

UDC 550-837.3

Kovalev N.I., Ph.D.,  
פרופסור למדעים טכניים, פרופסור  
Pukhliy V.A.,  
חוקרת Soldatova S.V.,  
האוניברסיטה הלאומית של סבסטופול לאנרגיה  
ותעשייה גרעינית, סבסטופול, אוקראינה

על מנגנון היווצרות של פיצוצים נפחיים ופיצוץ של גזי פחמן מימן במכרות פחם

הנושאים של הצתה עצמית, פיצוץ נפחי ו  
פיצוץ של תערובות גז פחמימנים במכרות פחם. קובע  
שיטה לאיתור אזורים של הצטברויות גז פחמימני עם גבוה  
להתרחשות פיצוץ/סל"ס יסיים. גרם לך-  
מים על הגורמים לפיצוצים נפחיים. מוצעים אמצעי מניעה עבור  
מניעת פיצוצים נפחיים במכרות פחם.

מילות מפתח: תפרי פחם, תהליכי הצתה עצמית של תערובות גזים פחמימנים-מימן, פיצוצים  
נפחיים, פיצוץ

מבוא. בעיית הבטיחות במכרות מסוכנים מתאן היא  
מאוד רלוונטי. כל שנה במפעלי פחם מפיצוצי גז  
כורים מתים, פעולות כריית פחם מופסקות לתקופה ארוכה, ונגרם נזק מהותי משמעותי.

בקשר לכריית פחמים תרמיים בעומקים גדולים, מקרים של פיצוצי גז נפחיים הפכו  
תכופים יותר, וכתוצאה מכך למותם של מספר רב של כורים ו  
הרס ציוד כרייה (אוקראינה, רוסיה). למרות העובדה שארגונים נוקטים בצעדים רציניים להסרת  
גז מקיפה של מוקשים, מערכות מתקדמות יותר למניעת

פיצוצים, פיצוצים נפחיים לא מפסיקים. ניתוח תאונות במכרות פחם  
מכרות של אוקראינה, שבוצעו בהנחיית חבר מקביל AGN-ב  
אוקראינה, דוקטור למדעי הגיאולוגיה [1] E. Rudneva מראה שהסיבות העיקריות הן (מניתוח  
של 46 תאונות): 1. פיצוצים עם אובדן חיים עקב כניסה פתאומית לעבודה.

כמויות גדולות של מתאן ופחמימנים כבדים (40 תאונות), או מוות  
אנשים מפציעות ומחנק גזים (6 תאונות). זה יכול לקרות רק עקב פתיחה מיידית של אזורים עם

לחץ גז גבוה תחת תפרי פחם במהלך התפתחות התפרים (קודחים תפרי פחם לפני הפיתוח,  
יש בהם כמויות גז עם

לא יכול להיות בלחץ גבוה). יתר על כן, פיצוצים אלה לא היו  
יזום על ידי ניצוץ, ותערובת הגז התלקחה מאליה, ו  
ואז פיצוצים נפחיים ופיצוץ.

2. נוכחות של טקטוניקה מורכבת ומגוונת מאוד -ראשונית  
(קלאסי) ומשני (כוח המשיכה) על כל שטח המכרה

קו שדרכו גז עם לחצים וטמפרטורות גבוהים יכול לזרום מעומק גדול ( $1.5 \div 3.0 > \text{ק"מ}$ ). 3. ככאשר גזי פחמימנים נכנסים לתערובת מעומק רב

המכיל מתאן ופחמימנים כבדים יותר, שעלולים להוביל להצתה ספונטנית ולפיצוץ של התערובת אם היא נכנסת מיידית  
אזור ייצור אוויר (בריכוזי מתאן הנמוכים בהרבה מ-5%). מטרות ויעדים של מחקר מדעי. המטרות העיקריות של המחקר

הם:

□ בדיקת יעילותו של ציוד גיאופיזי מרוחק מתחם לזיהוי הצטברויות גז הממוקמות מתחת תפרי פחם ובשברים גיאולוגיים, המאופיינים על ידי ערכי לחץ גבוהים ( $> 10 \text{ KGs/cm}^2$ ) וממוקמים בעומקים של עד 3000 מ'.  
□ קביעת נתיבי נדידת גז מעומק רב או ממקורות הנמצאים מחוץ לגבולות שדות מוקשים (שלי

על שם A.F Zasyadko - אוקראינה, 2008; מכרה Erunakovskaya - VIII, - JSC (2009); "Yuzhkuzbasugol" OUK - מכרות - זרחניה, אוקטיברסקאיה, סיבירסקאיה, פוליסייבסקיה (2011, רוסיה).

□ חיפוש ותיחום של מקורות גז עם ערכי לחץ וטמפרטורה גבוהים הממוקמים מתחת לתפרי פחם ומעבר לכך

גבול שדות מוקשים; □ מדידת ערכי לחץ וטמפרטורות של גז בשגיאות גיאולוגיות ובאזורים של הצטברות גז פחמימני, כמו גם עובי אופקי הגז הממוקמים מתחת לתפרי פחם, באמצעות ציוד שדה מרוחק "חיפוש".

