НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ФІЗИКИ ГІРНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ РОЗРОБКИ ГАЗОВУГІЛЬНИХ РОДОВИЩ З УРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОЛЕКТОРІВ МЕТАНУ

робота на здобуття премії Президента України для молодих вчених

АВТОРИ:
ДЄДІЧ Іван Олександрович – кандидат технічних наук, заступник начальника відділу управління промисловими активами ПрАТ «Донецьксталь»

ПІЧКА Тетяна Володимирівна – кандидат технічних наук, науковий співробітник Інституту фізики гірничих процесів НАН України

КАМЧАТНИЙ Олексій Анатолійович – молодший науковий співробітник Інституту фізики гірничих процесів НАН України

Дніпро - 2018

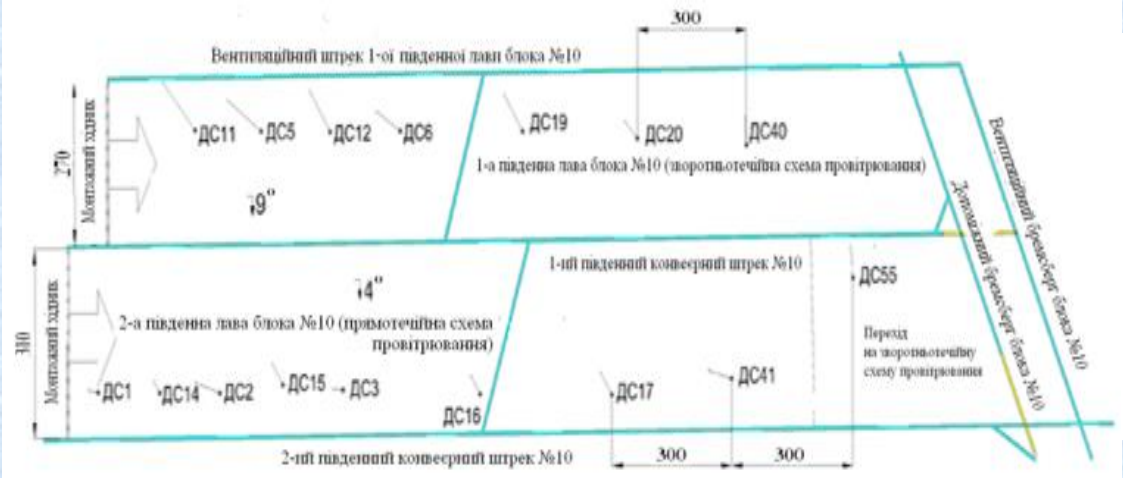
Актуальність

Комплексне освоєння газовугільних родовищ в умовах складного стану в енергетиці України здатне забезпечити енергетичну незалежність держави та дає потужний поштовх розвиткові національної економіки й оперативно розв’язує низку екологічних і соціальних проблем на державному рівні. Але підвищення навантаження на очисні вибої, а також конкурентно-спроможність шахтного фонду України та його відповідність сучасному рівню гірничої техніки, неможливі без збільшення ефективності дегазації вугільних пластів. Удосконаленню способів видобутку вугілля і утилізації шахтного метану сприяють наукові дослідження структури, колекторських властивостей викопного вугілля, масопереносу метану у вугільному пласті.

Незважаючи на великий обсяг виконаних досліджень на даний час недостатньо вивчені характеристики вугільної речовини, закономірності зміни колекторських властивостей викопного вугілля, що супроводжуються змінами мікроструктури, які викликані відмінностями гірничогеологічних умов в зонах залягання різних вугільних пластів, особливості масопереносу метану у неоднорідному вугільному пласті. Вітчизняні та закордонні спеціалісти накопичили достатній досвід поточної дегазації, що здійснюється під час підробки свердловин очисними вибоями. Проте відсутнє обґрунтування щодо параметрів поточної дегазації газовугільного масиву, узгодженості її параметрів з параметрами очисних робіт. Недостатньо уваги приділено цілісності дегазаційних свердловин під час їх підробки очисними вибоями та причинам їх незадовільного стану.

Проблема - варіативність дебіту свердловин та ефективність дегазації

Приклад 1: дебіт дегазаційних свердловин



Показники дебіту дегазаційних свердловин ,м^3

DC2	235692	DC11	13194
DC19	543132	DC5	826564
DC20	260702	DC12	254879
DC40	344148	DC17	151655
Середній	345919		311573
СКВ	139413		357320
Коефіцієнт варіації	0,403		1,147

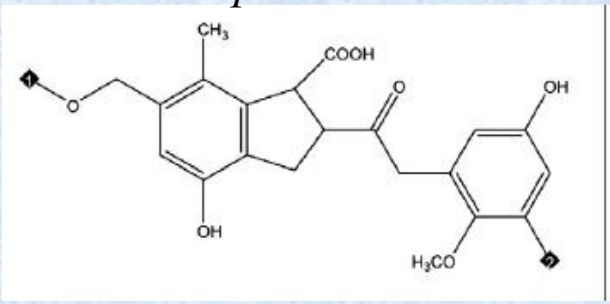
Приклад 2: виділення метану в 2-й південній лаві блоку №10 ШУ «Покровське»

