

CDU 550-837.3

Kovalev N.I., Ph.D., professeur agrégé

Pukhliy V.A., docteur en sciences techniques, professeur

Soldatova S.V., chercheuse

Université nationale de l'énergie et de

l'industrie nucléaires de Sébastopol,

Sébastopol, Ukraine

## SUR LE MÉCANISME DE FORMATION D'EXPLOSIONS VOLUMÉTRIQUES ET DE DÉTONATION DE GAZ D'HYDROCARBURES DANS LES MINES DE CHARBON

Les problèmes d'auto-inflammation, d'explosion volumétrique et détonation de mélanges gazeux d'hydrocarbures dans les mines de charbon. Énonce procédé de détection de zones d'accumulation de gaz d'hydrocarbures à haute teneur pression ( $>100 \text{ kg/cm}^2$ ), les veines de charbon sous-jacentes. Vous fait- eau sur les causes des explosions volumétriques. Des mesures préventives sont proposées pour prévenir les explosions volumétriques dans les mines de charbon.

Mots clés : veines de charbon, processus d'auto-inflammation de mélanges gazeux hydrocarbures-hydrogène, explosions volumétriques, détonation

Introduction. Le problème de sécurité dans les mines dangereuses pour le méthane est très pertinent. Chaque année dans les entreprises charbonnières suite à des explosions de gaz des mineurs meurent, l'exploitation du charbon est arrêtée pour une longue période et d'importants dégâts matériels sont causés.

Dans le cadre de l'exploitation minière du charbon thermique à grande profondeur, les cas d'explosions volumétriques de gaz sont devenus plus fréquents, entraînant la mort d'un grand nombre de mineurs et destruction d'équipements miniers (Ukraine, Russie). Malgré le fait que les entreprises prennent des mesures sérieuses pour le dégazage complet des mines, des systèmes plus avancés pour empêcher

les explosions, les explosions volumétriques ne s'arrêtent pas. Analyse des accidents dans les mines de charbon mines d'Ukraine, réalisées sous la direction d'un membre correspondant de l'AGN Ukraine, docteur en sciences géologiques E. Rudneva [1] montre que les principales raisons sont (à partir d'une analyse de 46 accidents) : 1.

Explosions avec perte de vie due à une entrée soudaine dans les chantiers de gros volumes de méthane et d'hydrocarbures lourds (40 accidents), voire la mort personnes blessées et asphyxiées par les gaz (6

accidents). Cela ne peut se produire que grâce à l'ouverture instantanée de zones avec pression de gaz élevée sous les veines de charbon pendant le développement des veines (les veines de charbon sont forcées avant le développement, elles contiennent des volumes de gaz avec ne peut pas être sous haute pression). De plus, ces explosions n'étaient pas initié par une étincelle, et le mélange gazeux s'enflamme spontanément, et puis explosions volumétriques et détonation.

2. La présence d'une tectonique très complexe et diversifiée - primaire (classique) et secondaire (gravitaire) sur toute la superficie de la mine

une conduite à travers laquelle du gaz à hautes pressions et températures peut s'écouler depuis de grandes profondeurs (>1,5÷3,0 km). 3.

Lorsque des gaz d'hydrocarbures pénètrent dans le mélange depuis de grandes profondeurs qui contient du méthane et des hydrocarbures plus lourds, qui peuvent conduire à une inflammation spontanée et à une explosion du mélange s'il pénètre instantanément zone de production d'air (à des concentrations de méthane bien inférieures à 5 %). Buts et objectifs de la recherche scientifique. Les principaux objectifs de l'étude sont:

Vérification de l'efficacité des équipements géophysiques à distance complexe de détection des accumulations de gaz situées sous veines de charbon et dans les failles géologiques, caractérisées par valeurs de pression élevées (> 10 KG/cm<sup>2</sup>) et situées à des profondeurs allant jusqu'à 3000 m.

Détermination des chemins de migration des gaz provenant de grandes profondeurs ou de sources situées en dehors des limites des champs de mines (mine nommé d'après A.F. Zasyadko - Ukraine, 2008 ; Mine Erunakovskaya – VIII, – JSC OUK "Yuzhkuzbasugol", (2009); mines – Zarechnaya, Oktyabrskaya, Sibirskaya, Polysaevskaya (2011, Russie).

