

UDC 550-837.3

Kovalev N.I., Ph.D., Profesor Madya  
Pukhliy V.A., Doktor Sains Teknikal, Profesor  
Soldatova S.V., penyelidik  
Universiti Kebangsaan Tenaga  
Nuklear dan Industri Sevastopol,  
Sevastopol, Ukraine

## MENGENAI MEKANISME PEMBENTUKAN LETUPAN VOLUMETRI DAN LETUPAN GAS HIDROKARBON DALAM LOMBONG BATUBARA

*Isu penyalaan diri, letupan volumetrik dan letupan campuran gas hidrokarbon di lombong arang batu. menetapkan kaedah untuk mengesan kawasan pengumpulan gas hidrokarbon dengan tinggi tekanan ( $>100 \text{ kg/cm}^2$ ), lapisan bawah arang batu. Membuatkan awak-air tentang punca letupan volumetrik. Langkah-langkah pencegahan dicadangkan untuk mencegah letupan volumetrik di lombong arang batu.*

***Kata kunci: jahitan arang batu, proses penyalaan sendiri campuran gas hidrokarbon-hidrogen, letupan isipadu, letupan***

**pengenalan.** Masalah keselamatan di lombong berbahaya metana ialah sangat relevan. Setiap tahun di perusahaan arang batu dari letupan gas pelombong mati, operasi perlombongan arang batu dihentikan untuk masa yang lama, dan kerosakan material yang ketara berlaku.

Sehubungan dengan perlombongan arang batu haba pada kedalaman yang besar, kes letupan gas volumetrik telah menjadi lebih kerap, mengakibatkan kematian sebilangan besar pelombong dan pemusnahan peralatan perlombongan (Ukraine, Rusia). Walaupun fakta bahawa perusahaan mengambil langkah serius untuk penyahgasan menyeluruh lombong, sistem yang lebih maju untuk mencegah letupan, letupan volumetrik tidak berhenti. Analisis kemalangan di lombong arang batu lombong Ukraine, dijalankan di bawah bimbingan ahli yang sama AGN Ukraine, Doktor Sains Geologi E. Rudneva [1] menunjukkan bahawa sebab utama adalah (dari analisis 46 kemalangan): 1.

Letupan dengan kehilangan nyawa akibat kemasukan secara tiba-tiba ke dalam kerja sejumlah besar metana dan hidrokarbon berat (40 kemalangan), atau kematian orang daripada kecederaan dan sesak nafas gas (6

kemalangan). Ini hanya boleh berlaku kerana pembukaan serta-merta kawasan dengan tekanan gas tinggi di bawah jahitan arang batu semasa pembangunan jahitan (jahitan arang batu digerudi sebelum pembangunan, terdapat isipadu gas di dalamnya dengan tidak boleh berada di bawah tekanan tinggi). Lebih-lebih lagi, letupan ini tidak dimulakan oleh percikan api, dan campuran gas secara spontan dinyalakan, dan kemudian letupan volumetrik dan letupan.

2. Kehadiran tektonik yang sangat kompleks dan pelbagai - primer (klasik) dan sekunder (graviti) di seluruh kawasan lombong

garis yang melaluinya gas dengan tekanan dan suhu tinggi boleh mengalir dari kedalaman yang besar ( $>1.5\div 3.0$  km). 3.

Apabila gas hidrokarbon memasuki campuran dari kedalaman yang besar yang mengandungi metana dan hidrokarbon yang lebih berat, yang boleh menyebabkan pencucuhan spontan dan letupan campuran jika ia masuk serta-merta zon pengeluaran udara (pada kepekatan metana jauh lebih rendah daripada 5%). **Matlamat dan objektif penyelidikan saintifik.** Objektif utama kajian ialah:

- Menyemak keberkesanan peralatan geofizik jauh kompleks untuk mengesan pengumpulan gas yang terletak di bawah jahitan arang batu dan dalam sesar geologi, dicirikan oleh nilai tekanan tinggi ( $> 10$  KGs/cm<sup>2</sup>) dan terletak pada kedalaman sehingga 3000 m.
- Penentuan laluan migrasi gas dari kedalaman yang hebat atau dari sumber yang terletak di luar sempadan medan lombong (lombong dinamakan sempena A.F. Zasyadko - Ukraine, 2008; Lombong Erunakovskaya - VIII, - JSC OUK "Yuzhkuzbasugol", (2009); lombong – Zarechnaya, Oktyabrskaya, Sibirskaya, Polysaevskaya (2011, Rusia).
- Cari dan persempadanan sumber gas dengan nilai tekanan dan suhu tinggi yang terletak di bawah jahitan arang batu dan seterusnya sempadan ladang lombong;
- Pengukuran tekanan gas dan nilai suhu dalam kerosakan geologi dan di kawasan pengumpulan gas hidrokarbon, serta ketebalan ufuk gas yang terletak di bawah jahitan arang batu, menggunakan peralatan medan jauh "Cari".
- Penentuan punca letupan gas isipadu dan cadangan untuk mencegah letupan ini dalam lombong yang menghasilkan tenaga arang batu berharga pada kedalaman yang besar.

