

водночас вести нас уперед. Без наукового світогляду ми не побудуємо суспільство, засноване на знаннях, до чого прагне весь світ. Забезпечити наукову базу для цього — мета і завдання академічної науки.

Обов'язок істориків науки і наукознавців — поглиблювати вивчення актуальних проблем академічної науки, аналізувати це питання з погляду виявлення історичних уроків, здатних вплинути на ефективні рішення, прийняття яких забезпечить подальший прогрес академічної науки. Академічний досвід організації наукових досліджень дедалі більше утверджується в інноваційно найрозвиненіших країнах світу. І буде великою помилкою, якщо ми цей наш цінний досвід в організації науки зруйнуємо влас-

ними руками, з огляду на нашу не вельми гарну традицію задля навіть сумнівного нового розтросувати все старе.

Національна академія наук України завжди могла активно адаптуватися до змінюваних соціально-економічних умов. Вона постійно нарощувала свій науковий потенціал. Утверджувалася її провідна роль у розв'язанні економічних, оборонних та інших державних проблем. У нелегких умовах становлення України як незалежної держави, докорінної трансформації її соціальних, економічних і політичних підвалин НАН України зустрілася з новими викликами. Для адекватної відповіді на них необхідні узгоджені зусилля науковців Академії, влади і всього суспільства.

А. АЛЕКСЄЄВ

## НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ — НАДІЙНИЙ КЛЮЧ ДО НАДР

---

*У вітчизняній промисловості до найнебезпечніших виробництв належать передусім підприємства вугільної галузі. Чим глибше у надра опускаються прохідницькі та добувні колективи гірників, тим у складніших гірничо-геологічних умовах доводиться вести їм розробку пластів, тим важче дається кожний метр підземної проходки, кожна тонна виданого на-гора «чорного золота».*

*На тернистому шляху до підземних багатств протистояти силам природи, досягаючи ефективності і безпечності виробництва, практично неможливо без використання сучасних наукових розробок. У цьому плані актуалізуються дослідження Інституту фізики гірничих процесів НАН України, фахівці якого розробили методи класифікації і прогнозування викидонебезпечності. Це створює передумови для запобігання небезпечним газодинамічним явищам у вугільних шахтах країни.*

*Про творчий пошук і здобутки колективу інституту, теоретичне значення і прикладний ефект здійснюваних тут досліджень — розповідь у цій статті.*

---

© АЛЕКСЄЄВ Анатолій Дмитрович. Доктор технічних наук. Директор Інституту фізики гірничих процесів НАН України (Донецьк). 2005.

## ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Серед фізичних інститутів НАН України він наймолодший. Інститут фізики гірничих процесів створено у 2002 році на базі Відділення фізико-технічних гірничих проблем Донецького фізико-технічного інституту НАН України ім. О.О.Галкіна. Дослідники добре усвідомлюють важливість розробки теоретичних і практичних питань фізики вугілля і гірничих процесів як з погляду чистої науки, так і з необхідності забезпечення роботи шахт Донбасу та інших регіонів країни.

У структурі нової академічної установи — 10 підрозділів, зокрема чотири наукові відділи, де працюють понад сто співробітників. Від початку заснування інституту розгорнулися інтенсивні дослідження і прикладні розробки з актуальної проблематики, окресленої вже у самій назві установи. Науковці інституту ведуть результативний дослідницький пошук. Так, за кілька років видали понад 550 праць, серед них — 16 монографій, у їхньому доробку — 47 патентів й авторських свідоцтв. Завдяки розробкам установи на шахтах країни впроваджено 14 способів прогнозування і керування станом гірничого масиву, що ввійшли до нормативних документів, затверджених Мінпаливенерго [1–6]. Працівники Інституту фізики гірничих процесів — автори наукового відкриття «Властивість органічної речовини вугілля утворювати з газами метастабільні однофазні системи на зразок твердих розчинів» [7].