Recherche et délimitation de sources de gaz à hautes valeurs de pression et de température situées sous les veines de charbon et au-delà frontière des champs de

mines ; Mesure des valeurs de pression et de température des gaz dans les failles géologiques et dans les zones d'accumulation de gaz d'hydrocarbures, ainsi que de l'épaisseur des horizons gazeux situés sous les veines de charbon, à l'aide d'équipements de terrain distants « Recherche ».

Détermination des causes des explosions volumétriques de gaz et propositions pour prévenir ces explosions dans les mines produisant de l'énergie charbons précieux à de grandes profondeurs.

Méthodes de recherche. Les méthodes de recherche suivantes ont été utilisées dans le travail. 1. Pour

accomplir rapidement les tâches assignées, des méthodes d'exploration cosmogéologique à distance et des équipements de test de résonance sur le terrain du complexe de télédétection géophysique du sous-sol «Poisk» (développé par SNUYAEiP) ont été utilisés. L'équipement vous permet de détecter à distance les sources d'accumulation de gaz à des profondeurs allant jusqu'à 5 kilomètres, de les délimiter et de déterminer la direction de la migration du gaz, le nombre d'horizons gazeux, la pression du gaz dans chaque horizon, et également d'identifier les types de roches gazeuses. -réservoirs perméables.

La base de l'utilisation de l'équipement Poisk à ces fins était le travail réussi de détection d'anomalies de gaz à haute pression de gaz, situées sous les corps minéralisés d'une mine d'uranium.

(Mine Novokonstantinovskaya, Ukraine), étude des caractéristiques de l'occurrence anomalies de gaz dans les roches de schiste (Texas, États-Unis) et

découverte de gisements industriels de pétrole et de gaz (Australie, Indonésie, USA, Russie, Ukraine, Mongolie). Les travaux ont été réalisés par des spécialistes du SNUYAEiP en collaboration avec les structures commerciales impliquées dans la réalisation des travaux, ainsi que

l'institut principal du ministère des Combustibles et de l'Énergie de l'Ukraine (UkrNIPromtekhologii et Centre de recherche IGN de l'Académie nationale des sciences d'Ukraine (NASU). Le succès de

ces travaux est attesté par la conclusion de l'Institut de génie civil de l'Académie nationale des sciences d'Ukraine sur faisabilité de l'utilisation d'équipements complexes à distance

« Recherche » pour effectuer des travaux de prospection et de géologie[9]. 2.

L'utilisation du forage exploratoire de puits pour identifier les accumulations de gaz, déterminer avec précision les profondeurs des horizons gazeux, les pressions et les températures des gaz qu'ils contiennent. Ces travaux ont été réalisés

spécialistes des structures minières et géologiques des mines ou sociétés spécialisées impliquées par les Clients dans la réalisation de la prospection

forage 3.

Prospection électrique et autres méthodes géophysiques traditionnelles pour la recherche d'anomalies gazeuses ou l'analyse des matériaux géologiques disponibles sur mines (réalisées par SRC IGN NASU, Kiev) pour confirmation (ou comparaison) des résultats de télédétection des anomalies de gaz pour début des forages exploratoires. 4.

Modélisation mathématique des processus d'auto-inflammation, d'explosions volumétriques et de détonation de mélanges gazeux et calculs pour établir les conditions aux limites pour l'auto-inflammation de ces mélanges avec divers gaz d'hydrocarbures dans des conditions proches des conditions réelles des gaz

conditions dans les mines de charbon. Réalisé sous la direction du docteur en sciences techniques, professeur du SNUYAEiP V.A. Pukhliy [2-7].

Au cours de ces travaux, le champ minier d'une mine de charbon a été examiné nommé d'après Zasyadko (Ukraine) avec l'équipement de test de résonance sur le terrain du complexe "Recherche" par des spécialistes du SNUYAEiP (Sébastopol) en collaboration avec l'entreprise commerciale MGSP (Donetsk) et le Centre de recherche scientifique IGN NASU, et a également mené des travaux de recherche dans 5 mines de charbon de l'OJSC OCC "Yuzhkuz-bassugol" (région de Kemerovo, Russie) – uniquement par les spécialistes du SNUYAEiP [dix].