**Kaedah penyelidikan.** Kaedah penyelidikan berikut digunakan dalam kerja.  
1. Untuk

menyelesaikan tugas yang diberikan dengan pantas, kaedah penerokaan kosmogeologi jauh dan peralatan ujian resonans medan kompleks penderiaan bawah tanah geofizik jauh "Poisk" (dibangunkan oleh SNUYAEiP) telah digunakan. Peralatan ini membolehkan anda mengesan sumber pengumpulan gas dari jauh pada kedalaman sehingga 5 kilometer, menggambarkannya dan menentukan arah penghijrahan gas, bilangan ufuk gas, tekanan gas di setiap ufuk, dan juga mengenal pasti jenis batuan gas. -takungan telap.

Asas untuk penggunaan peralatan Poisk untuk tujuan ini adalah kerja yang berjaya dalam mengesan anomali gas dengan tekanan gas tinggi di dalamnya, terletak di bawah badan bijih lombong uranium.

(Novokonstantinovskaya lombong, Ukraine), kajian ciri kejadian anomali gas dalam batuan syal (Texas, Amerika Syarikat) dan terpencil

penemuan medan minyak dan gas perindustrian (Australia, Indonesia, Amerika Syarikat, Rusia, Ukraine, Mongolia). Kerja ini dijalankan oleh pakar dari SNUYAEiP bersama-sama dengan struktur komersial yang terlibat dalam menyediakan kerja, serta

ketua institut Kementerian Bahan Api dan Tenaga Ukraine (UkrNIPIpromtekhologii dan Pusat Penyelidikan IGN Akademi Sains Kebangsaan Ukraine (NASU). Kejayaan kerja-

kerja ini dibuktikan dengan kesimpulan Institut Kejuruteraan Awam Akademi Sains Kebangsaan Ukraine pada kebolehlaksanaan menggunakan peralatan kompleks jauh "Cari" untuk melaksanakan kerja cari gali dan geologi[9]. 2.

Penggunaan penggerudian penerokaan telaga untuk mengenal pasti pengumpulan gas, dengan tepat menentukan kedalaman ufuk gas, tekanan dan suhu gas di dalamnya. Kerja-kerja ini telah dijalankan pakar perlombongan dan struktur geologi lombong atau syarikat khusus yang terlibat oleh Pelanggan dalam menjalankan pencarian

menggerudi 3. Prospek elektrik dan kaedah geofizik tradisional lain untuk mencari anomali gas atau analisis bahan geologi yang tersedia pada lombong (dijalankan oleh SRC IGN NASU, Kiev) untuk pengesanan (atau perbandingan) hasil pengesanan jauh anomali gas kepada permulaan penggerudian

penerokaan. 4. Pemodelan matematik proses penyalaan sendiri, letupan isipadu dan letupan campuran gas dan pengiraan untuk mewujudkan keadaan sempadan bagi penyalaan sendiri campuran ini dengan pelbagai gas hidrokarbon di bawah keadaan yang hampir dengan keadaan gas sebenar keadaan di lombong arang batu. Dijalankan di bawah bimbingan Doktor Sains Teknikal, Profesor SNUYAEiP V.A. Pukhliy [2-7].

Dalam tempoh kerja ini, ladang lombong lombong arang batu telah diperiksa dinamakan sempena Zasyadko (Ukraine) dengan peralatan ujian resonan medan kompleks "Cari" oleh pakar dari SNUYAEiP (Sevastopol) bersama dengan perusahaan komersial MGSP (Donetsk) dan Pusat Penyelidikan Saintifik IGN NASU, dan juga menjalankan kerja penyelidikan di 5 lombong arang batu OJSC OCC "Yuzhkuz-bassugol" (wilayah Kemerovo, Rusia) – hanya oleh pakar SNUYAEiP [10].

Pengenalpastian jauh (pengiktirafan) anomali gas dalam di dalam perut bumi (sehingga kedalaman 5 km) menggunakan peralatan kompleks "Poisk" telah dijalankan menggunakan fenomena resonans bahan di bawah pengaruh sinaran frekuensi radio pada atom unsur (spektroskopi NMR) yang termasuk dalam jenis tertentu hidrokarbon (minyak, gas) dan batuan minyak dan gas.pengumpul hidung [8]. Untuk menghantar sinaran resonan

frekuensi radio ke kedalaman yang besar, penjana sinaran gelombang mikro dengan medan elektromagnet berputar telah digunakan. Spektrum resonans frekuensi atom unsur kimia rujukan bagi batu takungan (Ni, V, C, P, Si, S, dll.) dan spektrum tenaga maklumat telah dimodulasi kepada frekuensi operasi penjana gelombang mikro.

tiga sampel minyak, metana dan gas hidrokarbon yang lebih tinggi (etana, propana, butana).

Spektrum resonans (spektra NMR) atom logam yang termasuk dalam komposisi bahan yang dikenal pasti dan dipilih sebagai unsur rujukan telah direkodkan pada pemasangan NMR dengan frekuensi 60 MHz dan 250 MHz [11, 13], dan spektrum tenaga maklumat bahan adalah direkodkan pada spektrofotometer serapan atom (pengatoman bahan dalam penunu gas) dengan lampiran frekuensi lebar yang sensitif. Maklumat dan

spektrum tenaga untuk mengenal pasti gas dan batuan [14] dipindahkan ke pembawa magnet "bekerja" ("matriks kerja"), dan spektrum atom logam untuk "matriks ujian" dan digunakan untuk pengujaan resonan bahan-bahan ini di dalam perut bumi (hingga kedalaman 3 km). Pengujaan resonan bahan dilakukan melalui pendedahan pada mereka isyarat penjana gelombang mikro yang dimodulasi oleh frekuensi resonan (atom) Spektrum NMR atau mengikut kekerapan tenaga maklumat spektrum bahan yang dikehendaki.