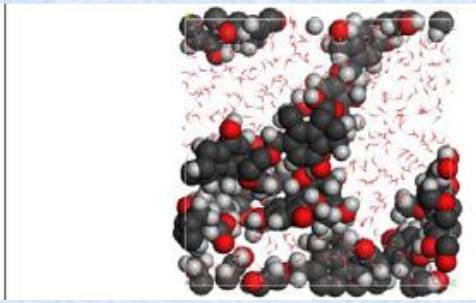
№ п/п	Дата проведення спостережень	Середній видобуток за попередні три доби, т	Дебіт метану, м^3/мін							Ефективність дегазації, одиниць	
			каптуємого		В очисному вибої, $I_{оч}$	вихідна ділянки, $I_{исх}$	Загальний на ділянці без урахування свердловин з поверхні, $I'_{уч}$	Розрахунковий, $I_{уч}$	Корисний дебіт свердловин з поверхні, $I_{с.пол}$	підземних свердловин, $k_{д.с}$	свердловини, що пробурені з поверхні, $k_{с.пов}$
			свердловинами за виробок, $\sum I_{скв}$	свердловинами з земної поверхні, $\sum I_{с.пов}$							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	08.11.11	3848	7,52	0,0	3,0	25,66	33,18	33,18	0,0	0,25	0,0
2	01.12.11	4917	7,3	8,9	2,4	23,9	31,2	38,44	7,24	0,2	0,25

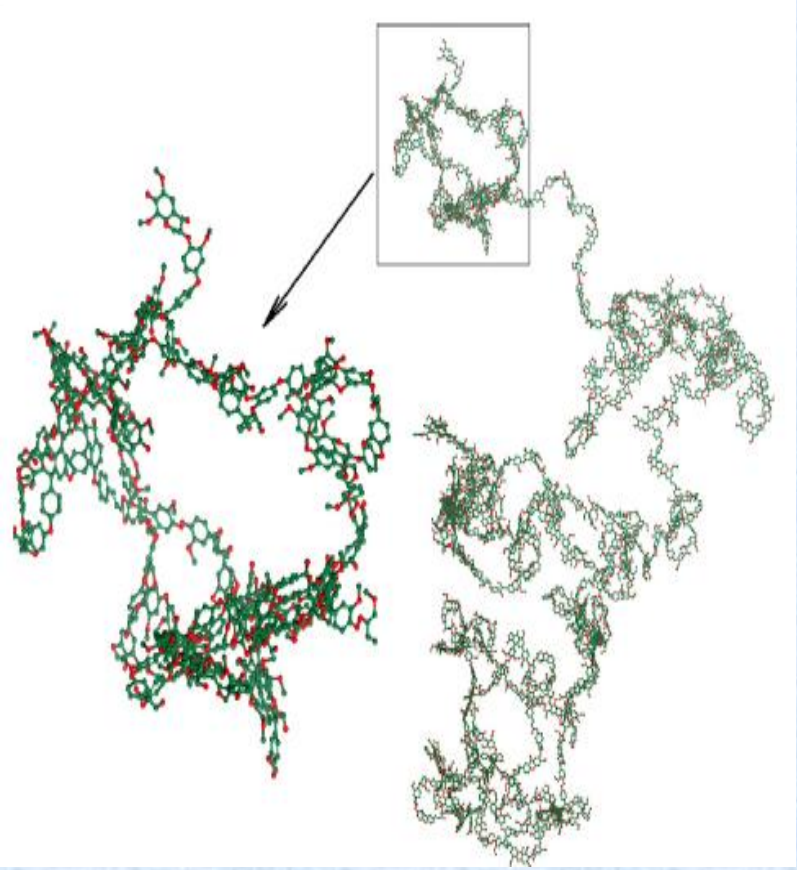
Фактор 1. – Відмінності в структурі вугілля

марка Д

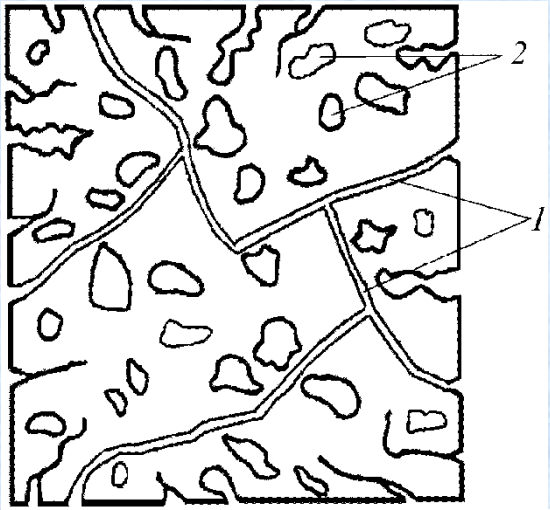
Одновимірна модель





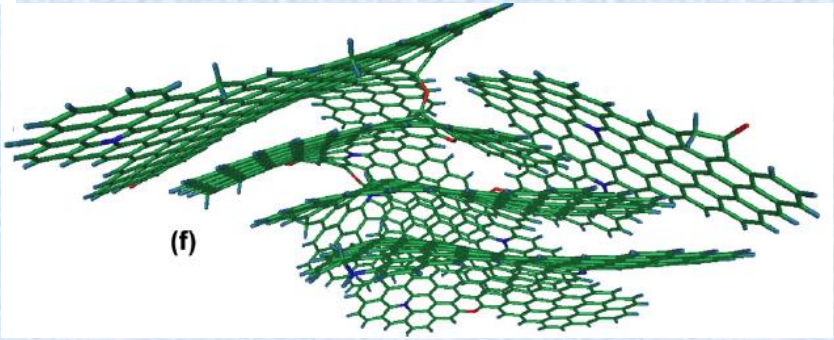


Тріщинувато-пориста структура

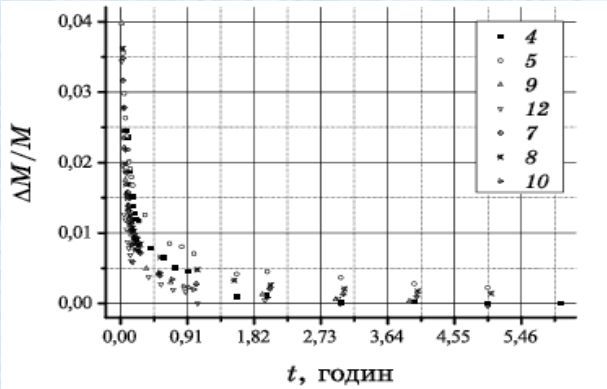


1 – відкриті пори;
2 – закриті пори.