Identification (reconnaissance) à distance des anomalies de gaz dans les entrailles de la terre (jusqu'à 5 km de profondeur) à l'aide des équipements du complexe « Poisk » a été réalisée en utilisant les phénomènes de résonance de substances sous l'influence d'un rayonnement radiofréquence sur des atomes d'éléments (spectroscopie RMN) inclus dans un types spécifiques d'hydrocarbures (pétrole, gaz) et de roches pétrolières et gazières.. collecteurs nasaux [8]. Pour envoyer un

rayonnement résonant radiofréquence à de grandes profondeurs, des générateurs de rayonnement micro-ondes avec un champ électromagnétique rotatif ont été utilisés. Les spectres de résonance de fréquence des atomes des éléments chimiques de référence des roches réservoirs (Ni, V, C, P, Si, S, etc.) et les spectres information-énergie ont été modulés en fonction de la fréquence de fonctionnement du générateur de micro-ondes.

trois échantillons de pétrole, de méthane et de gaz d'hydrocarbures supérieurs (éthane, propane, butane).

Les spectres de résonance (spectres RMN) des atomes métalliques entrant dans la composition des substances identifiées et sélectionnés comme éléments de référence ont été enregistrés sur des installations RMN avec une fréquence de 60 MHz et 250 MHz [11, 13], et leurs spectres d'énergie d'information des substances ont été enregistré sur spectrophotomètre d'absorption atomique (atomisation de substances dans un brûleur à gaz) avec un accessoire sensible à large fréquence. Spectres d'information et d'énergie d'identification des gaz et les roches [14] ont été transférées sur des supports magnétiques « fonctionnels » (« matrices de travail ») et les spectres atomiques des métaux sur des « matrices de test » et ont été utilisées pour l'excitation résonnante de ces substances dans les entrailles de la terre (jusqu'aux profondeurs 3km). L'excitation résonnante des substances a été réalisée par exposition sur eux les signaux des générateurs de micro-ondes modulés par la fréquence du résonant Spectres RMN (atomiques) ou par fréquence d'information-énergie spectres de la substance recherchée.

Pour étudier la composition élémentaire des roches réservoirs, nous avons utilisé méthode d'activation neutronique pour déterminer la concentration de métaux et de non-métaux qu'ils contiennent. Composition élémentaire des échantillons d'échantillons et amplitudes de leurs caractéristiques spectrales intégrales (mesure d'information spectres) ont été introduits dans la banque de données du complexe stationnaire de Poisk et ont été utilisés comme signes de reconnaissance des hydrocarbures et des roches réservoirs (situés à des profondeurs allant jusqu'à 5 000 m) lors du traitement des résultats des travaux de terrain [15]. Pour mettre en place les

équipements et confirmer la détection à distance (identification) des types d'hydrocarbures, avant le début des travaux sur le terrain, des tests ont été effectués en laboratoire sur les équipements fixes et portables du complexe Poisk pour l'enregistrement sélectif des échantillons (échantillons) de gaz et échantillons de types de roches réservoirs à différentes distances (25 m et 50 m).

Sur le terrain, un signal modulé est envoyé depuis l'unité haute fréquence du générateur de micro-ondes à l'aide d'une antenne étroitement directionnelle. à un certain angle profondément dans la Terre pour une résonance à distance perturbations des atomes d'un élément de référence ou de la totalité de la substance identifiable. Dans ce cas, sur la superficie du champ d'hydrocarbures, un champ électromagnétique haute fréquence caractéristique d'un type particulier hydrocarbures et roches. Ce champ électromagnétique est enregistré par un appareil récepteur sensible réglé sur la fréquence de résonance un atome spécifique d'un élément de référence ou le spectre intégral d'une substance (type de roches, gaz d'hydrocarbures). Cela permettait une identification sélective à distance d'une substance spécifique située à différentes profondeurs. Sur la base des résultats du décodage de

photographies satellites utilisant des technologies radiochimiques [16], les limites des contours des zones présentant des anomalies d'hydrocarbures sont déterminées sur cette photographie. Données

les limites sont clarifiées sur le terrain à l'aide d'équipements mobiles et de récepteurs GPS, puis tracées sur une carte de la zone de recherche. La méthode de délimitation est pratiquement similaire aux méthodes de télédétection aérospatiale existantes, cependant, la probabilité d'identification pratique du type d'hydrocarbures (gaz d'hydrocarbures) à l'aide des équipements du complexe Poisk augmente fortement (plus fiable 95 %).

L'équipement de terrain de test de résonance vous permet de calculer la profondeur d'apparition d'horizons gazeux, leur épaisseur et la pression du gaz qu'ils contiennent.

Résultats des travaux. Lors de l'inspection du champ de mines d'une mine de charbon nommé d'après Zasyadko (Fig. 1), il a été constaté qu'il est traversé d'ouest en est 3 failles géologiques de « canal » avec une pression de gaz accrue et un du nord au sud [17].