Untuk mengkaji komposisi unsur batu takungan, kami menggunakan kaedah pengaktifan neutron untuk menentukan kepekatan logam dan bukan logam di dalamnya. Komposisi asas sampel sampel dan amplitud ciri spektrum integralnya (pengukuran maklumat spektrum) dimasukkan ke dalam bank data kompleks pegun Poisk dan digunakan sebagai tanda pengecaman hidrokarbon dan batu takungan (terletak pada kedalaman sehingga 5000 m) semasa memproses hasil kerja lapangan [15]. Untuk menyediakan

peralatan dan mengesahkan pengesanan jauh (pengenalan) jenis hidrokarbon, sebelum memulakan kerja lapangan, ujian telah dijalankan dalam keadaan makmal peralatan pegun dan mudah alih kompleks Poisk untuk pendaftaran terpilih sampel (sampel) gas dan sampel jenis batu takungan dari jarak yang berbeza (25 m dan 50 m).

Dalam keadaan medan, isyarat termodulat dihantar daripada unit frekuensi tinggi penjana gelombang mikro menggunakan antena berarah sempit pada sudut tertentu jauh ke dalam Bumi untuk resonan jauh gangguan atom unsur rujukan atau keseluruhan bahan yang boleh dikenal pasti. Dalam kes ini, di atas kawasan medan hidrokarbon, a ciri medan elektromagnet frekuensi tinggi bagi jenis tertentu hidrokarbon dan batuan. Medan elektromagnet ini dirakam oleh peranti penerima sensitif yang ditala kepada frekuensi resonans atom tertentu unsur rujukan atau spektrum kamiran bahan (jenis batuan, gas hidrokarbon). Ini memberikan pengenalan selektif jauh bagi bahan tertentu yang terletak di pelbagai kedalaman. Berdasarkan hasil penyahkodan

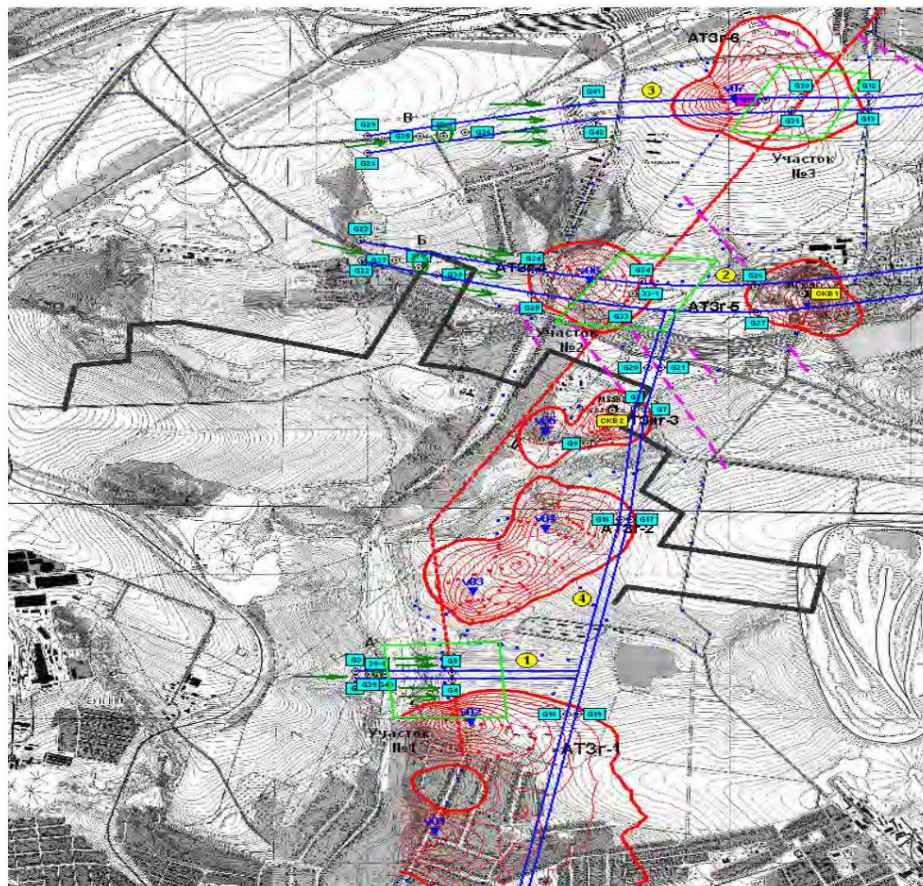
gambar satelit menggunakan teknologi sinaran-kimia [16], sempadan kontur kawasan yang mempunyai anomali hidrokarbon ditentukan dalam gambar ini. Data

sempadan dijelaskan di lapangan menggunakan peralatan mudah alih dan penerima GPS, kemudian diplot pada peta kawasan carian. The kaedah persempadanan semula hampir serupa dengan kaedah penderiaan jauh aeroangkasa sedia ada, namun, kebarangkalian pengenalpastian praktikal jenis hidrokarbon (gas hidrokarbon) menggunakan peralatan kompleks Poisk meningkat dengan mendadak (lebih dipercayai).

95%).