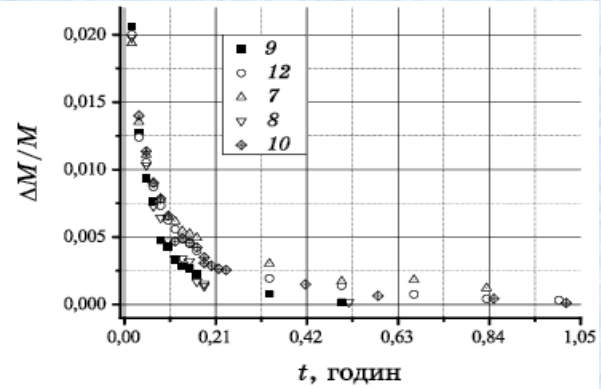
Антрацит



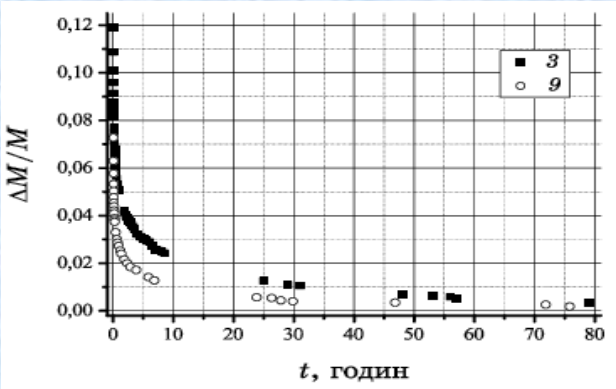
Кінетика десорбції газів з вугілля після насичення під тиском 2000 атм



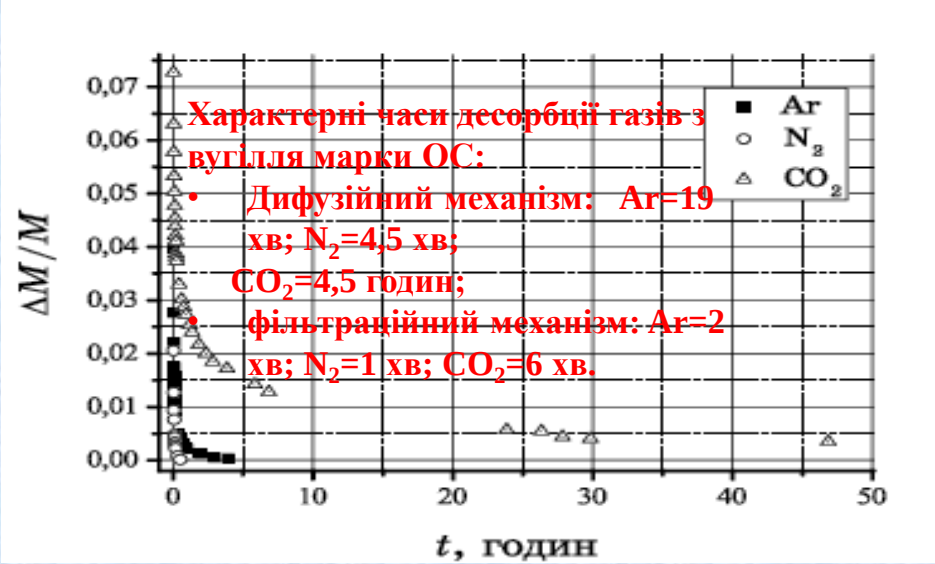
Залежність виходу аргона з вугілля марок Т, К, ОС від часу



Залежність виходу азота з вугілля марок К та ОС від часу



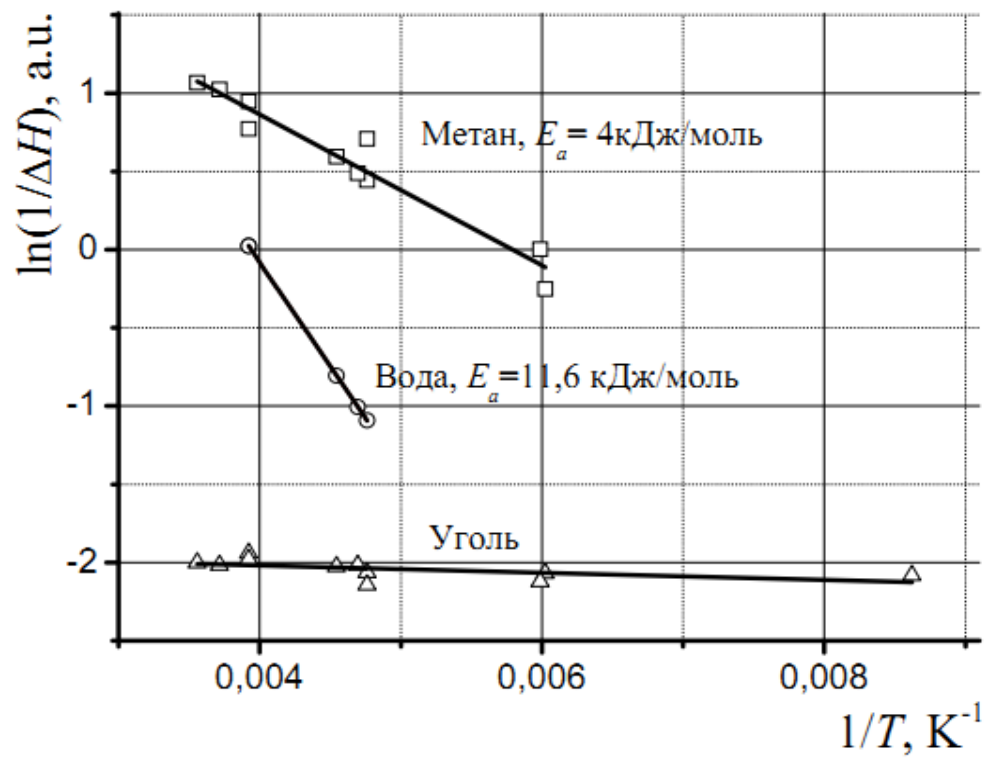
Залежність виходу двоокису вуглецю з вугілля марок А, ОС від часу