Інститут фізики гірничих процесів НАН України — одна з провідних наукових організацій України і світу з проблеми «Фізика вугілля та гірничих процесів на значних глибинах». Тут виконуються дослідження напружено-деформованого стану вугілля і гірничих порід, що залягають на великих глибинах, фазового стану метану у вугіллі та розробляються способи активного керування станом вуглепородного масиву. Ос-

тання ґрунтуються на фізико-хімічній обробці вугілля водними розчинами поверхнево і хімічно активних речовин (ПАР і ХАР). Саме тому пріоритетними напрямками діяльності інституту є здійснення фундаментальних досліджень у галузі фізики вугілля і гірничих процесів; вивчення властивостей і стану гірничих порід за високих нерівнокомпонентних навантажень, а також розробка методу прогнозування стану гірничого масиву та способів активного впливу на вугільні пласти для запобігання викидам вугілля і порід та керування фазовим станом метану. Останнє особливо важливо, адже основною причиною вибухів та аварійних ситуацій на вугільних шахтах є спонтанні викиди метану. Цій проблемі науковці ІФГП приділяють особливу увагу.

## ЯК ОБМЕЖИТИ ДИFUЗИЮ МЕТАНУ

В інституті за допомогою класичних методів радіофізики (ядерний магнітний та електронний парамагнітний резонанси) досліджуються структура і сорбційні властивості вугільної речовини. Мета наукового пошуку — вдосконалення способів впливу на вугільні пласти, які зазнають дії газодинамічних явищ [8–13], а також вивчення механізмів взаємодії ПАР і ХАР з органічною масою вугілля.

На модельних зразках із силікагелю, з чітко визначеною структурою, відпрацьована методика знаходження ємності умовного моношару з використанням ЯМР<sup>1</sup>-Н спектроскопії.

Відомо, що викопне вугілля містить повний набір пор — від мікро- до макро — залежно від ступеня його метаморфізму, причому співвідношення між кількістю цих пор змінюється. Метод ядерної магнітної релаксації має великі потенційні можливості для вивчення пористості вугілля, оскільки швидкість релаксації для ядер рідини залежить від розміру, об'єму і площі поверхні пор, ступеня їх заповнення.

До складу вугілля входять водневмісні молекули, тому реєстрований сигнал ЯМР<sup>1</sup>-Н є сумою сигналів ЯМР<sup>1</sup> від протонів адсорбованої води і вугілля. Поділ експонентного спаду ядерної намагніченості протонів вугілля і спаду від протонів води здійснюється доволі точно.

Методом ядерно-магнітного резонансу (спін-ехо) досліджувалися зволожені зразки вугілля марок Д, Т й А, для яких отримано залежність  $T_2$  від кількості води. Відзначалася наявність моношару за умови досягнення такого вмісту флюїду для вугілля марки Д — 7,5%, Т — 2,2%, А — 0,9% і часи спін-спінової релаксації (120, 180, 80 мкс) відповідно.

Показано, що під час обробки вугілля розчинами хімічно активних речовин змінюється вміст протонів вугільної речовини. Ця зміна найпомітніша для зразка, обробленого 3% розчином щавлевої кислоти.

При дослідженні часу спін-спінової релаксації для вугілля, насиченого ХАР, встановлено: молекули ХАР, реагуючи з вугільною речовиною, утворюють шар, у якому сила зв'язку (рухливість) менша, ніж для молекул води, що взаємодіють з поверхнею твердого тіла.

Для більшої точності та вірогідності одержуваних результатів було запропоновано метод математичної обробки складних спектрів (з двох і більше ліній), отриманих за допомогою ЯМР<sup>1</sup>-Н спектроскопії широких ліній. Використання методики ядерно-магнітного резонансу широких ліній дало змогу одержати точнішу інформацію щодо поведінки метану у вугіллі. Спектри ЯМР вуглеметанових зразків мають вигляд, аналогічний спектрам вологонасиченого вугілля. Однак, порівнюючи інтенсивності вузьких ліній спектрів ЯМР систем вугілля — метан і вугілля — вода, науковці з'ясували, що значення інтенсивностей сорбованого метану значно більше, ніж значення інтенсивностей адсорбованої

води за однакового відсоткового вмісту сорбованих речовин, оскільки рухливість сорбованого метану більша від рухливості сорбованої води.

Для підвищення точності вимірів в отриманій залежності використовуються не самі інтенсивності, а їхні відношення до інтенсивності широкої лінії. Інтенсивність же широкої складової спектра ЯМР слугує репером, бо в межах вугілля однієї марки її значення залишається сталим. Наявність еталонних залежностей сорбованих метану і води дає змогу визначити, який саме сорбат міститься у досліджуваному вугіллі.