Fig. 1. Contours des anomalies géoélectriques de l'ATZ et limites des perméables aux gaz "canaux" sur la carte topographique de la zone d'attribution minière de la mine de charbon nommé d'après A.F. Zasyadko [17].

Les sections verticales perméables aux gaz (piliers) étaient situées à l'extérieur du champ de mines (1÷1,5 km avant sa frontière) et étaient situées sur chacune des 3 failles (« canaux »). La migration s'est faite par tous les « canaux » gaz d'ouest en est, ce qui assurait une certaine pression de gaz dans chaque chaîne maison.

La largeur des « canaux » variait de 40 à 80 m. Chaque « canal » avait 4 horizons perméables aux gaz, représentant des grès à grain moyen présent dans chaque canal à des profondeurs de 410 m à 1 690 m. L'épaisseur des horizons gazeux variait de 20 à 80 m, l'excès de pression de gaz dans les horizons (selon les profondeurs) était à partir de 16 kgf/cm<sup>2</sup> (horizon supérieur à partir de 160 kgf/cm<sup>2</sup> (horizon inférieur). Gaz les horizons étaient situés sous les veines de charbon. Principale source de gaz à haute pression se trouvait à l'extérieur du champ de mines (à 5 km de lui). Le gaz qui en sort est entré dans le champ de mines par 3 failles traversant le champ de mines. De plus, la distribution du gaz dans le « canal » sous les couches de charbon s'est produite depuis l'horizon inférieur (1690 m) avec une pression de gaz élevée. (230 kgf/cm<sup>2</sup>) jusqu'à l'horizon supérieur (16 kgf/cm<sup>2</sup>) le long de la zone générale perméable aux gaz section verticale « pilier » d'une profondeur de 1690 m à une profondeur de 410 m (Fig. 2).

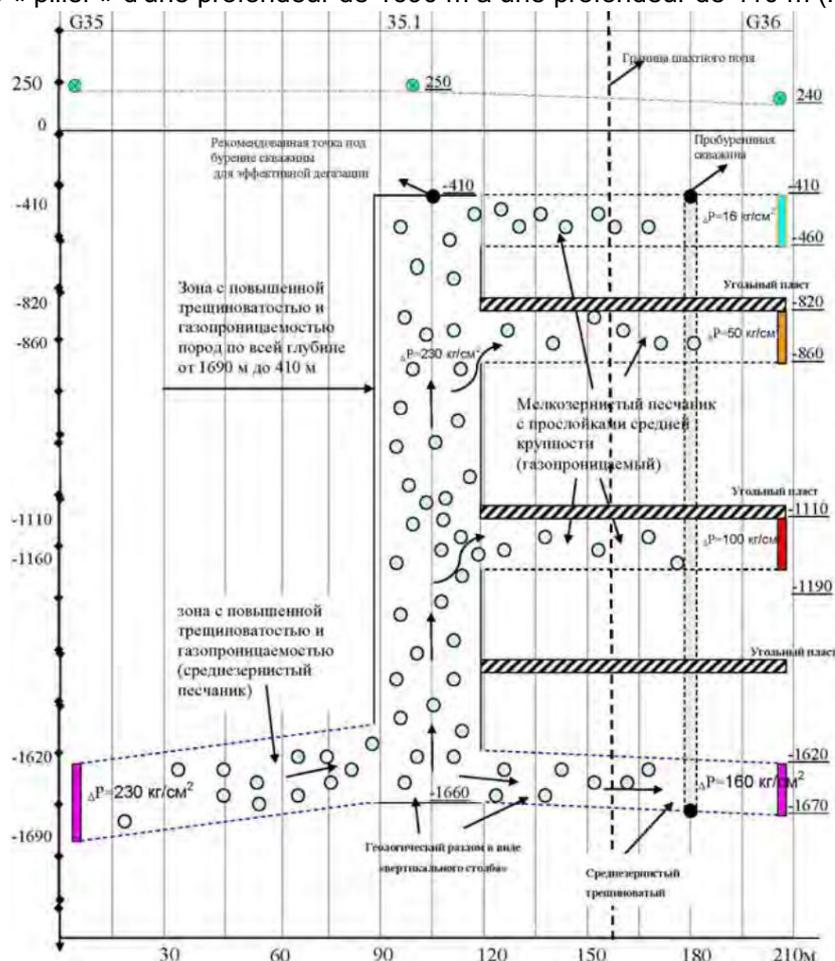


Fig.2. Section de profondeur 035-036 du canal gazier dans le champ minier d'une mine de charbon. A une distance