Залежність виходу газів з вугілля марки ОС від часу V^{daf}=18,6%

Висновок: вихід газу із зразків вугілля може бути описаний двома механізмами - фільтраційним і дифузійним. Характерний час виходу газів для дифузійного механізму, в порівнянні з фільтраційним відрізняються в кілька разів.

Стан системи «вугілля – метан» в присутності вологи

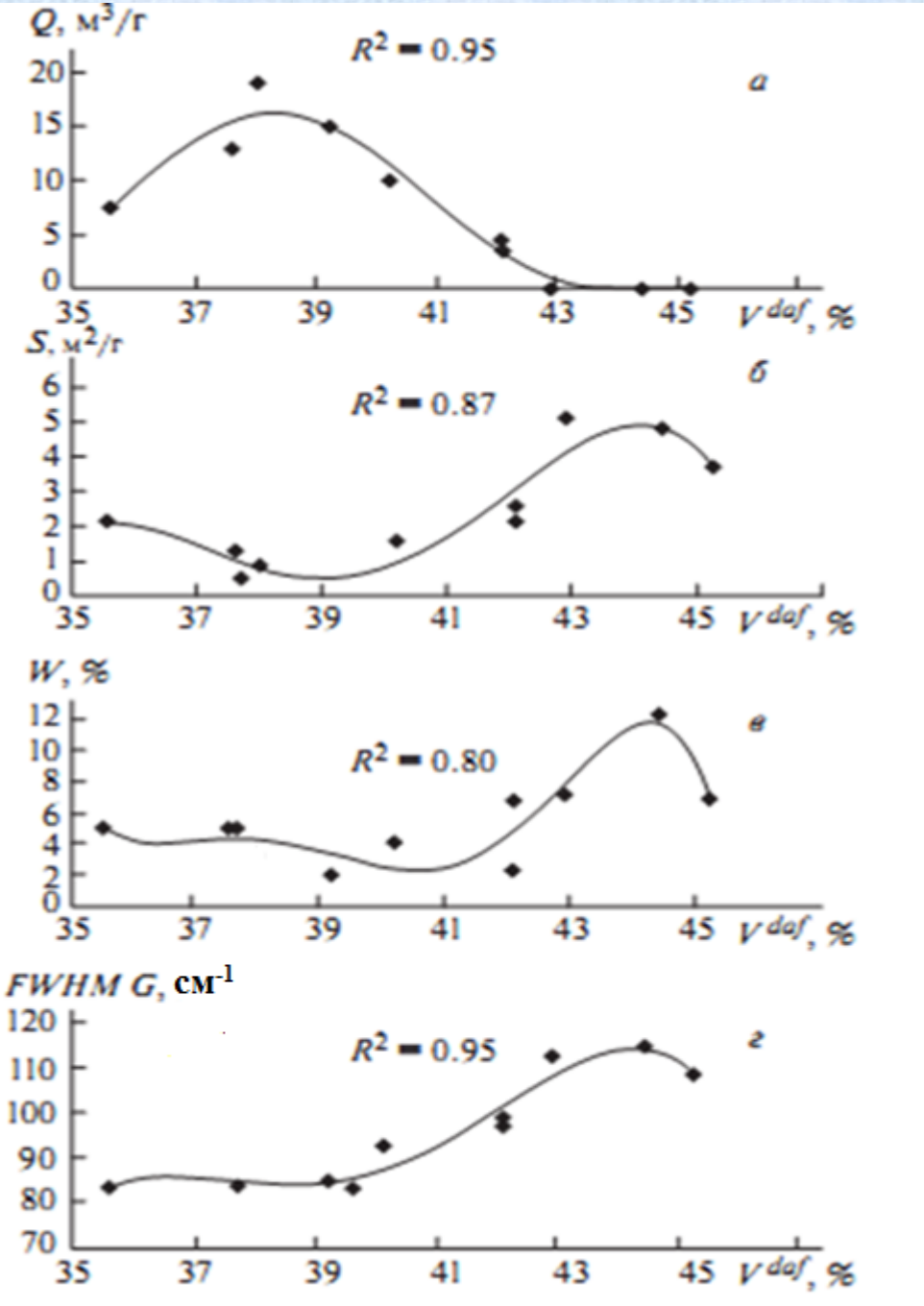


Для зразків вугілля марки Д було отримано, що:

- для вологого вугілля енергія активації виходу метану E_a=6кДж/моль;
- для сухого вугілля енергія активації виходу метану E_a=18кДж/моль.

