М. П. Крюков // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 60–62.

Предложена конструкция снаряда, обеспечивающая термомеханическое разрушение горных пород при бурении скважин.

Ключевые слова: скважина, буровой снаряд, СВЧ.

УДК 622.834

Бугаёва, Н. А. Научные основы стохастического прогноза деформаций земной поверхности при её подработке/ Н. А. Бугаёва // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 63–69.

Предложено усовершенствование методики прогноза сдвижений и деформаций земной поверхности. Вместо детерминированных коэффициентов перегрузки при определении расчетных деформаций предлагается вносить поправки в виде доверительных интервалов. Выполнено стохастическое моделирование процесса сдвижений массива горных пород.

Ключевые слова: мульда сдвижения, деформации земной поверхности, стохастическое моделирование.

УДК 54.027

Черниш, О. Г. Роль кисню і вуглецю в мінералоутворенні карбонатів Донбасу та зони зчленування Донбасу з Приазовським кристалічним масивом / О. Г. Черниш // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 70–73.

Приведені результати дослідження ізотопного складу кисню і вуглецю карбонатів Донбасу та зони його зчленування з Приазовським кристалічним масивом. Розраховані ізотопні відносини дозволяють зробити висновок про характер гідротермальних вод, що брали участь в процесі мінералоутворення. Дослідження ізотопів вуглецю вказують на запозичення «важкого» вуглецю з осадової товщі, що підтверджує проміжне розташування карбонатів зони зчленування між типово гідротермальними і осадовими утвореннями.

Ключові слова: карбонати, ізотопний аналіз, поліметали, генезис.

УДК 662.74

Волкова, Т. П. Экологические проблемы коксохимии / Т. П. Волкова, Ю. С. Зуева // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 74–77.

Выбросы от предприятий коксохимической промышленности негативно воздействуют на окружающую среду. Основными выбросами являются диоксид серы, сероводород, оксиды азота. Выбросы прослеживаются на всех стадиях технологического процесса коксования. Это связано с качеством углей поступающих из Донецкого угольного бассейна на коксохимические предприятия

Ключевые слова: марка угля, шихта, кокс, спекаемость, сернистость, зольность, диоксид серы, сероводород.

УДК 550.42

Выборов, С. Г. Опыт определения и разграничения зон влияния источников антропогенного замещения геологической среды / С. Г. Выборов // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 78–84.

Рассматриваются методические вопросы определения и разграничения зон влияния антропогенных источников загрязнения. Приведен пример определения зоны влияния золоотвала Кураховской ТЭС на водную среду. Применение авторской методики позволило разграничить зоны влияния золоотвала и очага интенсивного загрязнения к северу от него. Это позволило отказаться от реализации дорогостоящего мероприятия по оборудованию бетонного заслона на пути движения фильтрационного потока от золоотвала.

Ключевые слова: источник загрязнения, зона влияния, золоотвал, геологическая среда, корреляционный анализ, геохимический спектр.

УДК 551.24.03 : 553.94 (477.62)

Черняева, В. В. Поля деформаций, как фактор прогноза подтоплений на территории горных отводов ликвидированных шахт г. Донецка / В. В. Черняева // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 85–90.

Статья посвящена прогнозу зон подтоплений на территории ликвидируемых угольных шахт с помощью тектонофизического анализа и сопоставлению полученных данных с данными, полученными в результате гидрогеологического мониторинга, проводимого на данной территории. В качестве полигона были выбраны ликвидированные в период с 1980 по 2000 годы шахты Пролетарского и Буденновского районов г. Донецка. В результате проведенных исследований были выделены области сжатия и растяжения массива, при этом установлено, что области фактических подтоплений приурочены к областям сжатия массива.

Ключевые слова: подтопление, прогноз, ликвидация шахт.

УДК 552.322: 551.222

Алехин, В. И. Грорудиты участка с. Васильевки зоны сочленения Донбасса с Приазовьем, их вещественный состав, условия залегания и деформации / В. И. Алехин // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 91–97.

Исследованы условия залегания, вещественный состав и деформации дайки грорудитов участка с. Васильевка зоны сочленения Донбасса с Приазовьем. Изучены системы трещин в дайке. Проведены реконструкции полей древних напряжений и изучены их параметры. Выполнены реконструкции полей суммарных хрупких деформаций дайки. Изучены параметры этих деформаций. Исследованы формы проявления разрывных дислокаций участка и их кинематические характеристики. Исследованы вопросы возраста тектонических активизаций на участке и возраста медного оруденения. Изучены возможности использования параметров поля суммарных хрупких деформаций для прогнозирования оруденения в регионе

Ключевые слова: дайка, грорудит, условия залегания, состав, деформации, напряжения, реконструкция, оруденение.