□ קביעת הגורמים לפיצוץ גז נפחיים והצעות למניעת פיצוצים אלו במכרות המייצרים אנרגיה

## גחלים יקרות ערך בעומקים גדולים.

שיטות מחקר. במהלך העבודה נעשה שימוש בשיטות המחקר הבאות. 1. כדי לבצע במהירות את המשימות שהוקצו, נעשה שימוש בשיטות חקירה קוסמוגולוגיות מרחוק וציוד לבדיקת תהודה בשדה של מתחם החישה הגיאופיזי המרוחק "Poisk" (שפותח על ידי SNUYAEiP) הציווד מאפשר לזהות מרחוק מקורות להצטברות גז בעומקים של עד 5 קילומטרים, לתחום אותם ולקבוע את כיוון נדידת הגז, מספר אופקי הגז, לחץ הגז בכל אופק, וכן לזהות את סוגי סלעי הגז. - מאגרים חדירים.

הבסיס לשימוש בציוד Poisk-הלמטרות אלו היה העבודה המוצלחת על איתור חריגות גז עם לחץ גבוה בהן, הממוקמות מתחת לגופי העפרות של מכרה אורניום

(מכרה נובוקונסטנטניבסקיה, אוקראינה), חקר מאפייני התרחשות חריגות גז בסלעי פצלים (טקסס, ארה"ב) ומרוחקים

גילוי של שדות נפט וגז תעשייתיים (אוסטרליה, אינדונזיה, ארה"ב, רוסיה, אוקראינה, מונגוליה). העבודה בוצעה על ידי מומחים SNUYAEiP-מיחד עם מבנים מסחריים שהיו מעורבים במתן העבודה, וכן

המכון הראשי של משרד הדלק והאנרגיה של אוקראינה (UkrNIPIpromtekhologii and Mרכז המחקר IGN של האקדמיה הלאומית למדעים של אוקראינה (NASU). הצלחתן של עבודות אלה מעידה על מסקנת המכון להנדסה אזרחית של האקדמיה הלאומית למדעים של אוקראינה על כדאיות שימוש בציד מורכב מרחוק "חיפוש" לביצוע עבודות חיפוש גיאולוגיות[9]. 2. שימוש בקידוחי מחקר של בארות לזיהוי הצטברויות גז, קביעה מדויקת של עומקי אופקי הגז, לחצים וטמפרטורות הגז בהן. עבודות אלו בוצעו

מומחים לכרייה ומבנים גיאולוגיים של מכרות או חברות מיוחדות המעורבות על ידי לקוחות בביצוע חיפושים התעמלות. 3. חיפוש חשמלי ושיטות גיאופיזיות מסורתיות אחרות לחיפוש חריגות גז או ניתוח חומרים גיאולוגיים זמינים על

מוקשים (שבוצעו על ידי SRC IGN NASU, לאישור (או השוואה) של תוצאות זיהוי מרחוק של חריגות גזים ל תחילת קידוחי מחקר. 4. מידול מתמטי של תהליכי הצתה עצמית, פיצוצים נפחיים ופיצוץ תערובות גזים וחישובים לקביעת תנאי גבול להצתה עצמית של תערובות אלו עם גזי פחמימנים שונים בתנאים הקרובים לתנאי גז אמיתיים.

התנאים במכרות הפחם. בוצע בהדרכתו של דוקטור למדעים טכניים, פרופסור. [2-7] 7-SNUYAEiP V.A. Pukhliy בתקופת עבודה זו נבדק שדה המכרות של מכרה פחם על שם Zasyadko (אוקראינה) עם ציוד בדיקת תהודה בשטח של המתחם "חיפוש" על ידי מומחים SNUYAEiP-מ(סבסטופול) יחד עם המיזם המסחרי MGSP (דונייצק) ומרכז המחקר המדעי, IGN NASU, וכן ביצעו עבודת מחקר ב-5 מכרות פחם של "bassugol" OJSC OCC "Yuzhkuz" (אזור קמרובו, רוסיה) -רק על ידי מומחי SNUYAEiP

[10].

זיהוי מרחוק (זיהוי) של חריגות גזים ב בבטן כדור הארץ (עד לעומקים של 5 ק"מ) בוצע שימוש בציד של מתחם "פואסק" באמצעות תופעות תהודה של חומרים תחת השפעת קרינת תדר רדיו על אטומי יסודות (ספקטרוסקופיה של NMR הכלולים ב- סוג ספציפי של פחמימנים (נפט, גז) וסלעי נפט וגז. קולטי אף. [8] כדי לשלוח קרינת תהודה בתדר רדיו לעומקים גדולים, נעשה שימוש במחוללי קרינת מיקרוגל עם שדה אלקטרומגנטי מסתובב. ספקטרום תהודה התדר של אטומים של יסודות כימיים ייחוס של סלעי מאגר (Ni, V, C, P, Si, S, וכו') וספקטרום אנרגיית מידע היו מווסנים לתדר הפעולה של מחולל המיקרוגל.

שלוש דגימות של נפט, מתאן וגזי פחמימנים גבוהים יותר (אתאן, פרופאן, בוטאן).