Метод ЯМР-спектроскопії широких ліній також уможливорює розділення сорбованого (ад- і абсорбованого) метану у вкопному вугіллі, оскільки рухливість останнього набагато менша. Наприклад, міграція молекул метану у відкритих порах (у найвужчих фільтраційних каналах) має коефіцієнт дифузії  $D=10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$  за твердотільної дифузії  $D_m=10^{-12} \text{ м}^2/\text{с} - 10^{-16} \text{ м}^2/\text{с}$  (залежно від марки вугілля).

Щоб максимально наблизити досліджуваний процес до природних умов, вугільні зразки вирізали у вигляді циліндрів діаметром 8 мм і завдовжки 20 мм (для кращого заповнення коливального контуру). Завдяки цьому в зразках зберігаються відкриті та закриті пори, а також тріщини, що дає змогу точніше моделювати сорбційні процеси.

Десорбція метану з метанонасиченої вугільної речовини — процес багатоступінчастий. Це, як зазначалося, пов'язано з різними формами існування метану в структурі вугілля (вільного, сорбованого у порах, у твердому розчині). За перші хвилини шляхом фільтрації виходить вільний метан, локалізований усередині макропор і тріщин. Протягом кількох наступних годин — метан, сорбований у порах. Десорбція із твердого вуглеметанового розчину розтягується на десятки діб — через твердотільну дифузю.

За змінами, що відбуваються в ЯМР-спектрах метанонасиченого вугілля, простежено хід десорбції метану з твердого вуглеметанового розчину. Формотворення ліній спектра ЯМР вугілля—метан аналогічне системі вугілля—вода. Детальне дослідження і математична обробка спектрів у рамках використовуваної моделі спонукають до висновку, що найвузжча лінія ЯМР-спектра також має складну форму. Вона розділяється на дві складові завширшки  $\Delta H = 47,7-79,6$  А/м і  $\Delta H = 7,9-15,9$  А/м, які відповідають двом різним за рухливістю групам метану, зокрема метану у твердому розчині і метану, сорбованому у порах. Десорбція метану з вугільної речовини відбувається безперервно, від моменту зняття тиску насичення, і має послідовний характер: місце вільного та сорбованого порами і тріщинами метану, що виділився в атмосферу, займає відповідна кількість метану, який виходить із твердого розчину.

Оскільки об'єм пор і тріщин, де локалізується вільний і сорбований метан, у вугільному зразку сталий, то в ньому у певний момент часу перебуває цілком визначена кількість метану, що видаляється шляхом фільтрації зі зразка і заміщується новим, який надходить у процесі твердотільної дифузії. Отож, кількість ядер водню, що визначають площу компоненти вузької лінії з  $\Delta H = 7,9-15,9$  А/м, можна вважати у певних межах сталою. При вирахуванні її із загальної площі вузької лінії отримано зміни параметрів лінії, формованої ядрами водню, які перебувають у твердому вуглеметановому розчині. З часом загальна інтенсивність вузької двокомпонентної лінії знижується, при цьому її ширина дещо змінюється.

Отже, у вугіллі навіть через кілька десятків годин після початку дегазації метан перебуває у твердому розчині, зменшується лише його кількість. Характер залежності амплітуди сигналу ЯМР від часу за-

галом відповідає постійним уявленням про хід десорбції метану з вугільної речовини.

У нашому інституті розроблено фізичну модель системи вугілля—газ, де вперше враховано щільність заповнення метаном порового об'єму вугілля, а також умови розкриття закритих пор, що акумулюють основний об'єм метану при зміні напружень внаслідок руху хвилі розвантаження [19]. Базовою основою фізичної моделі є макромолекула вугілля. Вона має вигляд полімерної системи із просторовим розташуванням атомів та атомних груп, які включають полімерні молекули вугілля ( $N_0$ ) і мономерні молекули газу ( $N_r$ ), навантажена внутрішнім ( $P_0$ ) і зовнішнім тиском ( $P$ ).