Peralatan medan ujian resonans membolehkan anda mengira kedalaman kejadian ufuk gas, ketebalan dan tekanan gas di dalamnya.

**Hasil kerja.** Semasa memeriksa kawasan lombong lombong arang batu dinamakan sempena Zasyadko (Rajah 1) didapati ia melintasi dari barat ke timur 3 kerosakan "saluran" geologi dengan peningkatan tekanan gas di dalamnya dan satu dari utara ke selatan [17].

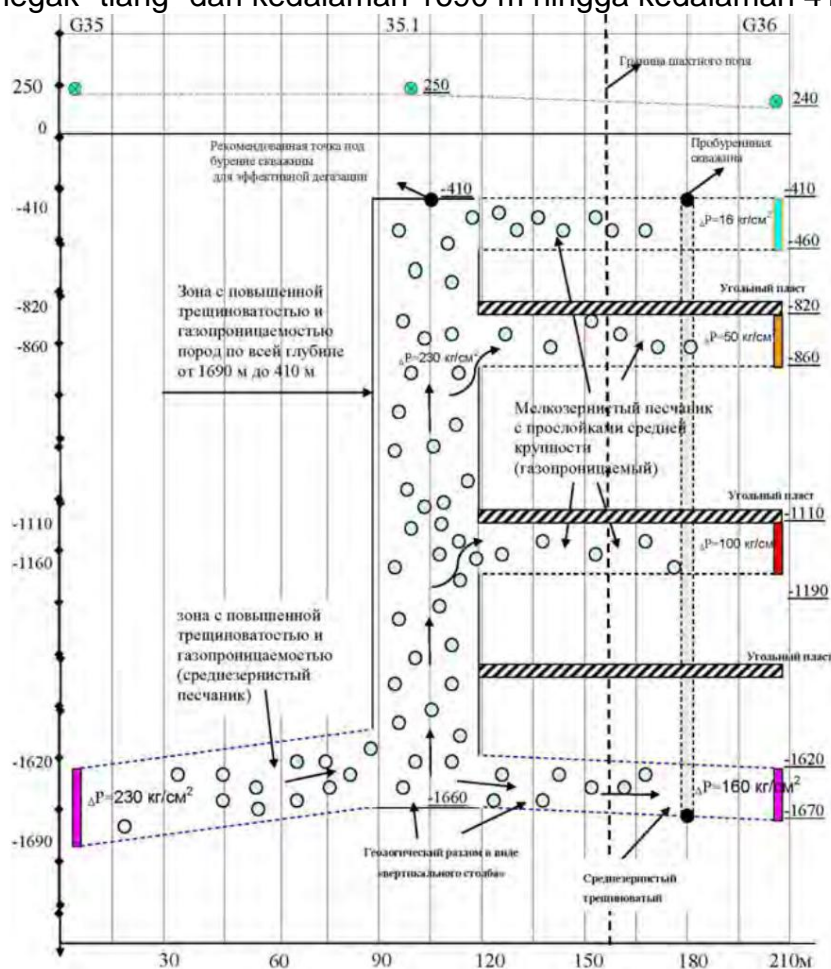


Rajah 1. Kontur anomali geoelektrik ATZ dan sempadan telap gas "saluran" pada peta topografi kawasan peruntukan perlombongan lombong arang batu dinamakan sempena A.F. Zasyadko [17].

Bahagian telap gas menegak (tiang) terletak di luar medan lombong (1÷1.5 km sebelum sempadannya) dan terletak pada setiap 3 sesar ("saluran"). Penghijrahan berlaku melalui semua "saluran"

gas dari barat ke timur, yang memastikan tekanan gas tertentu dalam setiap satu saluran rumah.

Lebar "saluran" berjulat antara 40 hingga 80 m. Setiap "saluran" mempunyai 4 ufuk telap gas, mewakili patah batu pasir berbutir sederhana yang berlaku dalam setiap saluran pada kedalaman dari 410 m hingga 1690 m. Ketebalan ufuk gelas gas adalah antara 20 hingga 80 m, tekanan gas yang berlebihan di ufuk (bergantung kepada kedalaman) adalah daripada 16 kgf/cm<sup>2</sup> (ufuk atas daripada 160 kgf/cm<sup>2</sup> (ufuk bawah)). Gas ufuk terletak di bawah lapisan arang batu. Sumber utama gas dengan tekanan tinggi terletak di luar medan lombong (5 km dari dia). Gas daripadanya memasuki medan lombong melalui 3 sesar yang melintasi kawasan lombong. Selain itu, pengagihan gas dalam "saluran" di bawah lapisan arang batu berlaku dari ufuk bawah (1690 m) dengan tekanan gas tinggi (230 kgf/cm<sup>2</sup>) ke ufuk atas (16 kgf/cm<sup>2</sup>) di sepanjang gas telap am bahagian menegak "tiang" dari kedalaman 1690 m hingga kedalaman 410 m (Rajah 2).