ספקטרום תהודה (NMR) של אטומי מתכת הנכללים בהרכב החומרים שזוהו ונבחרו כמרכיבי ייחוס תועדו במתקני NMR בתדר של 60 מגה-הרץ ו-052 מגה-הרץ, [11, 13] וספקטרום אנרגיית המידע של החומרים היו הוקלט על

ספקטרופוטומטר ספיגה אטומית (אטומיזציה של חומרים במבער גז) עם חיבור רגיש בתדר רחב. ספקטרום מידע ואנרגיה של זיהוי גזים ו

סלעים [14] הועברו לנשאים מגנטיים "עובדים" ("מטריצות עבודה"), והספקטרום האטומי של מתכות ל"בדיקת מטריצות" ושימשו לעירור תהודה של חומרים אלו בבטן האדמה (לעומקים).

3ק"מ). עירור תהודה של חומרים בוצע על ידי חשיפה עליהם האותות של מחוללי מיקרוגל המווסתים על ידי תדר התהודה (אטומי) ספקטרום NMR או לפי תדירות של אנרגיית מידע ספקטרום של החומר הרצוי.

כדי ללמוד את ההרכב היסודי של סלעי מאגר, השתמשנו שיטת הפעלת נויטרונים לקביעת ריכוז המתכות והלא מתכות בהן. הרכב יסודי של דגימות דגימות ומשרעות של המאפיינים הספקטראליים האינטגרליים שלהן (מדידת מידע

ספקטרה) הוכנסו למאגר הנתונים של המכלול הנייח של Poisk ושימשו כסימני זיהוי של פחמימנים וסלעי מאגר (הממוקמים בעומקים של עד 5000 מ') בעת עיבוד תוצאות עבודת השדה. [15] כדי להגדיר את הציוד ולאשר את הזיהוי (זיהוי) מרחוק של סוגי פחמימנים, לפני תחילת עבודת השדה, בוצעו בדיקות בתנאי מעבדה של ציוד נייד ונייד של מתחם פויסק לרישום סלקטיבי של דגימות (דגימות) של גז ודגימות מסוגים סלעי מאגרים ממרחקים שונים (25 מ' ו-05 מ').

בתנאי שטח, אות מאופנן נשלח מיחידת התדר הגבוה של מחולל המיקרוגל באמצעות אנטנה בכיוון צר בזווית מסוימת עמוק לתוך כדור הארץ לתהודה מרחוק הפרעות של אטומים של יסוד ייחוס או החומר הניתן לזיהוי כולו. במקרה זה, על פני שטח שדה הפחמימנים, א

שדה אלקטרומגנטי בתדר גבוה המאפיין סוג מסוים פחמימנים וסלעים. שדה אלקטרומגנטי זה מתועד על ידי מכשיר מקלט רגיש המכוון לתדר התהודה

אטום ספציפי של יסוד ייחוס או הספקטרום האינטגרלי של חומר (סוג סלעים, גז פחמימנים). זה סיפק זיהוי סלקטיבי מרחוק של חומר ספציפי שנמצא בעומקים שונים. בהתבסס על תוצאות פענוח תצלומי לוויין באמצעות טכנולוגיות קרינה-כימיות, [16] נקבעים בצילום זה גבולות קווי המתאר של אזורים עם חריגות פחמימנים. נתונים

גבולות מובהרים בשטח באמצעות ציוד נייד ומקלטי GPS, ולאחר מכן משרטטים על מפה של אזור החיפוש. ה

שיטת התיחום דומה למעשה לשיטות חישה מרחוק קיימות בתעופה וחלל, עם זאת, ההסתברות לזיהוי מעשי של סוג הפחמימנים (גזי פחמימנים) באמצעות הציוד של מתחם פויסק עולה בחדות (אמין יותר

95% ציוד שדה לבדיקת תהודה מאפשר לך לחשב את העומק

התרחשות אופקי גזים, עובים ולחץ הגז בהם.

תוצאות העבודה. בעת בדיקת שדה המכרה של מכרה פחם על שם Zasyadko (איור 1) נמצא שהוא נחצה ממערב למזרח 3 תקלות "ערוץ" גיאולוגיות עם לחץ גז מוגבר בהן אחד מצפון לדרום. [17]



איור 1. קווי מתאר של חריגות גיאומטריות של ATZ וגבולות חדיר לגז "ערוצים" במפה הטופוגרפית של אזור הקצאת הכרייה של מכרה הפחם על שם א.פ. זסיאדקו. [17]

קטעים (עמודים) חדורי גז אנכיים היו ממוקמים מחוץ לשדה המוקשים  $1.5 \div 1$  ק"מ לפני גבולו) והיו ממוקמים בכל אחת מ-3 תקלות ("תעלות"). ההגירה התרחשה בכל "הערוצים"