УДК 551.24:553.94:622.83

Шамаев, В. В. О формировании тектонических и деформационных структур, определяющих характер деформирования массива горных пород / В. В. Шамаев // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 98–106.

В работе предпринята попытка обосновать существование единого механизма, под воздействием которого, происходит формирование тектонических структур, влияющих на перераспределение и механизмы проявления деформационных процессов в массиве. Главный действующий фактор – поля деформаций – рассматриваются как генераторы энергопередающей волны. Рассмотренные положения обуславливают особенности развития деформационных полей на уровне структурных элементов тектоносферы – массивов горных пород и определяют характер деформационных процессов

Ключевые слова: формирование, тектонические структуры, деформации.

УДК 552.331 (477.62)

Седова, Е. В. Закономерности распределения Y, P3Э, редких металлов и фтора в гранитах Каменноугольного комплекса (Восточное Приазовье) / Е. В. Седова // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 107–111.

Гранитные массивы каменноугольного комплекса (возраст ~1,8 млрд. лет) характеризуются уникальной металлогенической специализацией, сочетающей редкометальные (Nb, Ta, Li, Be) рудопоявления с Y-P3Э минерализацией. Выделены два типа гранитов комплекса: роговообманковые (±биотит) иттрий-редкоземельные, бедные F и редкими металлами, и высокодифференцированные биотитовые (±мусковит) литий-фтористые редкометальные, но обедненные Y и P3Э. Их сочетание обусловило специфическую редкометально-редкоземельную специализацию комплекса.

Ключевые слова: каменноугольский комплекс, граниты роговообманковые, граниты биотитовые и двуслюдяные, геохимия, иттрий-редкоземельная минерализация, редкометальная минерализация, литий-фтористые граниты, минералы-концентраторы, апогранитные породы.

УДК: 622.243.14

Филимоненко, Н. Т. К вопросу классификации погружных пневматических насосов / Н. Т. Филимоненко, А. А. Кожевников // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 112–116.

Впервые приводится классификация погружных пневматических насосов, которые могут применяться при бурении скважин в условиях поглощения промывочных жидкостей. Структурная схема, построенная на основе предложенной классификации, позволяет системно провести обзор данных устройств, выявить преимущества и недостатки, а так же наметить пути совершенствования. Статья может быть интересна для специалистов, занимающихся вопросами бурения скважин в сложных условиях.

Ключевые слова: классификация, погружной насос, скважина.

УДК 621.921.34:621.921.34–413:621.923.4:662.23.05

Шульженко, А. А. Исследование работоспособности нового гибридного алмазного композиционного поликристаллического материала при разрушении крепких горных пород / А. А. Шульженко, Р. К. Богданов, А. П. Загора, Е. Е. Ашкинази, А. Н. Соколов, В. Г. Гаргин, В. Г. Ральченко, В. И. Конов, Г. Д. Ильницкая, М. В. Супрун // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 117–121.

В работе проводится определение наиболее износостойкой поверхности CVD-компонентов и общую работоспособность новых гибридных алмазных композиционных термостойких поликристаллических материалов (ГАКТПМ) при разрушении крепких горных пород.

Ключевые слова: износостойкость, алмазные композиционные термостойкие поликристаллические материалы.

УДК 551.24.03(477)

Муровская, А. В. Структурно-кинематические парагенезисы и деформационные режимы Гераклейского блока юго-западного Крыма / А. В. Муровская, Р. Н. Щербаков // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 122–128.

Проведен анализ альтернативных моделей тектонического развития Горного Крыма. Исследована история и геологические условия формирования Гераклейского полуострова Горного Крыма. Изучены системы трещин, разрывных нарушений и линеаментов, их структурно-кинематические парагенезисы в породах различного возраста. Выполнены реконструкции полей разновозрастных напряжений и деформаций, установлены их параметры. Изучены формы проявления разрывных дислокаций и их кинематические особенности. Исследована последовательность формирования деформаций в районе, механизм чередования циклов сжатия и растяжения.