Відповідно до загальної термодинамічної теорії стан метану, поглиненого у вугіллі, описується на основі вільної енергії системи, представлені у вигляді функціонала від розподіленої щільності  $\psi = \psi(r)$ . За щільність  $\psi(r)$  зазвичай беруть відношення частки станів, заповнених молекулами метану в цій ділянці простору  $N_r = N_r(r)$ , до повного числа станів  $N_0$ , що потенційно може бути ними заповнене:

$$\psi(r) = N_r(r)/N_0, \quad (1)$$

Вільна енергія системи складається з внутрішньої енергії  $E$  та ентропійного внеску  $S_{conf}$ , який визначається числом конфігурацій:

$$\Delta F = \Delta E - T \Delta S_{conf} = N_0 T \{ \chi \psi (1 - \psi) + k [ \psi \ln(\psi) + (1 - \psi) \ln(1 - \psi) / r ] \}. \quad (2)$$

При цьому кінетика вільної енергії системи вугілля—газ буде такою:

$$\partial \Delta F / \partial t = c \Delta \psi(r, t) - \gamma N_0 T \{ \chi (1 - 2\psi) + k (1 - 1/r) + [ \ln(\psi) - \ln(1 - \psi) / r ] \}. \quad (3)$$

Вона свідчить, що газовиділення з вугільних пластів, які не зазнали впливу внаслідок проведення гірничих робіт ( $\psi = 1$ ), відбувається за механізмом твердотільної дифузії, а в тому разі, коли пласти розробляються ( $\psi \ll 1$ ), пріоритетною є ефективна дифузія, що включає фільтрацію.

На основі аналізу результатів теоретичних та експериментальних досліджень науковці ІФГП НАН України з'ясували: найважливішими параметрами, які зумовлюють стійкість системи вугілля—газ, є концентрація метану у відкритих і закритих порах, швидкість зміни градієнта напруженого стану, механічні характеристики вугільного пласта і кількість вологи, що обмежує дифузію метану із закритих пор [14, 15].

#### **МОДЕЛЮВАННЯ ВИСОКИХ НЕРІВНОКОМПОНЕНТНИХ НАВАНТАЖЕНЬ**

Для проведення експериментальних досліджень властивостей і стану гірничих порід за високих нерівнокомпонентних навантажень науковці нашого інституту створили унікальну установку (УНТС). Вона не має аналогів і дає змогу на реальних гірничих породах моделювати об'ємний напружений стан для глибин до 13 км із будь-яким співвідношенням основних напружень і досліджувати їхній граничний стан з урахуванням швидкості навантаження та зміни ступеня порушеності.

Серед найвагоміших наукових результатів [8–10, 12, 16–18] теоретичних та експериментальних досліджень деформації і руйнування за умов об'ємного нерівнокомпонентного навантаження згадаємо лише найважливіші.

- Теоретично визначено умови граничного стану тріщинуватих порід за об'ємного навантаження з урахуванням фізико-механічних і технологічних характеристик.
- Встановлено ступінь впливу адсорбованої води і газонасичення на фізико-механічні властивості вугілля. Так, двовідсоткове підвищення кількості адсорбованої води знижує модулі пружності і зсуву в 2,5–4 рази, а газонасичення збільшує їх в 1,6–1,9 рази. Водонасиченість призводить до зростання у 2,7–3,8 рази деформації і пластифікації вугілля, натомість газонасиченість — до зменшення

деформації в 1,4–1,8 рази й окрихчування зразка. Водонасичення локалізує руйнування в одній площині і спричинює руйнування зсувом, а газонасичення інтенсифікує тріщиноутворення у всьому об'ємі зразка, тут руйнування відбувається за рахунок відриву. Зі збільшенням глибини гірничих виробок зростають модуль пружності та гранична міцність вугілля.

- Для гірничих порід, вугілля і ґрунтів розроблено і впроваджено нові зміцнюючі суміші, створені на основі синтетичних матеріалів, які мають карбамідні та магнезіальні складові.
- Запропоновано та обґрунтовано новий підхід до оцінки стійкості покрівлі гірничих виробок. Тут уперше враховано тріщиностійкість порід.

#### **ПРОГНОЗ СТАНУ ГІРНИЧОГО МАСИВУ**

Цей напрям досліджень передбачає оцінку стану гірничого масиву за фізико-механічними властивостями порід, адже йдеться про розробку методів прогнозу малоамплітудних розривних порушень і виклику небезпечності піщаників у підготовчих виробках на пологих пластах [7, 13, 16, 18]. Науковцями інституту обґрунтовано параметри прогнозу розривних порушень на основі закономірностей зміни тріщиностійкості порід. Дослідження показали, що неоднорідність властивостей масиву в межах однієї літологічної різниці, яка зумовлена наявністю тектонічних розривних порушень, найповніше відбиває кількісна характеристика тріщиностійкості — ефективна поверхнева енергія порід (ЕПЕ). Величина ЕПЕ порід, які містять вугільний пласт (у межах одного літотипу, з постійним матеріально-петрографічним складом), у районі малоамплітудних розривних порушень на 60–80% менша за фонове значення, визначене у непорушеній частині вугільного пласта. Зміни величини ЕПЕ гірничих порід у зонах впливу малоамплітудних розривних