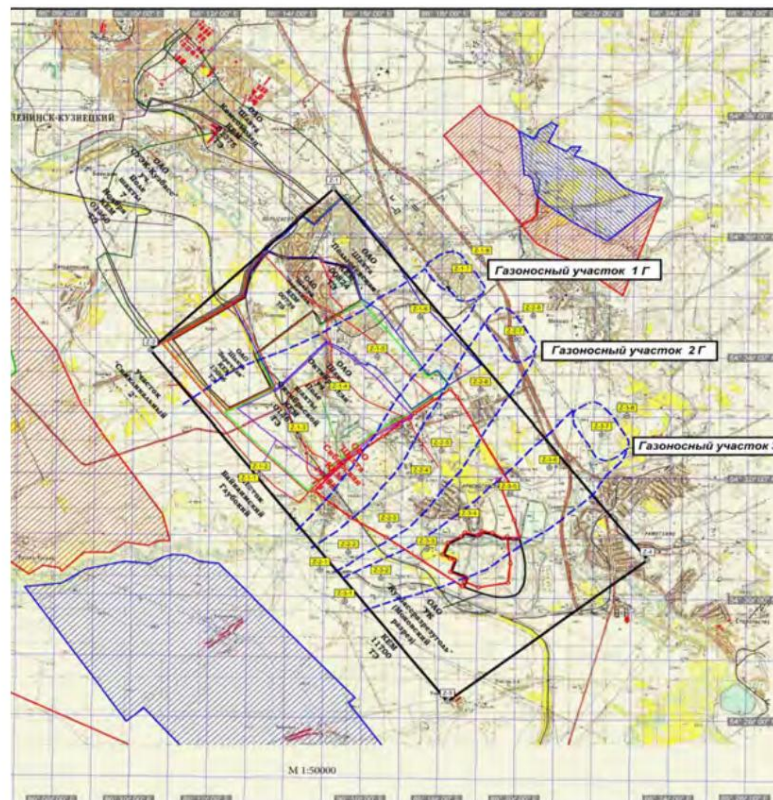
Rajah.2. Bahagian kedalaman 035-036 saluran pembawa gas di medan lombong lombong

arang batu. Pada jarak  $\approx 5$  km ke barat medan lombong, sebuah besar deposit gas (diameter  $\approx 4$  km) dengan tekanan gas di dalamnya 350 kgf/cm<sup>2</sup>, daripada dari mana "saluran" aliran gas di bawah jahitan arang batu berasal. Semasa kami menghampiri medan lombong, tekanan gas dalam takungan gas berkurangan (mendikit kepada 230 kg/cm<sup>2</sup>). Analisis tapak kemalangan lombong dengan letupan metana (dan kematian) menunjukkan bahawa letupan berlaku

apabila membangunkan jahitan arang batu di atas "saluran" (kerosakan) yang mengandungi gas dengan tekanan gas tinggi di dalamnya ( $>50 \text{ kgf/cm}^2$ ).

Telaga yang digerudi di "saluran-1" gas utara di semua 4 ufuk mengesahkan kehadiran aliran masuk hidrokarbon semula jadi (dan tidak gas "arang batu") dengan tekanan gas sepadan jauh lebih tinggi ( $P_{4\ddot{y}}160 \text{ kgf/cm}^2$ ) tekanan gas dalam jahitan arang batu (biasanya  $5-10 \text{ kgf/cm}^2$ ). Itu. data dari penentuan jauh parameter "saluran" gas (pengumpul), kedalaman dan tekanan gas di dalamnya telah disahkan. Akibatnya, jika anda menggerudi telaga penyahgas terus dalam "tiang" atau "saluran" telap gas menegak, maka ini

akan mengurangkan secara mendadak jumlah tekanan gas yang menghampiri medan lombong, yang bermaksud keadaan di bawah lapisan arang batu di seluruh medan lombong akan bertambah baik.