de 5 km à l'ouest du champ de mines, un grand gisement gazeux (diamètre 4 km) avec une pression de gaz de 350 kgf/cm<sup>2</sup> d'où proviennent les « canaux » d'écoulement du gaz sous les veines de charbon. À mesure que nous approchons du champ de mines, la pression du gaz dans les réservoirs gazeux a diminué (étranglée à 230 kg/cm<sup>2</sup>). Une analyse des sites d'accidents miniers avec explosions de méthane (et décès) a montré que des explosions se sont produites

lors du développement de veines de charbon au-dessus de « canaux » (failles) gazeux contenant une pression de gaz élevée ( $>50 \text{ kgf/cm}^2$ ). Un puits foré

dans le canal gazier nord 1 dans les 4 horizons a confirmé la présence d'apports d'hydrocarbures naturels (et non « charbon » avec des pressions de gaz correspondantes nettement plus élevées ( $P_4 = 160 \text{ kgf/cm}^2$ ) dans les veines de charbon (généralement  $5-10 \text{ kgf/cm}^2$ ). Que. les données de la détermination à distance des paramètres des « canaux » de gaz (collecteurs), de leurs profondeurs et de la pression du gaz à l'intérieur de ceux-ci ont été confirmées. Par conséquent, si vous forez

des puits de dégazage directement dans des « piliers » ou des « canaux » verticaux perméables aux gaz, alors cela réduira considérablement la pression totale du gaz à l'approche du champ de mine, ce qui signifie la situation sous les couches de charbon dans tout le champ minier s'améliorera.

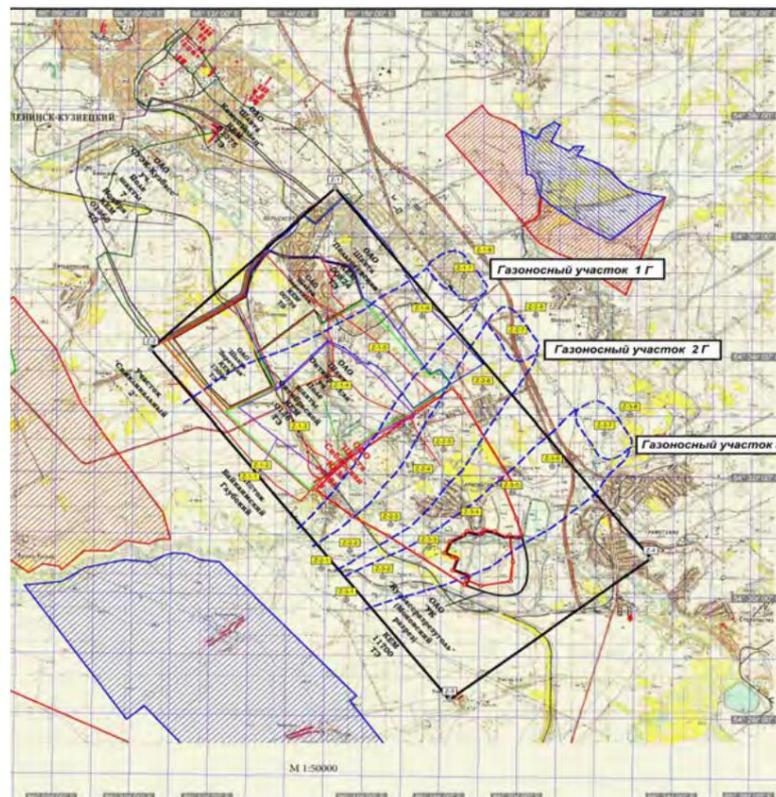


Figure 3. Limites des anomalies gazières identifiées sur le territoire des lotissements miniers mines de charbon Polysaevskaya, Zarechnaya, Oktyabrskaya et Sibirskaya ( $S=99 \text{ km}^2$ ).

Il est avantageux d'utiliser le gaz d'un tel puits avec un afflux industriel et une pression de  $160 \text{ kg/cm}^2$  pour les besoins techniques de la ville, plutôt que de le dégazer. dans le système d'exploitation. Une image similaire a été révélée dans plusieurs mines (Fig. 3, Fig. 4). Des recommandations ont été données pour le dégazage des forages puits dans des « collecteurs » gazeux à haute pression de gaz, ce qui peut réduire considérablement le danger du gaz dans l'ensemble du champ minier.