порушень зумовлюються поліморфними перетвореннями породотворюючого кварцу у вигляді  $\alpha \rightarrow \beta$ -переходу. Саме поява у піщанику  $\beta$ -кварцу (до 100%), як основної фази, є показником зміни деформаційного стану гірничого масиву.

Ґрунтуючись на результатах досліджень, ми отримали закономірності, які стали основою для розробки критерію і параметрів прогнозування малоамплітудних розривних порушень. Це дає змогу вже на стадії підготовчих гірничих робіт встановлювати або уточнювати місцезнаходження порушення з точністю до 3 м. Також співробітниками ІФГП уперше встановлено, що у місцях прояву викидів піщанику відбувається синфазна зміна ефективної поверхневої енергії і модуля пружності (екстремуми модуля пружності та ЕПЕ збігаються). Це пов'язано з наявністю високотемпературних модифікацій кварцу (тридиміту, кристобаліту). З урахуванням синфазності зміни тріщиностійкості і пружних властивостей удосконалено спосіб прогнозу викиднебезпечності піщаників за ефективною поверхневою енергією.

Науковцями інституту розроблено критерії і параметри способів прогнозування викиднебезпечності, категоризації пластів за її ступенем, класифікації газодинамічних явищ (раптові викиди, обвали) та методи визначення часу утворення в гірничих виробках, пройдених по пласту, небезпечних концентрацій метану і загазування накопичувальних бункерів. Ці методи апробовані на вугільних шахтах Донбасу, де розробляються викиднебезпечні пласти.

#### ЗАПОБІГАННЯ ВИКИДАМ ВУГІЛЛЯ І ГАЗУ

У нашому інституті виконано цикл досліджень, спрямованих на вивчення впливу адсорбованої вологи на ступінь зміни пружної енергії, яка накопичується вугіллям різних марок у призабійній зоні пласта [7, 9, 13]. Для цього використовувалася

установка «УНТС», що дає можливість моделювати напружено-деформований стан порушеного масиву призабійної ділянки вугільного пласта, де формується викиднебезпечна ситуація. Виміри напруження, проведені на вугільних пластах крутого і положистого падінь, а також аналітичні та експериментально-аналітичні рішення показують, що крайові частини пластів перебувають у нерівномірному напруженому стані. Саме тому і в лабораторних дослідах програма навантаження відповідала натурним умовам:  $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$ . Спочатку вугільний зразок, вміщений у камеру установки «УНТС», стискався рівномірно  $\sigma_1 = \lambda \sigma_2 = \lambda \sigma_3$  до навантажень непорушеного масиву. Потім підвищували напруження  $\sigma = kP_r$ ,  $\sigma_2 = k\lambda P_r$  й одночасно знижували  $\sigma_3$ . Тут  $k$  — коефіцієнт концентрації напружень;  $\lambda$  — коефіцієнт бічного підпору;  $P_r = \gamma H$  — величина тиску гірничого масиву. За складеними у такий спосіб програмами навантажувалися і розвантажувалися газонасичені, газонасичені зволожені та зволожені без газу зразки вугілля з виходом летких речовин 5–28%.

Отримані дані свідчать, що кількість пружної енергії, здатної виділитися під час розвантаження вугілля, яке перебуває в об'ємному напруженому стані, з підвищенням вологи від 1 до 2,5% зменшується у середньому для вугілля марки А у 3,5 раза, а для марок К і Т — ушестеро. Отже, можна дійти висновку, що для кожної марки вугілля існує цілком визначена кількість адсорбованої вологи, здатної знижувати пружну й ефективну поверхневу енергію вугілля і тим самим переводити його у викидобезпечний стан.

Найбільше зниження міцнісних, деформаційних властивостей вугілля і кількості акумульованої енергії спричинюється вмістом адсорбованої вологи в межах 2–3%, залежно від марки вугілля.