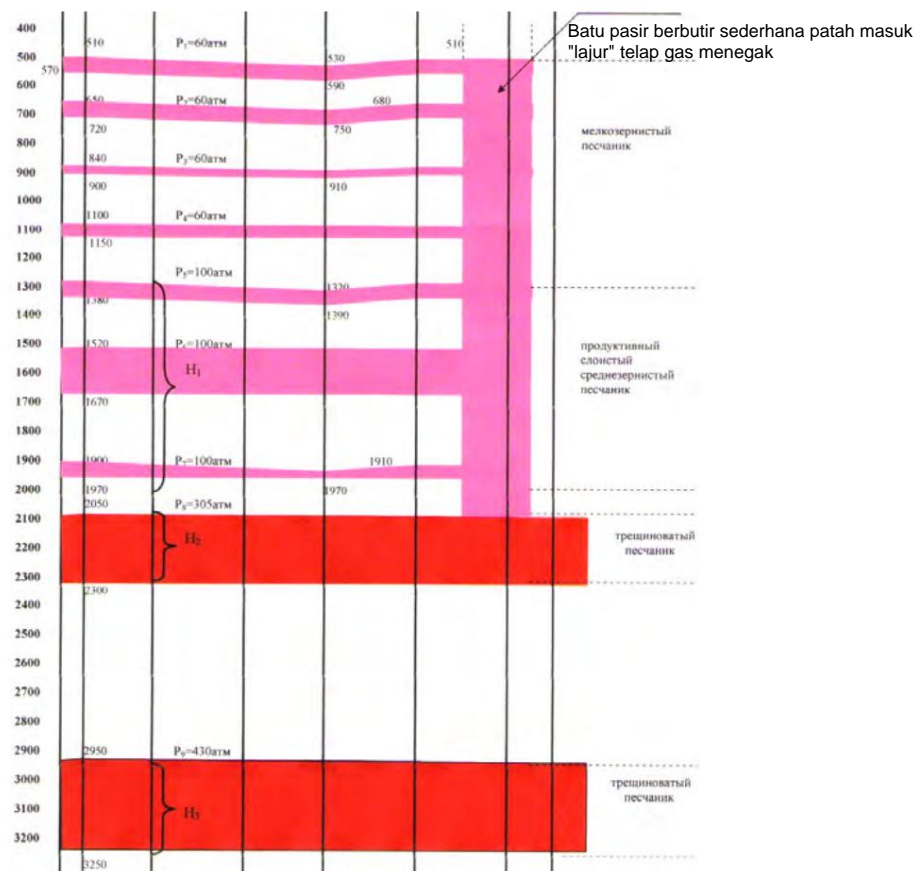


Rajah.3. Sempadan anomali gas yang dikenal pasti di wilayah peruntukan perlombongan lombong arang batu Polysaevskaya, Zarechnaya, Oktyabrskaya dan Sibirskaya ( $S=99 \text{ km}^2$ ).

Adalah berfaedah untuk menggunakan gas dari telaga sedemikian dengan aliran masuk industri dan tekanan  $160 \text{ kg/cm}^2$  untuk keperluan teknikal bandar, dan bukannya menyahgaskannya ia dalam OS. Gambar serupa telah didedahkan di beberapa orang Rusia lombong (Rajah 3, Rajah 4). Cadangan telah diberikan untuk penggerudian penyahgasan telaga dalam "pengumpul" yang mengandungi gas dengan tekanan gas tinggi, yang boleh mengurangkan bahaya gas dengan ketara di seluruh medan lombong.

Kerja serupa dilakukan di 5 lombong arang batu di Rusia mengesahkan keadaan yang sama dengan kehadiran beberapa "saluran" masuk

suntikan gas dengan tekanan gas tinggi  $> 350 \text{ kg/cm}^2$  di bawah jahitan arang batu dari sumber yang terletak pada kedalaman yang besar dan terletak di luar ladang lombong.



Rajah.4. Profil kedalaman bahagian gas No. 1G dalam medan lombong (lombong "Zarechnaya", Rusia).

Tekanan gas tinggi di bawah jahitan arang batu direkodkan pada kedalaman  $\approx 500 \text{ m}$ . Pengumpulan gas dengan tekanan tinggi ( $> 50 \text{ kg/cm}^2$ ) menimbulkan bahaya besar semasa operasi perlombongan, kerana Apabila jahitan arang batu dibuka berhampiran pengumpulan sedemikian, terdapat pelepasan serta-merta volum besar campuran gas ke dalam persekitaran udara-oksigen jalan raya, di mana campuran gas metana dengan kepekatan metana sentiasa terletak di bawah norma yang dibenarkan ( $\approx 3\div 4\%$ ). Disebabkan oleh pengoksidaan berterusan gas campuran dengan kepekatan metana sedemikian dalam udara hanyut, campuran ini mempunyai tahap kesiediaan "pengujaan" tertentu untuk menyala. DALAM apabila isipadu besar campuran gas dengan kandungan metana yang tinggi disuntik, penyalaan diri serta-merta gas hidrokarbon berlaku dan letupan isipadu mereka walaupun pada kepekatan  $\text{CH}_4$  dalam drift kerja adalah kurang daripada 5%. Sistem amaran automatik tidak mempunyai masa untuk bertindak balas terhadap peningkatan kepekatan metana dalam campuran. Keputusan pemodelan matematik proses penyalaan diri dan letupan juga mengesahkan kemungkinan letupan volumetrik dengan kemasukan mendadak gas dalam jumlah besar ke dalam drift kerja. Dalam kes ini, hadapan gelombang kejutan juga boleh terbentuk pada kelajuan



>1000 m/s, yang merupakan faktor permulaan tambahan untuk letupan isipadu.

**Letupan.** Perlu diingatkan bahawa perambatan nyalaan dan pembakaran cepat campuran hidrokarbon ditentukan oleh tindak balas kimia yang mengekalkan kecerunan kepekatan, serta proses pengangkutan molekul yang menyebabkan kecerunan ini bergerak ke dalam.

angkasa lepas.

Berbeza dengan proses ini, perambatan letupan disebabkan oleh gelombang tekanan, yang didorong oleh tindak balas kimia dan pelepasan haba yang disertakan. Sifat ciri letupan ialah  $\approx 1000v$  m/s, kelajuan perambatan gelombang letupan adalah mengikut tertib magnitud lebih besar perambatan nyalaan pembakaran campuran hidrokarbon (biasanya 0.5 m/s). daripada kelajuan Kelajuan perambatan gelombang letupan  $v$