גז ממערב למזרח, מה שהבטיח לחץ גז מסוים בכל אחד

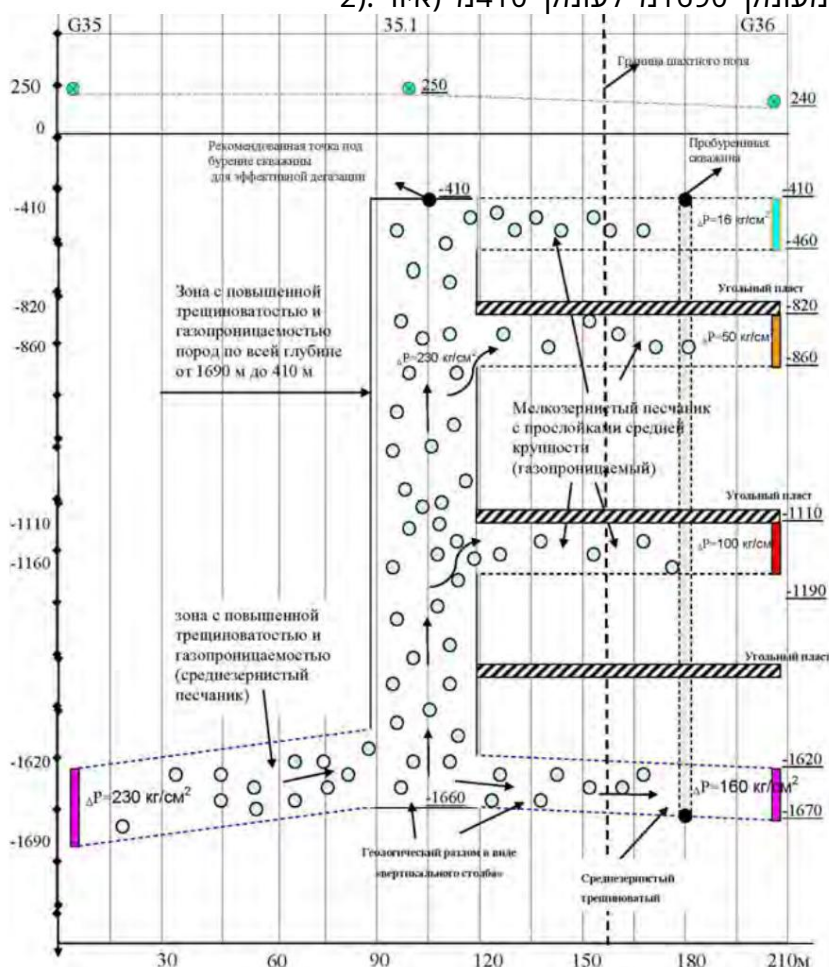
ערוץ הבית.

רוחב "התעלות" נע בין 08-140 מ'. לכל "תעלה" היו 4 אופקים חדירים לגז, המייצגים שברים

אבן חול בעלת גרגרים בינוניים המופיעה בכל תעלה בעומקים של 410 מ' עד 1690 מ'. עובי אופקים נושאי גז נע בין 08-120 מ', לחץ הגז העודף באופקים (בהתאם לעומקים) היה

מ-61 ק"ג/סמ"ר (אופק עליון מ-061 ק"ג/סמ"ר (אופק תחתון). גז אופקים היו ממוקמים מתחת לתפרי פחם. מקור גז עיקרי עם לחץ גבוה יותר מחוץ לשדה המוקשים (5 ק"מ מ אות). גז ממנו נכנס לשדה המוקשים דרך 3 תתקלות שחוצות את שדה המוקשים. יתרה מכך, חלוקת הגז "תעלה" מתחת לתפרי הפחם התרחשה מהאופק התחתון (1690 מ') עם לחץ גז גבוה

(230 kgf/cm<sup>2</sup>) עד לאופק העליון (16 kgf/cm<sup>2</sup>) לאורך חדיר הגז הכללי חתך אנכי "עמוד" מעומק 1690 מ' לעומק 410 מ' (איור. 2).



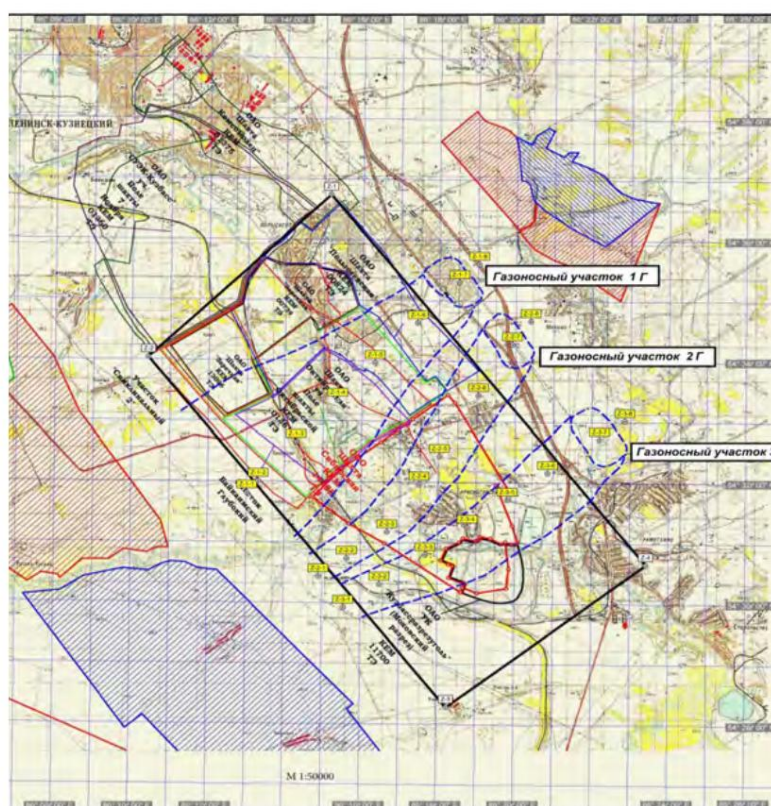
איור 2. קטע עומק 035-036 של תעלה נושאת הגז בשדה המכרות של מכרה פחם. במרחק של 5 ק"מ ממערב לשדה המוקשים, גדול