Арреніусова залежність часу спін-спінової релаксации $T_2 \sim 1/\Delta H$ для трьох компонент системи «вугілля (*1*) − вода (*2*) − метан (*3*)» для вугілля марки КЖ.

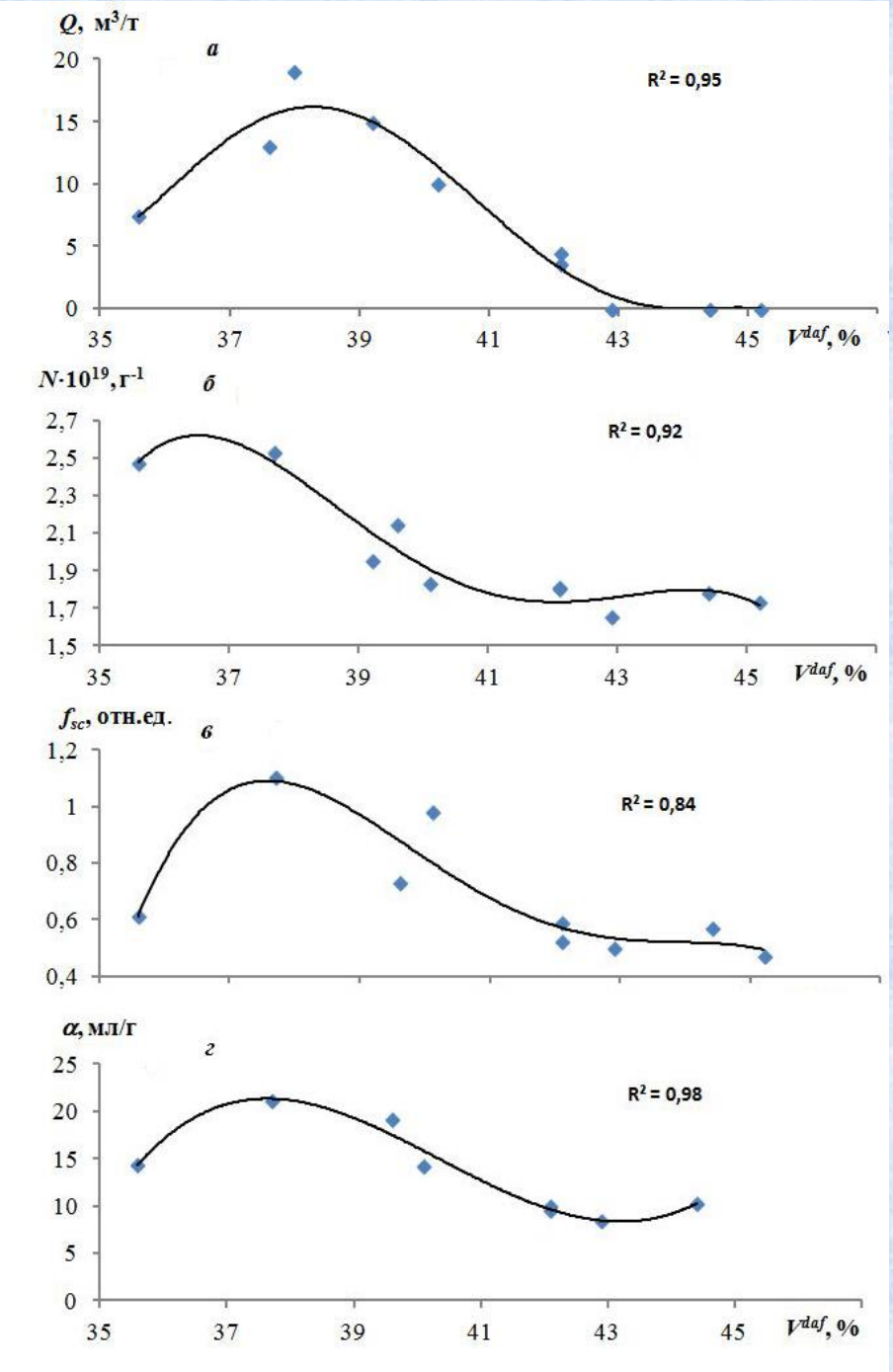
Висновок: на великих глибинах залягання вугілля близько 1000 м в присутності вологи енергія активації виходу метану знижується в 3 рази, в порівнянні з сухим вугіллям, що призводить до збільшення емісії метану. Фізичним механізмом прискорення емісії метану в умовах високих тисків у вугільних шахтах на великих глибинах є активна роль молекул води, які заміщають молекули метану на активних центрах сорбції поверхні порового простору вугільної речовини.



Мікроструктура вугільної речовини і метаноносність вугільних пластів

Залежність метаноносності ***Q****,*
площі сорбційної поверхні ***S****,*
вмісту води ***W***
та ширини G-полоси ***FWHM G***
від вмісту у вугіллі летких речовин $\mathbf{V^{daf}}$

Висновок: сорбційний об'єм, в якому міститься метан у вугіллі, визначається не тільки порами (відкритими і закритими), а й самою наноструктурою вугілля. Зміна структури вугілля однаковою мірою метаморфізму, пов'язане зі збільшенням числа парамагнітних центрів, призводить до збільшення здатності вугілля утримувати у своїй структурі метан і до зростання метаноносності відповідних вугільних пластів.