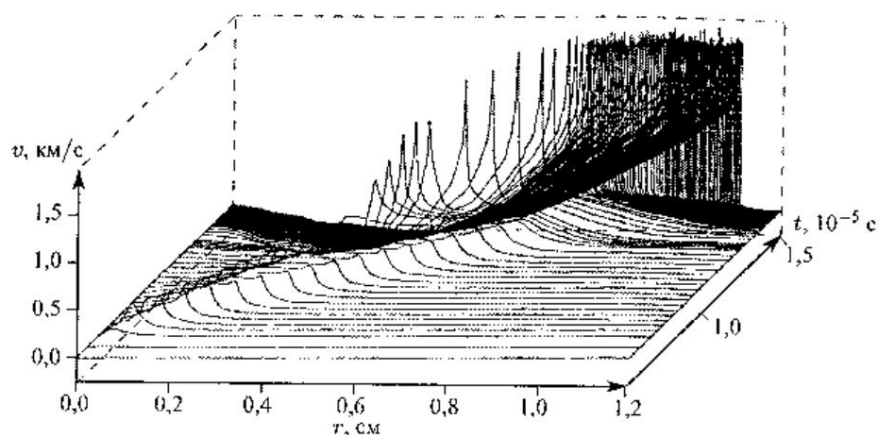
ketumpatan  $\rho$  dan tekanan  $p_{\text{gas}}$  terbakar dikira mengikut teori Chapman-Jouguet [4]. mereka bergantung pada tekanan  $p_u$  dan ketumpatan gas yang tidak terbakar, pada haba tentu tindak balas  $q$  dan pada nilai  $\gamma$ , ditentukan oleh nisbah kapasiti haba pada isipadu dan tekanan malar ( $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ ).

Persamaan asas letupan Chapman-Jouguet:  $\gamma$

$$q = \frac{v_u}{v} \left( \frac{\rho_u}{\rho} \right)^2 \left( \frac{p_u}{p} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \left( \frac{p_u}{p} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}} \left( \frac{q}{\rho_u} \right)$$

Perlu ditekankan bahawa isu peralihan daripada pembakaran pantas (de-flagration) kepada letupan adalah sangat penting untuk banyak aplikasi praktikal, khususnya ia sangat penting untuk lombong arang batu. Pemodelan matematik membolehkan untuk menganalisis proses tersebut. Rajah 5 menunjukkan peralihan kepada letupan dalam persekitaran hidrogen-oksigen. Deflagrasi memecut dan bertukar menjadi letupan. Perlu

diingatkan bahawa, sebagai peraturan, gelombang letupan bukan satah; pembentukan struktur selular bahagian depan letupan diperhatikan secara eksperimen.



Rajah.5. Profil halaju semasa pembentukan gelombang letupan dalam campuran hidrogen-oksigen H<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> pada tekanan awal  $p = 2 \text{ kgf/cm}^2$  [17].

Kesimpulannya, kami ambil perhatian bahawa untuk penerangan kinetik proses pembakaran walaupun bahan api mudah seperti hidrogen (jumlah tindak balas  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ ) diperlukan satu mekanisme yang merangkumi kira-kira 40 tindak balas asas. Untuk penerangan kinetik proses pembakaran, terutamanya proses penyalaan sendiri bahan api hidrokarbon termudah - metana (CH<sub>4</sub>), jumlah bilangan tindak balas dengan mengambil kira tindak balas permukaan dalam kimia Mekanisme ini termasuk beberapa ribu tindak balas asas. Semua isu ini, iaitu kinetik kimia, mekanisme tindak balas, penyederhanaan mekanisme tindak balas, dan lain-lain, sebelum ini dipertimbangkan dalam karya pengarang [2-7].

- Kesimpulan** 1. Di bawah jahitan arang batu di zon peningkatan keretakan terdapat kawasan pengumpulan gas hidrokarbon, yang "segera dibuka" pada saat penyingkiran jahitan arang batu, dan terdapat pelepasan segera gas dengan tekanan dan suhu tinggi dalam pengeluaran dengan kandungan oksigen dan produk berterusan di udara pengoksidaan metana, walaupun kandungannya di bawah norma yang dibenarkan (2÷3%), di mana letupan isipadu berlaku. 2. Disebabkan oleh kemasukan gas hidrokarbon dengan pecahan berat pada tekanan dan suhu tinggi, lemparan batu serta-merta berlaku dan campuran secara spontan menyala pada kepekatan gas yang jauh lebih rendah. 5% diikuti dengan letupan volumetrik dan letupan. Jika ia berlaku bekalan gas dalam jumlah yang kecil (disebabkan oleh tekanan gas yang lebih rendah dalam horizon), maka letupan volumetrik tidak berlaku, tetapi keracunan pelombong dengan gas adalah mungkin. 3. Kehadiran kawasan pengumpulan gas hidrokarbon dengan tekanan dan suhu tinggi di bawah jahitan arang batu mewujudkan keadaan untuk kemasukan serta-merta gas ke dalam kerja dengan letupan volumetrik berikutnya gas dan letupan. 4. Pelepasan gas, letupan volumetrik dan letupan yang paling berbahaya (semerta) boleh berlaku semasa pembangunan jahitan arang batu pada kedalaman arang batu haba 500 m atau lebih.

### Tawaran

- Langkah tambahan perlu diambil untuk memastikan keselamatan kerja di lombong arang batu terma, terutamanya apabila membangunkannya pada kedalaman yang besar (>500 m).
- Peralatan kompleks Poisk boleh digunakan dengan jayanya pengesanan kawasan pengumpulan gas dengan tekanan dan suhu tinggi di bawah jahitan arang batu dan dalam sesar geologi, memastikan

untuk memilih titik untuk menggerudi telaga untuk penyahgasan gas yang berkesan

belakang.

- Langkah paling berkesan untuk menghalang kemasukan gas serta-merta di bawah tekanan tinggi ialah pengesanan gas tepat pada masanya dalam kerosakan ladang lombong dan penyahgasannya melalui telaga gerudi, serta pengesanan gas berhampiran ladang lombong deposit. Berhampiran ladang lombong dengan arang batu terma, sentiasa terdapat mendapan gas terletak di atas besar kedalaman yang dihubungkan oleh sesar dengan deposit arang batu. Sebelum membangunkan jahitan arang batu pada kedalaman hampir 500 m, adalah perlu deposit gas terbuka berhampiran lombong arang batu untuk mengurangkan tekanan di dalamnya dan dengan itu meningkatkan bahaya gas di lombong.