לשקע נושא גז (קוטר 4 ק"מ) עם לחץ גז בתוכו של 350 ק"ג/סמ"ר שמהם נבעו "תעלות" זרימת הגז מתחת לתפרי הפחם. ככל שהתקררנו לשדה המכרה, לחץ הגז במאגרים נושאי הגז ירד (הוחנק ל-032 ק"ג/סמ"ר). ניתוח של אתרי תאונות מוקשים עם פיצוץ מתאן (והרוגים) הראה כי התרחשו פיצוצים

כאשר מפתחים תפרי פחם מעל "תעלות" נושאות גז (תקלות) עם לחץ גז גבוה בהן. ( $\text{cm}^2$ )  
 פחמימנים טבעית (ולא  $>50 \text{ kgf/cm}^2$ ) באר שנקדחה בגז הצפוני "תעלת-1" בכל 4 האופקים אישרה נוכחות של זרימת

גז "פחם" עם לחצי גז מקבילים גבוהים משמעותית ( $P_4 \approx 160 \text{ kgf/cm}^2$ ) לחץ גז בתפרי פחם  
 (בדרך כלל  $5-10 \text{ kgf/cm}^2$ ). אושרו נתונים מקביעה מרחוק של הפרמטרים של "תעלות"  
 גז (קולטים), עומקם ולחץ הגז בהם. כתוצאה מכך, אם אתה קודח בארות הסרת גז ישירות  
 ב"עמודים" או "תעלות" חדירות גז אנכיים, אז זה

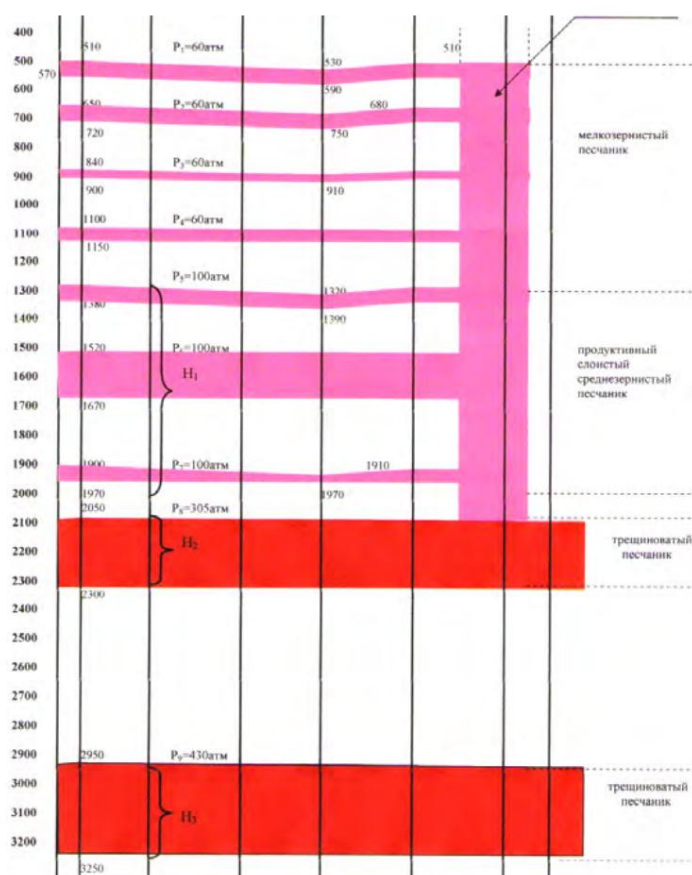
יפחית בחדות את הלחץ הכולל של הגז המתקרב לשדה המוקשים, כלומר  
 המצב מתחת לתפרי הפחם בכל שדה המכרה ישתפר.



איור 3. גבולות של חריגות גז שזוהו בשטח הקצאות הכרייה  
 מכרות פחם Sibirskaia - Polysaevskaya, Zarechnaya, Oktyabrskaya  
 (S=99 ק"מ<sup>2</sup>).  
 כדאי להשתמש בגז מבאר כזו עם זרימה תעשייתית ולחץ של 160 ק"ג/סמ"ר לצרכים  
 הטכניים של העיר, במקום לשחרר אותו.  
 זה במערכת ההפעלה. תמונה דומה נחשפה אצל כמה רוסיים  
 מוקשים (איור 3, איור 4). (4) ניתנו המלצות לקידוח הסרת גז  
 בארות ב"קולטים" נושאי גז בלחץ גז גבוה, שיכולים להפחית משמעותית את סכנת הגז בכל שדה המכרות.