Travaux similaires effectués dans 5 mines de charbon en Russie a confirmé une situation similaire par la présence de plusieurs « canaux » de flux entrants

injection de gaz à haute pression > 350 kg/cm<sup>2</sup> sous des veines de charbon provenant de sources situées à de grandes profondeurs et situées au-delà des champs de mines.



Figure 4. Profil de profondeur du tronçon gazier n°1G dans le champ de la mine "Zarechnaya", Russie). Des

pressions élevées de gaz sous les veines de charbon ont été enregistrées à profondeurs 500 m. Les accumulations de gaz à haute pression (>50 kg/cm<sup>2</sup>) présentent un grand danger pendant les opérations minières, car Lorsque des veines de charbon sont ouvertes à proximité de telles accumulations, il se produit une libération instantanée de grands volumes d'un mélange gazeux dans l'environnement air-oxygène de la chaussée, où se trouve constamment un mélange méthane-gaz avec une concentration de méthane.

en dessous de la norme admissible (3-4%). En raison de l'oxydation constante du gaz mélanges avec une telle concentration de méthane dans l'air de dérive, ce mélange a un certain degré de préparation à « l'excitation » à s'enflammer. DANS au moment où de grands volumes d'un mélange gazeux à forte teneur en méthane sont injectés, une auto-inflammation instantanée des gaz d'hydrocarbures se produit et leur explosion volumétrique même à des concentrations de CH<sub>4</sub> dans la galerie de travail est inférieure à 5%. Le système d'alerte automatisé n'a même pas le temps de réagir à une augmentation de la concentration de méthane dans le mélange. Les résultats de la

modélisation mathématique des processus d'auto-inflammation et d'explosions confirment également la possibilité d'explosions volumétriques avec afflux soudain de gaz en grands volumes dans la galerie de travail. Dans ce cas, un front d'onde de choc peut en outre se former à une vitesse

>1000 m/sec, ce qui est un facteur déclencheur supplémentaire pour une explosion volumétrique.

Détonation. Il convient de noter que la propagation des flammes et la combustion rapide des mélanges d'hydrocarbures sont déterminées par des réactions chimiques qui maintiennent des gradients de concentration, ainsi que par des processus de transport moléculaire qui provoquent le déplacement de ces gradients vers l'espace.

Contrairement à ces processus, la propagation de la détonation est provoquée par une onde de pression, alimentée par des réactions chimiques et le dégagement de chaleur qui les accompagne. Une propriété caractéristique de la détonation est  $1000v$  m/s, la vitesse de l'onde de détonation est d'un ordre de grandeur supérieure à la vitesse de propagation de la flamme de combustion du mélange d'hydrocarbures (généralement 0,5 m/s). Vitesse de propagation de l'onde de

détonation  $v$  et densité  $\rho$  et pression  $p$  des gaz brûlés est calculé selon la théorie de Chapman-Jouguet [4]. Ils dépendent de la pression  $p_u$  et de la densité des gaz imbrûlés, de la chaleur spécifique réaction  $q$  et sur la valeur de  $\gamma$ , déterminée par le rapport des capacités thermiques à volume et pression constants ( $\frac{C_p}{C_v}$ ).

Équations de base de détonation de Chapman-Jouguet :

$$v = \sqrt{\frac{q}{\rho_u}} \left( 1 + \frac{\gamma - 1}{2} \frac{q}{p_u} \right)^{-1/2}$$

Il convient de souligner que la question du passage de la combustion rapide (déflagration) à la détonation est très importante pour de nombreuses applications pratiques, en particulier pour les mines de charbon. La modélisation mathématique permet d'analyser de tels processus. La figure 5 montre la transition à la détonation dans un environnement hydrogène-oxygène. La déflagration s'accélère et se transforme en détonation.

Il convient de noter qu'en règle générale, les ondes de détonation ne sont pas planes et que la formation d'une structure cellulaire du front de détonation est observée expérimentalement.