### Senarai sastera terpakai

- Rudnev E.N. , Doktor Geol. Sains (Akademi Sains Perlombongan Ukraine) Mengenai isu ini memerangi metana di lombong arang batu di Ukraine // Arang batu Ukraine. -2009. - No. 1.-hlm.40-46
- Pukhliy V.A. Pembakaran habuk organik dalam penapis dram, dengan mengambil kira pengaktifan membran kalis letupan. – Fizik Kimia, RAS, 1997, jilid 16, No. 11, ms 133-139.
- Pukhliy V.A. Kajian kebakaran sekunder semasa letupan habuk organik. – Fizik pembakaran dan letupan, RAS, 2000, jilid 36, No. 3, ms 60-64. 4. Pukhliy V.A. Termodinamik. Bab tambahan. – Sevastopol:  
Rumah penerbitan "Institut Saintifik dan Teknikal Pusat Cherkasy", 2009. - 523 p.
- Pukhliy V.A., Kovalev N.I., Sofiysky I.Yu. Mengenai beberapa masalah kinetik kimia di Laut Hitam. – Dalam koleksi: Karya saintifik SNUYAEiP, keluaran 2(38), 2011, ms 137-144.
- Pukhliy V.A., Kovalev N.I., Sofiysky I.Yu. Pemodelan matematik penyalaan dan proses penyalaan diri hidrokarbon dalam kinetik kimia. – Dalam: Karya saintifik SNUYAEiP, keluaran 4(40), 2011, ms.153-162. 7. Pukhliy V.A., Kovalev N.I. Mekanisme dan laluan proses pembakaran hidrokarbon dalam kinetik kimia. – Dalam: Karya saintifik SNUYAEiP, keluaran 1(41), 2012, ms.144-153.
- Kovalev N.I., Pukhliy V.A. dan lain-lain. Resonans magnetik nuklear. Teori dan aplikasi. Sevastopol, 2010. Ch. IX.-S. 610. 9. Kesimpulan mengenai metodologi pencarian dan penerokaan mineral menggunakan kompleks perkakasan Poisk NMR. NASU 2009. 10. Kovalev N.I., Filippov E.M., Soldatova S.V. "Percubaan dan metodologi menyediakan kaedah jauh untuk mengenal pasti kerosakan arang batu pembentukan di ladang lombong di lombong OJSC OUK "Yuzhkuzbassugol"", Laporan mengenai Penyelidikan, SNUYAEiP.-Novokuznetsk, 2009, 60 pp.
- Belyavsky G.A., Kovalev N.I., Lavrentieva O.N. Teknologi aplikasi Peralatan NMR untuk pengesanan jauh objek di bawah tanah dan

- di bawah air. – Laporan di Persidangan Penyelamat Antarabangsa Ke-4. NTSB  
Kementerian Situasi Kecemasan Ukraine.-  
Kyiv, 2003, ms 32-35. 12. Kovalev N.I., Gokh V.A., Soldatova S.V. dan lain-lain Penggunaan  
kompleks geoholografik terpencil "Poisk" untuk pengesanan dan persempadanan semula  
mendapan hidrokarbon // Geoinformatik. - 2009. - No 3. - P. 83-87.
13. Bakai Z.A., Ivashchenko P.N., Kovalev N.I. Kaedah mencari deposit berguna  
fosil // Pat. 35122 Ukraine. Mulai 26/08/2008 14. Pat. RF, No 227-2305  
bertarikh 20 Mac 2006, Ki. Gokh V.A., Akimov A.M., Kova-lev N.I., pemohon dan pemegang  
paten, "Kaedah penerokaan sumber mineral", No. permohonan 2004 132 154 bertarikh  
05.11.2004, berdaftar B  
Daftar Negara Ciptaan Persekutuan Rusia 04/20/2006 Sah sehingga 11/05/2024 15.  
Kovalev N.I., Belyavsky G.A., Filippov E.M., Soldatova S.V. dan lain-lain Penentuan anomali  
gas asli dalam bidang lombong lombong Erunakovskaya-8: Laporan penyelidikan, SNUYAEiP.  
- Novokuznetsk, 2010. - 36 p.
16. Teknologi sinaran-kimia dalam 1-25.M, 1979-1989 17. Kovalev N.I., Gokh  
V.A., Kotelyanets I.I. dsb. Pemilihan mata untuk penggerudian  
telaga gas pembawa gas menggunakan peralatan terpencil kompleks Poisk di medan  
lombong lombong arang Zasyadko: Laporan penyelidikan, sh. Zasyadko / SNUYAEiP., GGN.  
- Donetsk, 2009. - 48 p.
18. Goyal G., Warnatz J., Maas U. Kajian berangka penyalaan titik panas dalam H<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>  
dan CH<sub>4</sub> – campuran udara. – Simptom ke-23 . Comb.-Pittsburgh, 1990, hlm.1767-1776.

Diterbitkan: Koleksi artikel Persidangan Saintifik dan Praktikal Antarabangsa "Pembangunan  
Inovatif Sains Moden", Ufa, 2014, ms 153-162.