עבודה דומה בוצעה ב-5 מכרות פחם ברוסיה  
 אישר מצב דומה על ידי נוכחותם של מספר "ערוצים" של נכנסות

הזרקת גז בלחץ גבוה  $> 350$  ק"ג/ס"מ תחת תפרי פחם ממקורות הממוקמים בעומק רב וממוקמים מעבר לכך. שדות מוקשים.



אבן חול בינונית שבור פנימה  
"עמוד" חדיר לגז אנכי

איור 4. פרופיל עומק של מקטע גז מס' 1G בשדה המוקשים (שלי "זרחניה", רוסיה). לחצי גז גבוהים תחת תפרי פחם נרשמו בשעה

עומקים  $500 \pm$  מ' הצטברות גז בלחץ גבוה ( $> 50$  ק"ג/ס"מ) ( מהוות סכנה גדולה במהלך פעולות הכרייה, מכיוון כשפותחים תפרי פחם ליד הצטברויות כאלה, יש שחרור מיידי של כמויות גדולות של תערובת גז לסביבת האוויר-חמצן של הכביש, שם נמצאת כל הזמן תערובת מתאן-גז עם ריכוז מתאן.

מתחת לנורמה המותרת ( $3 \div 4\%$ ) עקב חמצון מתמיד של גז תערובות עם ריכוז כזה של מתאן באוויר הסחף, התערובת הזו יש מידה מסוימת של מוכנות של "עירור" להצתה. IN ברגע שמוזרקים כמויות גדולות של תערובת גז עם תכולת מתאן גבוהה, מתרחשת הצתה עצמית מיידי של גזי פחמימנים ו

הפיצוץ הנפחי שלהם אפילו בריכוזי  $CH_4$  בסחף העבודה הוא פחות מ  $5\%$ . למערכת האזהרה האוטומטית אין אפילו זמן להגיב לעלייה בריכוז המתאן בתערובת. התוצאות של מידול מתמטי של תהליכי הצתה עצמית ופיצוץ מאשרות גם את האפשרות של פיצוץ נפחיים עם

זרימה פתאומית של גז בכמויות גדולות לסחף העבודה. במקרה זה, חזית גלי הים יכולה להיווצר בנוסף במהירות



$1000 > m'/s$  שנייה, שהוא גורם יזום נוסף לפיצוץ נפחי.

התפוצצות. יש לציין כי התפשטות להבה ובערה מהירה של תערובות פחמימנים נקבעות על ידי תגובות כימיות השומרות על שיפוע ריכוז, וכן תהליכי הובלה מולקולרית הגורמים למעבר שיפועים אלו לתוך

מרחב. בניגוד לתהליכים אלו, התפשטות הפיצוץ נגרמת מגל לחץ, הניזון מתגובות כימיות ושחרור חום הנלווה. תכונה אופיינית של פיצוץ היא  $1000 \text{ v m/s}$  מהירות ההתפשטות של גל הפיצוץ היא בסדר גודל גדולה יותר ממהירות ההתפשטות של להבת הבעירה של תערובת הפחמימנים (בדרך כלל  $0.5 \text{ m/s}$ ). מהירות התפשטות גלי הפיצוץ  $v$

לדים

צפיפות  $\rho$

לדים

לחץ  $v$

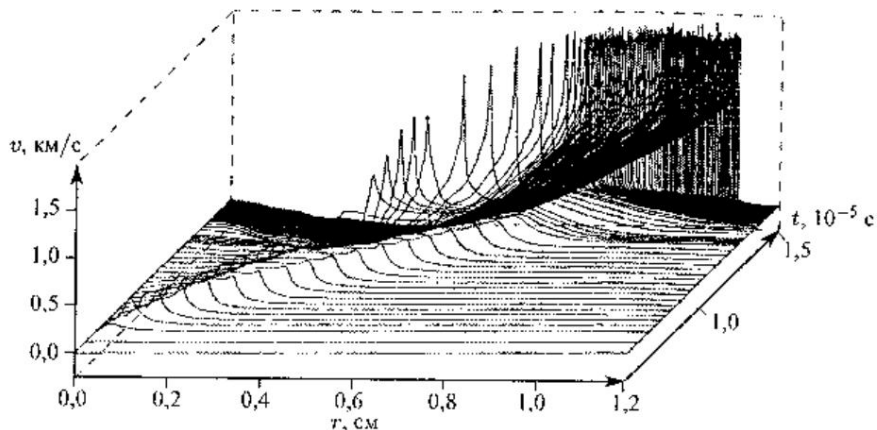
קשל גזים שרופים מחושב לפי תיאוריית צ'פמן-ד'וג'ה [4]. הם תלויים בלחץ  $p$  וקובצפיפות של גזים לא שרופים, בחום הספציפי תגובה  $q$  ועל הערך של  $\gamma$ , ונקבע על ידי היחס בין יכולות החום ב נפח ולחץ קבועים  $(C_p / C_v)$ .