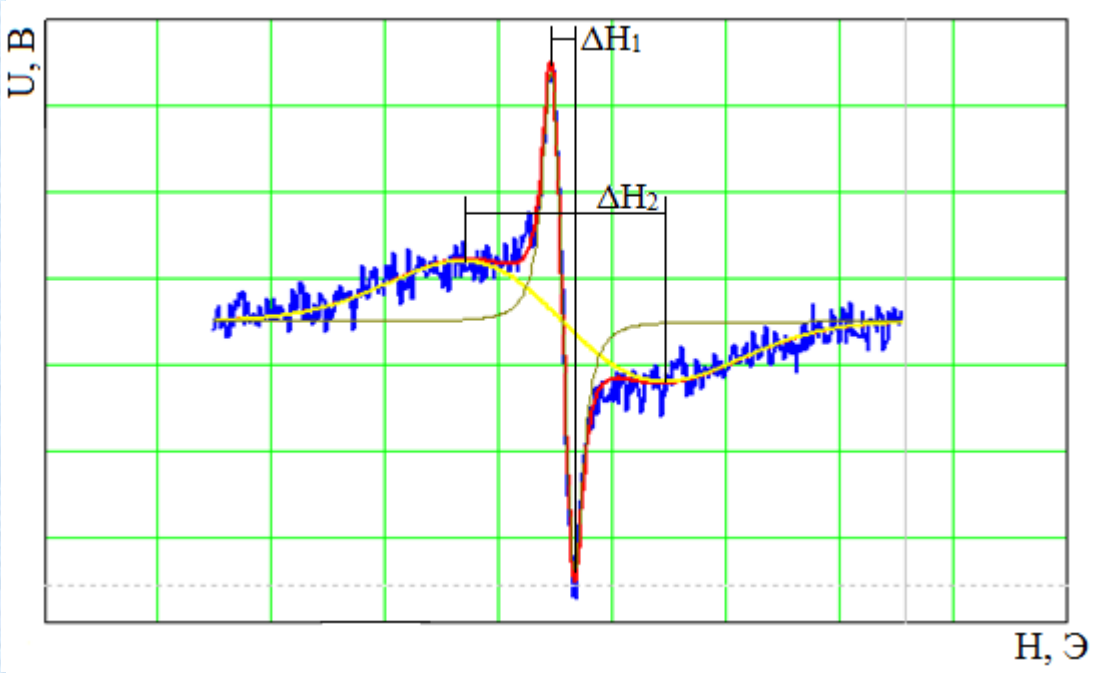
Мікроструктура вугільної речовини і метаноносність вугільних пластів

Кореляція метаноносності Q з параметрами ЕПР-спектрів.

Залежність концентрації ***ПМЦ*** ***(N·10¹⁹,спин/г),***
фактору спряженості f_{sc}
та значення граничної сорбційної спроможності α
від вмісту у вугіллі летких речовин V^{daf}

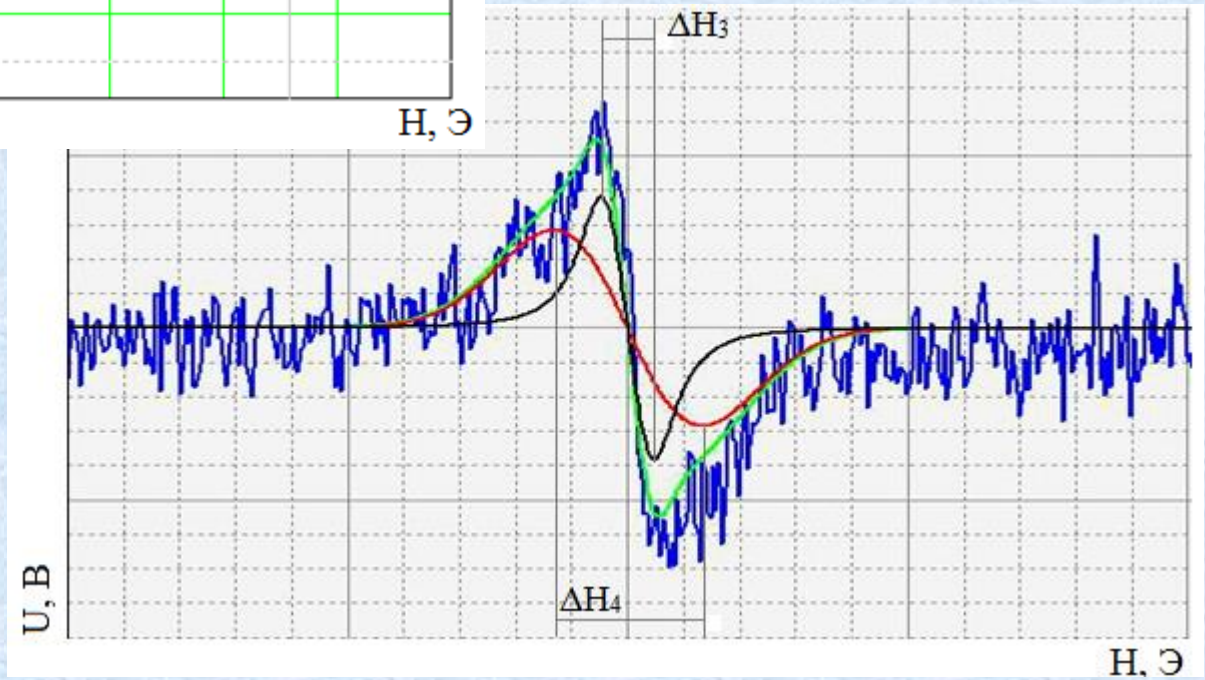
Експериментальні спектри ЯМР ^{1}H у вугіллі