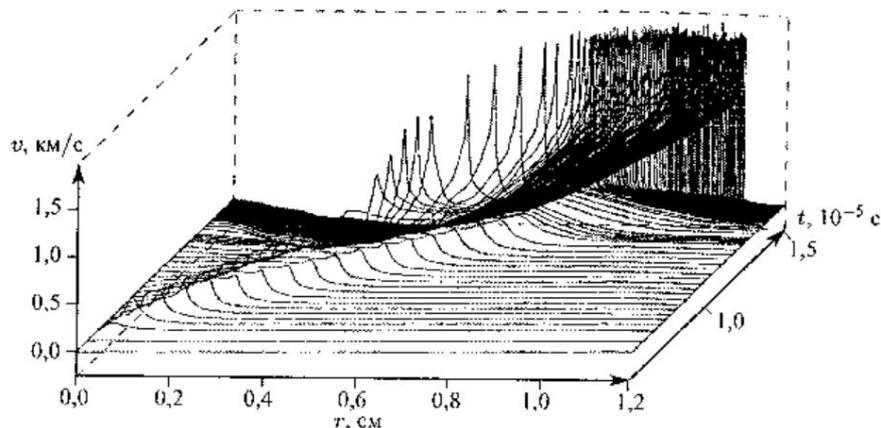


Figure 5. Profils de vitesse lors de la formation d'une onde de détonation dans mélange hydrogène-oxygène H<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> à une pression initiale  $p = 2 \text{ kgf/cm}^2$  [17].

En conclusion, nous notons que pour la description cinétique des processus de combustion même d'un carburant aussi simple que l'hydrogène (la réaction totale  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ ), il faut un mécanisme qui comprend environ 40 réactions élémentaires. Pour une description cinétique des processus de combustion, en particulier des processus auto-inflammation du combustible hydrocarbure le plus simple - le méthane (CH<sub>4</sub>), le nombre total de réactions prenant en compte les réactions de surface en produits chimiques Le mécanisme comprend plusieurs milliers de réactions élémentaires. Toutes ces questions, à savoir la cinétique chimique, les mécanismes réactionnels, la simplification des mécanismes réactionnels, etc., ont été précédemment abordées dans les travaux des auteurs [2-7].

### Conclusions

1. Sous les couches de charbon, dans les zones de fracturation accrue, se trouvent des zones d'accumulation de gaz d'hydrocarbures, qui « instantanément sont ouverts » au moment de l'enlèvement des veines de charbon, et il y a une libération instantanée de gaz avec des pressions et des températures élevées dans production avec une teneur en oxygène et en produits constants dans l'air oxydation du méthane, bien que sa teneur soit inférieure à la norme admissible (2÷3%), où se produit une explosion volumétrique.
2. En raison de l'afflux de gaz d'hydrocarbures avec des fractions lourdes à haute pression et température, une éjection instantanée de roche se produit et le mélange s'enflamme spontanément à une concentration de gaz bien inférieure. 5% suivi d'une explosion volumétrique et d'une détonation. Si ça arrive fourniture de gaz en petits volumes (en raison de la pression du gaz plus faible dans horizon), alors une explosion volumétrique ne se produit pas, mais un empoisonnement des mineurs avec du gaz est possible.
3. La présence de zones d'accumulation de gaz d'hydrocarbures à haute pression et température sous les veines de charbon crée des conditions pour l'entrée instantanée de gaz dans les chantiers avec des explosions volumétriques ultérieures gaz et détonation.
4. Les émissions de gaz (instantanées), les explosions volumétriques et les détonations les plus dangereuses peuvent se produire lors du développement des veines de charbon à des profondeurs de charbon thermique de 500 m ou plus.

### Des offres

1. Des mesures supplémentaires devraient être prises pour garantir sécurité du travail dans les mines de charbon thermique, en particulier lors de leur développement à de grandes profondeurs (>500 m).
2. L'équipement du complexe Poisk peut être utilisé avec succès pour détection de zones d'accumulation de gaz à haute pression et température sous les veines de charbon et dans les failles géologiques, garantissant

sélectionner les points de forage des puits pour un dégazage efficace des gaz

derrière.

3. Les mesures les plus efficaces pour empêcher l'entrée instantanée de gaz sous haute pression peuvent être la détection rapide du gaz dans les failles des champs de mines et leur dégazage à travers des puits forés, ainsi que la détection de gaz à proximité des champs de mines.

dépôts. A proximité des champs de mines de charbon thermique, il y a toujours des gisements de gaz situés sur de grandes profondeurs reliées par des failles avec des gisements de charbon. Avant de développer des gisements de charbon à des profondeurs proches de 500 m, il faut gisements de gaz ouverts à proximité des mines de charbon pour réduire pression à l'intérieur et améliorant ainsi le danger des gaz dans les mines.