משוואות פיצוץ בסיסיות של צ'פמן-ד'וג'ה:

$$\frac{v}{v_p} = \sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma+1}} \cdot \frac{p}{p_0}; \quad \frac{p}{p_0} = \frac{1}{\gamma} \left( \frac{v}{v_p} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}; \quad \frac{p}{p_0} = \frac{1}{\gamma} \left( \frac{v}{v_p} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}} \cdot \frac{v}{v_p}$$

יש להדגיש כי נושא המעבר מבעירה מהירה (דה-פלגרציה) לפיצוץ חשוב מאוד ליישומים פרקטיים רבים, בפרט חשוב מאוד עבור מכרות פחם. מידול מתמטי מאפשר לנתח תהליכים כאלה. איור 5 מציג את המעבר

לפיצוץ בסביבת מימן-חמצן. ההתנפחות מואצת והופכת לפיצוץ. יש לציין כי ככלל, גלי פיצוץ אינם מישוריים; היווצרות מבנה תאי של חזית הפיצוץ נצפה בניסוי.



איור 5. פרופילי מהירות במהלך היווצרות גל פיצוץ פנימה  
תערובת מימן-חמצן H<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> בלחץ ראשוני.  $p = 2 \text{ kgf/cm}^2$  [17].

לסיכום, נציין כי לתיאור הקינטי של תהליכי הבעירה אפילו של דלק כה פשוט כמו מימן (התגובה הכוללת  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ ) נדרש מנגנון הכולל כ-04 תגובות אלמנטריות. לתיאור קינטי של תהליכי בעירה, במיוחד תהליכים

הצתה עצמית של הדלק הפחמימני הפשוט ביותר - מתאן (CH<sub>4</sub>), המספר הכולל של תגובות תוך התחשבות בתגובות פני השטח בכימיקלים המנגנון כולל כמה אלפי תגובות אלמנטריות. כל הנושאים הללו, כלומר קינטיקה כימית, מנגנוני תגובה, פישוט מנגנוני תגובה וכו', נבחנו בעבר בעבודותיהם של המחברים. [2-7]

מסקנות 1. מתחת לתפרי פחם באזורים של שבירה מוגברת יש אזורים של הצטברות גזי פחמימנים, אשר "מיידית

נפתחים" ברגע הסרת תפרי הפחם, ויש שחרור מידי של גז עם לחצים וטמפרטורות גבוהות ב

ייצור עם תכולת חמצן ומוצרים קבועים באוויר חמצון של מתאן, למרות שתכולתו נמוכה מהנורמה המותרת, (2÷3%) כאשר מתרחש פיצוץ נפחי. 2. עקב זרימת גזי פחמימנים עם שברים כבדים בלחץ ובטמפרטורה גבוהים, מתרחשת פליטה מיידית של סלע והתערובת מתלקחת באופן ספונטני בריכוז גז נמוך בהרבה

5% ואחריו פיצוץ נפחי ופיצוץ. אם זה יקרה אספקת גז בנפחים קטנים (עקב לחץ גז נמוך יותר פנימה אופק), אז לא מתרחש פיצוץ נפחי, אבל הרעלת כורים בגז אפשרית. 3. בנוכחותם של אזורי הצטברות של גזי פחמימנים עם לחץ וטמפרטורה גבוהים תחת תפרי פחם יוצרת תנאים לכניסה מיידית של גז לעבודה עם פיצוצים נפחיים הבאים

גז ופיצוץ.

4. פליטות הגזים המסוכנות ביותר (המיידיות), פיצוצים נפחיים ופיצוץ עלולות להתרחש במהלך התפתחות תפרי פחם בעומקי פחם תרמיים של 500 מ' או יותר.

## הצעות

- יש לנקוט באמצעים נוספים על מנת להבטיח בטיחות העבודה במכרות פחם תרמיים, במיוחד כאשר מפתחים אותם בעומקים גדולים (>500 מ').
- ניתן להשתמש בהצלחה בציוד של מתחם פויסק זיהוי אזורי הצטברות גז עם לחץ וטמפרטורה גבוהים מתחת לתפרי פחם ובתקלות גיאולוגיות, המבטיח

## לבחירת נקודות לקידוח בארות להסרת גז יעילה

מאחור.

3. האמצעים היעילים ביותר למניעת כניסה מיידית של גז בלחץ גבוה יכולים להיות זיהוי בזמן של גז בתקלות של שדות מוקשים והסרת הגז שלהם דרך בארות קדחות, כמו גם זיהוי גז ליד שדות מוקשים.

פיקדונות. ליד שדות מכרה עם פחמים תרמיים, יש תמיד מרבצי גז הממוקמים על גדול

מעמקים המחוברים על ידי תקלות עם מרבצי פחם. לפני פיתוח תפרי פחם בעומקים הקרובים ל-005 מ', יש צורך לפתוח מרבצי גז ליד מכרות פחם כדי לצמצם לחץ בהם ובכך משפר את סכנת הגז במכרות.