З практики виконання очисних робіт на викиднебезпечних пластах, а також з існу-

ючих гіпотез про механізм викидів відомо, що неодмінною ознакою раптового викиду вугілля є активна участь газу у підготовці такого процесу та його перебігу. У нашому інституті вперше у світовій практиці для оцінки впливу як вільного, так і сорбованого метану на газодинамічну активність вугілля на його реальних зразках моделювався процес руйнування. Це відбувалося у формі викиду на газонасиченому вугіллі з різним вмістом фізично зв'язаної вологи у камері високого тиску, за повного або часткового розвантаження однієї з граней напруженого вугільного зразка. Експерименти проводилися на спеціальному пристрої, за його допомогою були промодельовані також умови прояву викидів за різних тисків метану та різних напружених станів, створюваних у вугільних зразках з природною вологістю 0,6–0,8% і зволжених до 2–3%.

У результаті експериментів виявлено, що наявність метану у структурі вугілля знижує напруження, необхідне для руйнування оголюваної грані, а викинута вугільна маса має приведений радіус частин, близький за своїми розмірами до радіуса вугільного дріб'язку, що викидається на шахтах при газодинамічних явищах. З підвищенням вмісту фізично зв'язаної вологи у вугільному зразку метан, який перебуває у його структурі, починаючи з двовідсоткової вологості, припиняє активний вплив на процес руйнування. Якщо вміст адсорбованої вологи коливається у межах  $W = 1,7–1,9\%$ , то приведений радіус викинутих вугільних частинок збільшується у 10–15 разів, а при  $W = 2–3\%$  грань зразка у формі викиду взагалі не руйнується.

Виявлені закономірності дали змогу розробити низку способів запобігання викидам вугілля і газу для пластів пологого і крутого падіння. Це, зокрема, спосіб прогнозування викиднебезпечності гірничих порід за їхньою ефективною поверхневою енергією [18]; спосіб запобігання викидам вугілля та

газу шляхом попереднього зволоження пластів водними розчинами ПАР і контролю ефективності зволоження методом ядерно-магнітного резонансу; регіональна гідрообробка викиднебезпечних вугільних пластів водним розчином ПАР через свердловини, пробурені з польових виробок; обробка водними розчинами ПАР викиднебезпечних вугільних пластів у зонах геологічних порушень та підвищеного тиску гірничої маси; спосіб визначення викиднебезпечності вугільних пластів на основі співвідношення кількості складових водометанової суміші та метод встановлення категорій викиднебезпечності вугільних шахтопластів і ділянок Донбасу за комплексом фізичних показників. Дуже добре зарекомендували себе також способи запобігання раптовим викидам вугілля і газу шляхом фізико-хімічної обробки пластів розчинами ПАР у підготовчих виробках та прогнозування викиднебезпечності при розкритті крутих вугільних пластів.

Ці способи визначення викиднебезпечності вугілля ефективно застосовуються на 58 пластах 25-ти шахт Донбасу. Багато інших розробок співробітників Інституту фізики гірничих процесів увійшли до ряду галузевих нормативних документів. Дослідження науковців ІФГП відзначені Державною премією України, академічними преміями ім. О.О. Скочинського та ім. І.П. Пулюя тощо.

Нині в інституті виконуються фундаментальні дослідження з метою розробки способів прогнозу викиднебезпечності метану і його фазового стану у вугіллі та кінетики газовиділення з вугільного масиву з урахуванням температури, ступеня і швидкості його розвантаження від гірничого тиску.

1. Прогноз выбросоопасности при вскрытии крутонаклонных пластов / Алексеев А.Д., Стариков Г.П., Лунев С.Г. и др. Метод. указ. КД 12.10.05.01-99: Утв. начальником науч.-тех. упр. Минтопэнерго 11.02.009 №13-954/99. — 30 с.