Ключевые слова: гераклейский блок, Крым, трещины, линеаменты, деформации, напряжения, реконструкция, возрастная шкала, тектоника.

УДК 622.026.3:622.235:622.268.1

Шкуматов, О. М. Використання статично-динамічного навантаження масиву при будівництві спряжень гірничих виробок / О. М. Шкуматов // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 129–133.

Запропоновано при будівництві гірничих виробок використовувати невибухове та вибухове руйнування масиву. Описані результати лабораторних випробувань розробленої технології на цементно – піскових моделях з використанням невибухової розширювальної речовини НРР-80. Наведені результати апробації запропонованих рішень.

Ключові слова: руйнування масиву, технологія.

УДК 622.831.322

Николин, В. И. Изменение потенциальной выбросоопасности угольных пластов при увеличении глубины разработки / В. И. Николин, О. Г. Худолей, А. А. Капустин // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 134–139.

В статье рассматриваются некоторые аспекты добычи угля на больших глубинах. Приводится подтверждение гипотезы об уменьшении интенсификации проявлений выбросов угля и газа при увеличении глубины ведения горных работ.

Ключевые слова: уголь, выброс, большая глубина.

УДК 551.837.2:551.243.1

Заборин, М. С. Геофизическая идентификация водопроницаемости геодинамических зон угленосной толщи в связи с ликвидацией шахт / М. С. Заборин, Л. А. Иванов, А. В. Савченко, А. Н. Хромов // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 140–146.

Приведены результаты одного из этапов исследований влияния геодинамических зон на формирование геолого-экологической обстановки при ликвидации угольных шахт. Геофизическими методами ЕИЭМПЗ, СГДК-А установлена водопроницаемость изучаемых тектонических структур, что позволяет выделить участки с первоочередным проявлением процессов подтопления и заболачивания в пределах полей ликвидированных шахт Брянской группы (Луганская область).

Ключевые слова: ликвидация шахт, угленосная толща, геодинамические зоны, водопроницаемость, геофизические методы ЕИЭМПЗ, СГДК-А, подтопление и заболачивание.

УДК 622.236.4.001.1

Куриной, В. П. Исследование влияния воздействия взрыва на начальную стадию трещинообразования в горных породах / В. П. Куриной // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 147–150.

В статье приведены результаты теоретических исследований влияния воздействия взрыва на начальную стадию трещинообразования в горных породах.

Ключевые слова: взрыв, трещина, горные породы.

УДК 622.272:624.191.5

Харин, С. А. Схемы вскрытия глубоких горизонтов шахт Кривбасса / С. А. Харин, С. В. Борщевский, В. Ф. Формос // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 151–155.

Рассмотрены запасы природно богатых железных руд на больших глубинах в Криворожском бассейне. Выполнен анализ способов вскрытия месторождения вертикальными скипо-клетевыми и наклонными конвейерными стволами. Для различных условий исследованы схемы строительства горизонтов второй ступени вскрытия, с учетом возможной интенсивности ведения работ.

Ключевые слова: месторождение, железная руда, глубина, вскрытие, схема, способ, выработка, ствол, квершлаг, штрек, точка встречи, направление работ.

УДК 622.8:622.24.053

Шевченко, Ф. Л. Расчет устойчивости бурильных колонн при ликвидации аварий с буровыми установками / Ф. Л. Шевченко, Ю. В. Петтик // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 156–162.

Рассмотрено решение задачи по расчету устойчивости сжато-растянутых стержней с учетом собственного веса, основанное на использовании специальных функций. Приведены инженерные формулы для расчета критических параметров устойчивости для проведения поисковых и ловильных работ при ликвидации аварий.

Ключевые слова: буровая установка, расчетная схема, бурильная колонна, авария, устойчивость, расчет, рекомендации.

УДК 624.191.8.042/.044

Тютюкин, О. Л. Численный анализ конструкции колонной станции на нагрузки от наземного транспорта / О. Л. Тютюкин, С. В. Борщевский // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 163–168.

В статье приведены результаты численного анализа случаев транспортной нагрузки при его взаимодействии с колонной станцией методом конечных элементов.

Ключевые слова: станция метро, перегонный тоннель, колонная станция, напряжения.

УДК 502.2/519.8(075.8)

Чебенко, В. Н. Влияние горнотехнических и гидрогеологических особенностей горных пород на эффективность разрушения в условиях открытой добычи на карьерах / В. Н. Чебенко, Т. Ф. Козловская // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 169–172.