#### Liste de la littérature utilisée

1. Rudnev E.N. , Docteur en Géol. Sciences (Académie des sciences minières d'Ukraine) Sur la question lutter contre le méthane dans les mines de charbon d'Ukraine // Charbon d'Ukraine. -2009. - N°1.-p.40-46
2. Pukhliy V.A. Combustion de poussières organiques dans un filtre à tambour, en tenant compte activation de la membrane antidéflagrante. – Physique Chimique, RAS, 1997, volume 16, n° 11, pp. 133-139.
3. Pukhliy V.A. Etude des incendies secondaires lors d'une explosion de poussières organiques. – Physique de la combustion et de l'explosion, RAS, 2000, volume 36, n° 3, p. 60-64. 4. Pukhliy V.A. Thermodynamique. Chapitres supplémentaires. – Sébastopol :  
Maison d'édition « Institut central scientifique et technique de Tcherkassy », 2009. – 523 p.
5. Pukhliy V.A., Kovalev N.I., Sofiysky I.Yu. A propos de quelques problèmes de cinétique chimique en mer Noire. – En collection : Ouvrages scientifiques SNUYAEiP, numéro 2(38), 2011, pp. 137-144.
6. Pukhliy V.A., Kovalev N.I., Sofiysky I.Yu. Modélisation mathématique des processus d'inflammation et d'auto-inflammation des hydrocarbures dans cinétique chimique. – Dans : Travaux scientifiques du SNUYAEiP, numéro 4(40), 2011, pp.153-162.
7. Pukhliy V.A.,  
Kovalev N.I. Mécanismes et voies des processus de combustion des hydrocarbures en cinétique chimique. – Dans : Travaux scientifiques du SNUYAEiP, numéro 1(41), 2012, pp.144-153.
8. Kovalev N.I., Pukhliy V.A. et autres Résonance magnétique nucléaire. Théorie et applications. Sébastopol, 2010. Ch. IX.-S. 610. 9. Conclusion sur la méthodologie de prospection et d'exploration des minéraux à l'aide du complexe matériel Poisk NMR. NASU 2009. 10. Kovalev N.I., Filippov E.M., Soldatova S.V. "Expérimental et méthodologique  
fourniture d'une méthode à distance pour identifier les défauts du charbon formation dans le champ de mines des mines de l'OJSC OUK "Yuzhkuzbassugol"", Rapport sur Recherche, SNUYaEiP.-Novokuznetsk, 2009, 60 p.
11. Belyavsky G.A., Kovalev N.I., Lavrentieva O.N. Technologie d'application Équipement RMN pour la détection à distance d'objets souterrains et

- sous l'eau. – Rapport à la 4e Conférence internationale sur le sauvetage. NTSB  
Ministère des Situations d'urgence de l'Ukraine.-  
Kiev, 2003, pp. 32-35. 12. Kovalev N.I., Gokh V.A., Soldatova S.V. et autres Utilisation du complexe géoholographique distant "Poisk" pour la détection et la délimitation des gisements d'hydrocarbures // Géoinformatique. - 2009. - N° 3. - P. 83-87.
13. Bakai Z.A., Ivashchenko P.N., Kovalev N.I. La méthode de recherche de gisements utiles fossiles // Pat. 35122Ukraine. Du 26/08/2008 14. Pat. RF, n° 227-2305 du 20 mars 2006, Ki. Gokh V.A., Akimov A.M., Kova-lev N.I., demandeurs et titulaires de brevets, « Méthode d'exploration des ressources minérales », demande n° 2004 132 154 du 05.11.2004, enregistrée B  
Registre d'État des inventions de la Fédération de Russie 20/04/2006 Validité jusqu'au 05/11/2024 15. Kovalev N.I., Belyavsky G.A., Filippov E.M., Soldatova S.V. et autres Détermination des anomalies de gaz naturel dans le champ minier de la mine Erunakovskaya-8 : Rapport de recherche, SNUYAEiP. - Novokouznetsk, 2010. - 36 p.
16. Technologie radiochimique en 1-25.M, 1979-1989 17. Kovalev N.I., Gokh V.A., Kotelyanets I.I. etc. Sélection des points à percer puits de gaz gazeux utilisant des équipements distants du complexe Poisk sur le champ minier de la mine de charbon Zasyadko : rapport de recherche, sh. Zasyadko / SNUYAEiP., GGN. - Donetsk, 2009. - 48 p.
18. Goyal G., Warnatz J., Maas U. Études numériques de l'inflammation des points chauds dans H<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub> – mélanges d'air. – 23e Sympt. Comb.-Pittsburgh, 1990, p.1767-1776.

Publié : Recueil d'articles de la Conférence scientifique et pratique internationale « Développement innovant de la science moderne », Oufa, 2014, pp. 153-162.