2. Технология упрочнения горных пород, углей и грунтов на основе использования синтетических материалов / *Стариков Г.П., Озеров И.Ф., Канин В.А., Пащенко А.В., Анциферов А.В. и др.* Метод. указ. КД 13.01.001-2000: Утв. начальником науч.-тех. упр. Минтопэнерго 01.06.2001. — 37 с.
3. Метод определения времени образования в горных выработках, пройденных по пласту, опасных концентраций метана и других углеводородов при пожарах с учетом сорбционных свойств угля / *Алексеев А.Д., Стариков Г.П., Шевченко Л.В., Смолянов И.Н. и др.* СТП: Утв. 11.11.2002 №143/1 ЦШ ГВГСС. — Донецк: 2002. — 18 с.
4. Спосіб відмінності раптового обвалення (висипання) вугілля від викиду для експертної оцінки типу ГДЯ: КД 12.01.05.070. —2001 / *Алексеев А.Д., Стариков Г.П., Лунев С.Г. та ін.* Керівництво щодо застосування. — 2002. — 21 с.
5. *Алексеев А.Д., Стариков Г.П., Волошина Н.І. та ін.* Прогнозування осередків викидів вугілля і газу у вибої пластової підготовчої виробки / ДСТУ 101.24647077.001-2003. — 16 с.
6. Провітрювання шахтних накопичувальних бункерів вугілля у нормальному режимі роботи та в аварійних ситуаціях / *Пашковський П.С., Греков С.П., Зінченко М.І., Кошовський Б.І. та ін.* Методи розрахунків: ДСТУ 10.1-04675545-007-2003. — 16 с.
7. Диплом на открытие №9. Свойства органического вещества образовывать с газами метастабильные однофазные системы по типу твердых растворов / *Алексеев А.Д., Айруни А.Т., Васючков Ю.Ф. и др.* — Акад. ест. наук. Ассоц. авт. науч.откр. от 10.11 1994, рег. №16, Москва.
8. *Алексеев А.Д., Недодаев Н.В.* Предельное состояние горных пород. — Киев: Наук. думка, 1982. — 197 с.
9. Обработка выбросоопасных пластов водными растворами ПАВ / *Алексеев А.Д., Стариков Г.П., Малюга М.Ф., Аносов О.С.* — К.: Техніка, 1988. — 167 с.
10. *Алексеев А.Д., Ревва В.Н., Рязанцев И.А.* Разрушение горных пород в объемном поле сжимающих напряжений. — К.: Наук. думка, 1989. — 86 с.
11. Радиофизика в угольной промышленности / *Алексеев А.Д., Зайденварг В.Е., Синолицкий В.В., Ульянова Е.В.* — М.: Недра, 1992. — 184 с.
12. *Алексеев А.Д., Сургай Н.С.* Прогноз и управление состоянием горного массива. — Киев, 1994. — 200 с.
13. *A.D. Alekseev, V.G. Pyushenko, E.V. Kuzyaga.* Coal mass state: MMR-analysis and control. — Kiev: Nauk. dumka, 1995. — 220 p.
14. *A.D. Alekseev, T.A. Vasilenko, E.V. Ulanova.* Closed porosity in fossil coals. — 78 (1999). — P. 635–638.
15. *A.D. Alekseev, E.P. Feldman, T.A. Vasilenko.* Alteration of methane pressure in the closed pores of fossil coals. 79 (2000). — 5 p.
16. Вопросы управления горным давлением на тонких крутых пластах / Под ред. Алексеева А.Д. — Донецк: Лебедь, 1998. — 293 с.
17. Способы и средства охраны подготовительных выработок / Под ред. Алексеева А.Д. — Донецк: Лебедь, 1997. — 77 с.
18. *Алексеев А.Д., Янукович В.Ф., Азаров Н.Я. и др.* Решение геоэкологических и социальных проблем при эксплуатации и закрытии угольных шахт / Донецк: Алан, 2002. — 479 с.
19. *Алексеев А.Д., Стариков С.П., Филипов А.Є.* Численное моделирование выхода метана из угля с учетом волны разгрузки и раскрытие пористости при изменении напряжений / Проблемы горного давления. — 2003. — Вып. 9. — С. 121–151.(Донецк, ДонДУ).

*А. Алексеев*

## НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ — НАДІЙНИЙ КЛЮЧ ДО НАДР

### Резюме

Аналізується комплекс проблем, пов'язаних з дослідженнями фізики вугілля і гірничих процесів на значних глибинах. Розглядаються запропоновані науковцями способи прогнозу та запобігання викидам вугілля і метану для пластів пологого і крутого падіння.

*A. Alyeksyeev*

## THE NEWEST TECHNOLOGIES — A RELIABLE KEY TO THE DEPTHS

### Summary

The problem complex of research of coal physics that is mined and mining processes at considerable depths are analyzed. The proposed by the scientists suggestions how to forecast and to prevent coal and methane emissions for coal-beds of flat and steep pitches are considered.