Рассмотрены горнотехнические и гидрогеологические особенности горных пород, добываемых на карьерах Полтавского региона. Охарактеризованы факторы, влияющие на эффективность их разрушения с использованием энергии взрывного импульса.

Ключевые слова: горные породы, гидрогеологические особенности, горнотехнические условия, обводненность скважин.

УДК 549:669.181.28

Тиришкіна, С. М. Деякі особливості силікатів кальцію у складі сталеплавильних шлаків металургійного комбінату «Арселорміттал Кривий Ріг» / С. М. Тиришкіна, В. В. Іванченко // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 173–178.

Поєднання сучасних і традиційних мінералогічних методів дозволило визначити у складі групи силікатів кальцію біля десяти мінеральних видів, як природного так і штучного походження. Наведені результати вивчення кристалічної структури і хімічного складу мінералів цієї групи. Встановлені зміни їх властивостей мінералів в процесі переробки, зберігання і збагачення шлаків, які суттєво впливають на технологію переробки відходів металургійного виробництва та поширення хімічних елементів із шлакових відвалів у навколишнє середовище.

Ключові слова: силікат кальцію, склад, шлак, збагачення.

УДК 550.8:553.81(673.17)

Рузина, М. В. Минералого-петрографические особенности алмазоносных кимберлитов трубки Лорелей (Ангола) / М. В. Рузина, Т. М. Вунда // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 179–183.

Приведены результаты исследований минералого-петрографического состава и типоморфизма алмазов кимберлитовой трубки Лорелей. Установлено, что кимберлитовое тело сложено автолитовыми кимберлитовыми брекчиями, массивными кимберлитами, ксенолитами горнблендитов, габбро и кристаллосланцев. Кристаллы алмазов, выявленные в кимберлитах, представлены в основном ромбододекаэдрами.

Ключевые слова: кимберлит, алмаз, автолит, брекчия, лампроит.

УДК 622.24

Каракозов, А. А. О совершенствовании методики гидравлического расчёта геологоразведочных скважин / А. А. Каракозов, М. С. Попова, С. Н. Парфенюк, Д. В. Копытков-Баскаков // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 184–189.

Рассмотрены проблемные вопросы определения потерь давления при колонковом бурении геологоразведочных скважин. Показана необходимость обязательного учёта влияния вращения бурильной колонны на коэффициент гидравлических сопротивлений в скважине.

Ключевые слова: скважина, вращение, промывка, потери давления.

УДК 622.24.085

Каракозов, А. А. Моделирование течения жидкости в гидроударном буровом снаряде установок серии УМБ-130 при бескерновом бурении скважин / А. А. Каракозов, С. Н. Парфенюк // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип. 13(178). – Донецьк, ДонНТУ, 2011. – С. 190–194.

Рассмотрены вопросы определения утечек жидкости через насосный блок гидроударных снарядов установок серии УМБ-130 при бескерновом бурении подводных скважин. Приведены результаты моделирования течения жидкости в снаряде и определения потерь давления для различных конструкций насосных блоков.

Ключевые слова: насосный блок, моделирование, давление.