## רשימת ספרות משומשת

- Rudnev E.N., 1. דוקטור לגאול. מדעים (האקדמיה למדעי הכרייה של אוקראינה) בנושא לחימה במתאן במכרות פחם של אוקראינה // פחם של אוקראינה. - 2009. מס' 1. - עמ' 40-46
- Pukhliy V.A. 2. שריפה של אבק אורגני במסנן תוף תוך התחשבות הפעלת המברנה חסינת פיצוץ. - פיזיקה כימית, 1997, RAS, כרך 16, מס' 11, עמ' 133-139.
- Pukhliy V.A. 3. מחקר של שריפות משניות במהלך פיצוץ של אבק אורגני. - פיזיקה של בעירה ופיצוץ, 2000, RAS, כרך 36, מס' 3, עמ' 60-64. 4. Pukhliy V.A. תרמודינמיקה. פרקים נוספים. - סבסטופול:
- הוצאה לאור "המכון המדעי והטכני המרכזי של צ'רקסי", 523 - 2009 עמ'.
- Pukhliy V.A., Kovalev N.I., Sofiysky I.Yu. 5. על כמה בעיות של קינטיקה כימית בים השחור. - באוסף: עבודות מדעיות SNUYAEiP, גיליון 2(38), 2011, עמ' 137-144.
- Pukhliy V.A., Kovalev N.I., Sofiysky I.Yu. 6. מודל מתמטי של תהליכי הצתה והצתה עצמית של פחמימנים ב
- קינטיקה כימית. - בתוך: עבודות מדעיות של SNUYAEiP, גיליון 4(40), 2011, עמ' N.I. 153-162. 7. Pukhliy V.A., Kovalev בקינטיקה כימית. - בתוך: עבודות מדעיות של SNUYAEiP, גיליון 1(41), 2012, עמ' 144-153.
- Kovalev N.I., Pukhliy V.A. 8. ואחרים. תהודה מגנטית גרעינית. תיאוריה ו
- יישומים. סבסטופול, 2010. צ'. ט. ס. 9. מסקנה על המתודולוגיה לחיפוש וחקירה של מינרלים באמצעות קומפלקס החומרה Poisk NMR נאס"ו E.M., Soldatova S.V. 10. Kovalev N.I., Filippov 2009. "ניסיוני ומתודולוגי

מתן שיטה מרוחקת לזיהוי תקלות פחם

היווצרות בשדה המכרות במכרות "Yuzhkuzbassugol" OJSC OUK דיווח על מחקר, 60, 2009, SNUYAEiP-Novokuznetsk, עמ'.

Belyavsky G.A., Kovalev N.I., Lavrentieva O.N. 11. טכנולוגיית יישום

ציוד NMR לגילוי מרחוק של עצמים מתחת לאדמה ו

- מתחת למים. - דיווח בוועידת ההצלה הבינלאומית הרביעית. NTSB  
 משרד מצבי החירום של אוקראינה. - קייב, 2003 עמ' N.I., Gokh V.A., Soldatova S.V.  
 12. Kovalev 32-35 ואחרים שימוש במתחם הגיאולוגרפי המרוחק "Poisk" לאיתור  
 ותיחום מרבצי פחמימנים // - 2009. - Geoinformatics. מס' - 3 עמ' 83-87.
13. Bakai Z.A., Ivashchenko P.N., Kovalev N.I. שיטת החיפוש אחר פיקדונות שימושיים  
 מאובנים // פט. 35122 אוקראינה. מתאריך. 14. 26/08/2008 פט. RF מס' 227-2305  
 מיום 20 במרץ, 2006 קי. Gokh V.A., Akimov A.M., Kova-lev N.I.,  
 פטנטים, "שיטה לחיפוש משאבים מינרלים", בקשה מס' 154 132 2004 מיום 05.11.2004,  
 רשומה ב'.  
 מרשם המדינה להמצאות של הפדרציה הרוסית עד 04/20/2006 תוקף עד  
 Soldatova S.V. 15. Kovalev N.I., Belyavsky G.A., Filippov E.M.,  
 11/05/2024 ואחרים קביעת חריגות  
 גז טבעי בשדה המכרה של מכרה: Erunakovskaya-8 דו"ח על מחקר, - SNUYAEiP.  
 נובוקוזנצק, 36 - 2010 עמ'.  
 16. טכנולוגיה קרינה-כימית ב-1-52 מ, 17. Kovalev N.I., Gokh V.A., Kotelyanets I.I.  
 1979-1989 וכו' בחירת נקודות לקידוח  
 בארות גז נושאות גז באמצעות ציוד מרוחק של מתחם פויסק בשדה המכרות של מכרה  
 הפחם: Zasyadko דוח מחקר, ש. - Zasyadko / SNUYAEiP., GGN. - 48 -  
 2009 עמ'.  
 18. Goyal G., Warnatz J., Maas U. מחקרים מספריים של הצתת נקודות חמות ב- H2-O2  
 ו-4HC - תערובות אוויר. - סימן. 1767-1776. 23 Comb.-Pittsburgh, 1990,

פורסם: אוסף מאמרים של הכנס הבינלאומי המדעי והמעשי "פיתוח חדשני של מדע  
 מודרני", אופא, 2014 עמ' 153-162.