Зміст

Примаков А. В., Манжос Ю. В., Галіакберова Ф. Н. Лабораторний стенд для дослідження характеристик вибухових приладів.....	3
Грищенко А. М., Березюк А. О. Проект реконструкції підземної маркшейдерської опорної мережі шахти «Прогрес» ДП «Торезантрацит».....	7
Мирний В. В., Матлаєва І. В. Відносно коректності в питаннях компарування металевих рулеток.....	12
Рогаченко А. М., Волкова Т. П. Исследование качества известняков с целью оптимизации отработки Родниковского месторождения	15
Пилипец В. И., Брегида Л. Б. Совершенствование технических средств для откачки жидкости из скважин	21
Корчамагин В. А., Павлов И. О., Никитенко А. В. Структурно-тектоническая позиция скоплений метана в угленосных отложениях Донецко-Макеевского района.....	25
Купенко В. И., Черныш О. Г. Сопоставление Комсомольского рудопроявления с промышленным аналогом стратиформного типа.....	31
Кожеников А. А., Судаков А. К., Пашенко А. А., Камышацкий А. Ф., Лексиков А. А., Колесников М. А. Влияние физических полей на свойства ледовых композитов.....	36
Олексюк М. П., Юрич А. Р., Різничук А. І. Прогнозування аномально високих пластових тисків(АВПТ) у процесі буріння методом d експоненти в реальному часі буріння свердловин з використанням ЕОМ.....	40
Шевцов Н. Р., Калякин С. А., Купенко И. В. Взрывные работы в очистных забоях	44
Шевцов Н. Р., Хоменчук О. В., Рублева О. И. Методика определения параметров взрывного набрызгбетонирования горных выработок.....	51
Судаков А. К., Сирик В. Ф., Крюков М. П. Снаряд термомеханического бурения.....	60
Бугаёва Н. А. Научные основы стохастического прогноза деформаций земной поверхности при её подработке	63
Черниш О. Г. Роль кисню і вуглецю в мінералоутворенні карбонатів Донбасу та зони зчленування Донбасу з Приазовським кристалічним масивом	70
Волкова Т. П., Зуева Ю. С. Экологические проблемы коксохимии	74
Выборов С. Г. Опыт определения и разграничения зон влияния источников антропогенного замещения геологической среды	78
Черняева В. В. Поля деформаций, как фактор прогноза подтоплений на территории горных отводов ликвидированных шахт г. Донецка	85
Алехин В. И. Горюдита участка с. Васильевки зоны сочленения Донбасса с Приазовьем, их вещественный состав, условия залегания и деформации.....	91

Шамаев В. В. О формировании тектонических и деформационных структур, определяющих характер деформирования массива горных пород	98
Седова Е. В. Закономерности распределения Y, PЗЭ, редких металлов и фтора в гранитах Каменноугольного комплекса (Восточное Приазовье)	107
Филимоненко Н. Т., Кожевников А. А. К вопросу классификации погружных пневматических насосов	112
Шульженко А. А., Богданов Р. К., Загора А. П., Ашкинази Е. Е., Соколов А. Н., Гаргин В. Г., Ральченко В. Г., Конов В. И., Ильницкая Г. Д., Супрун М. В. Исследование работоспособности нового гибридного алмазного композиционного поликристаллического материала при разрушении крепких горных пород	117
Муровская А. В., Щербаков Р. Н. Структурно-кинематические парагенезисы и деформационные режимы Гераклеийского блока юго-западного Крыма	122
Шкуматов О. М. Використання статично-динамічного навантаження масиву при будівництві спряжень гірничих виробок	129
Николин В. И., Худолей О. Г., Капустин А. А. Изменение потенциальной выбросоопасности угольных пластов при увеличении глубины разработки	134
Заборин М. С., Иванов Л. А., Савченко А. В., Хромов А. Н. Геофизическая идентификация водопроницаемости геодинамических зон угленосной толщи в связи с ликвидацией шахт	140
Куриной В. П. Исследование влияния воздействия взрыва на начальную стадию трещинообразования в горных породах	147
Харин С. А., Борщевский С. В., Формос В. Ф. Схемы вскрытия глубоких горизонтов шахт Кривбасса	151
Шевченко Ф. Л., Петтик Ю. В. Расчет устойчивости буровых колонн при ликвидации аварий с буровыми установками	156
Тюткин А. Л., Борщевский С. В. Численный анализ конструкции колонной станции на нагрузки от наземного транспорта	163
Чебенко В. Н., Козловская Т. Ф. Влияние горнотехнических и гидрогеологических особенностей горных пород на эффективности разрушения в условиях открытой добычи на карьерах	169
Тиришкіна С. М., Іванченко В. В. Деякі особливості силікатів кальцію у складі сталеплавильних шлаків металургійного комбінату «Арселорміттал Кривий Ріг»	173
Рузина М. В., Вунда Т. М. Минералого-петрографические особенности алмазоносных кимберлитов трубки Лорелей (Ангола)	179
Каракозов А. А., Попова М. С., Парфенюк С. Н., Копытков-Баскаков Д. В. О совершенствовании методики гидравлического расчёта геологоразведочных скважин	184
Каракозов А. А., Парфенюк С. Н. Моделирование течения жидкости в гидроударном буровом снаряде установок серии УМБ-130 при бескерновом бурении скважин	190
Анотації	195

Наукове видання

Серія «Гірничо-геологічна»

Наукові праці ДонНТУ

(англійською, російською і українською мовами)

Засновник – ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» (ДонНТУ)

Видавець – ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» (ДонНТУ)

Редакційна колегія: Башков Є. О. (голова) та інш.