Оглядовий спектр (вугілля з флюїдом)



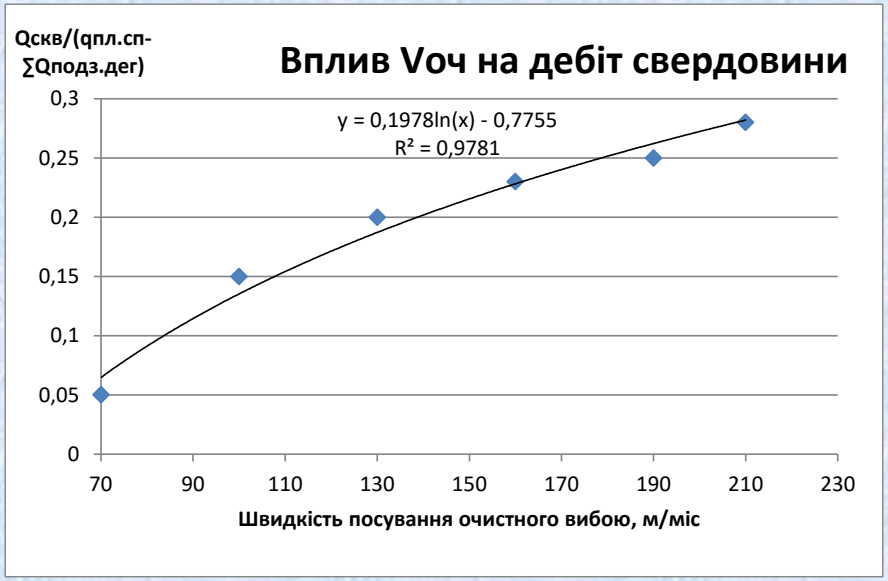
ΔH_1 ~ 1 E *(вузька лінія)*
ΔH_2 ~ 6 E *(широка лінія)*

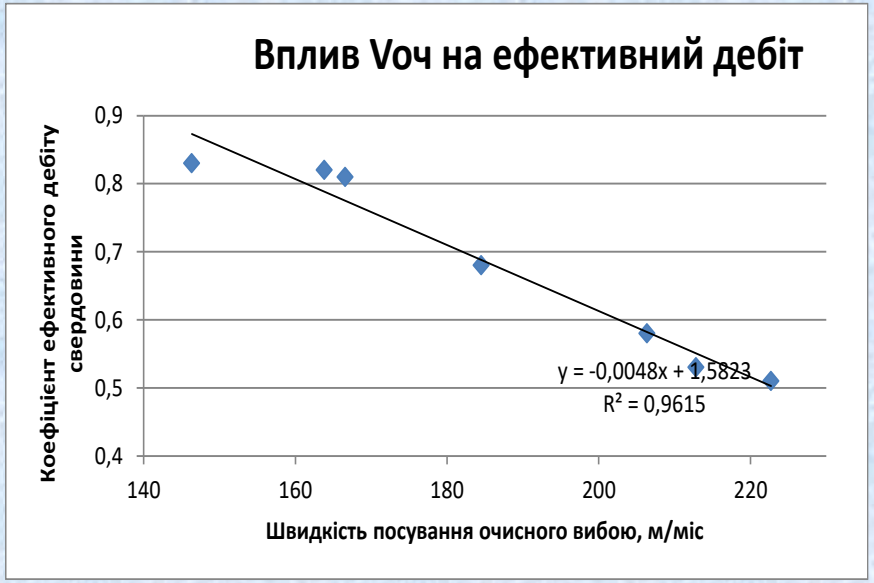
Спектр вузької лінії (сорбований флюїд)



ΔH_3 ~ 0.1 E
(вільний флюїд)
ΔH_2 ~ 0.7 E
(зв'язаний флюїд)

Фактор 2. – Технологія очисних робіт





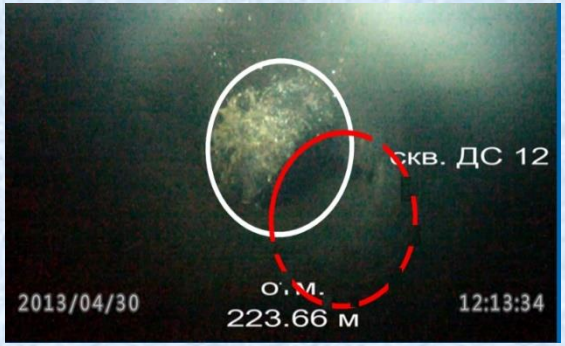
Діапазон області застосування залежності: 70 - 250 м/міс

Залежності:

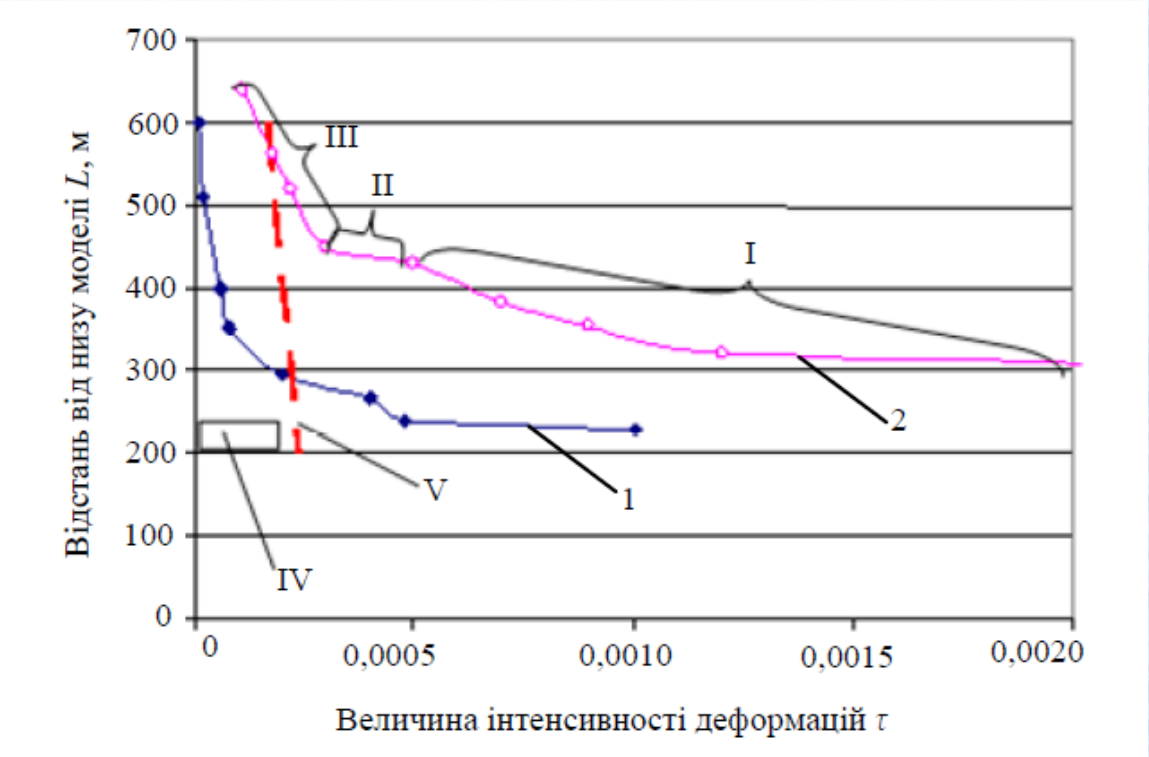
1) З падінням темпів посування очисного вибою збільшуються дотичні деформації газовугільної товщі, що підроблюється – збільшуються ймовірність перерізування свердловини
2) Зменшується довжина зони активних зрушень – зменшується розмір зони збору метану
3) Отже підвищення темпів збільшує дебіт, але зменшує ефективність відводу метану з лави

Висновок: Зі зростанням швидкості посування очисного вибою загальний дебіт поверхневих дегазаційних свердловин, що підроблюються гірничими роботами, зростає за логарифмічною залежністю, а частка метану, який відводиться з виїмкової дільниці вказаними свердловинами лінійно зменшується. Це дозволяє компенсувати підтримання достатнього рівня ефективного дебіту за рахунок своєчасного введення нових свердловин.

Фактор 3. – Геотехнічний. Руйнація дегазаційних свердловин під час їх підробки очисним вибоєм



Кількість обстежених свердловин = 28
(у межах трьох блоків та 8 виїмкових стовпів)



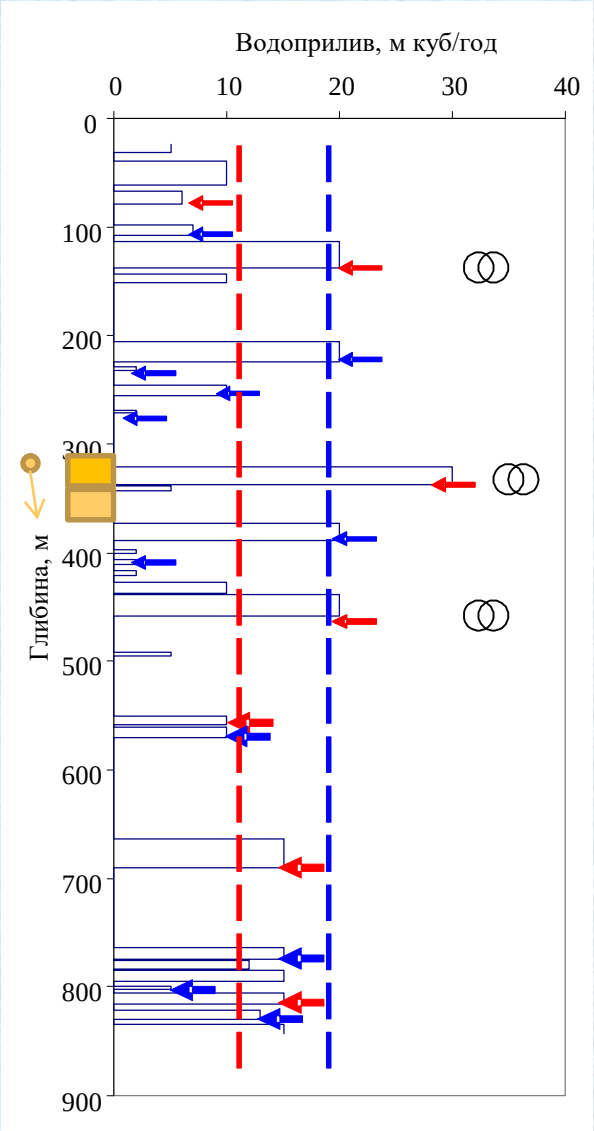
$$|e| = \sqrt{(\varepsilon_x - \varepsilon)^2 + (\varepsilon_y - \varepsilon)^2 + (\varepsilon_z - \varepsilon)^2 + \frac{1}{2}\gamma_{xy}^2 + \frac{1}{2}\gamma_{yz}^2 + \frac{1}{2}\gamma_{zx}^2}.$$

Компоненти нормальних деформацій

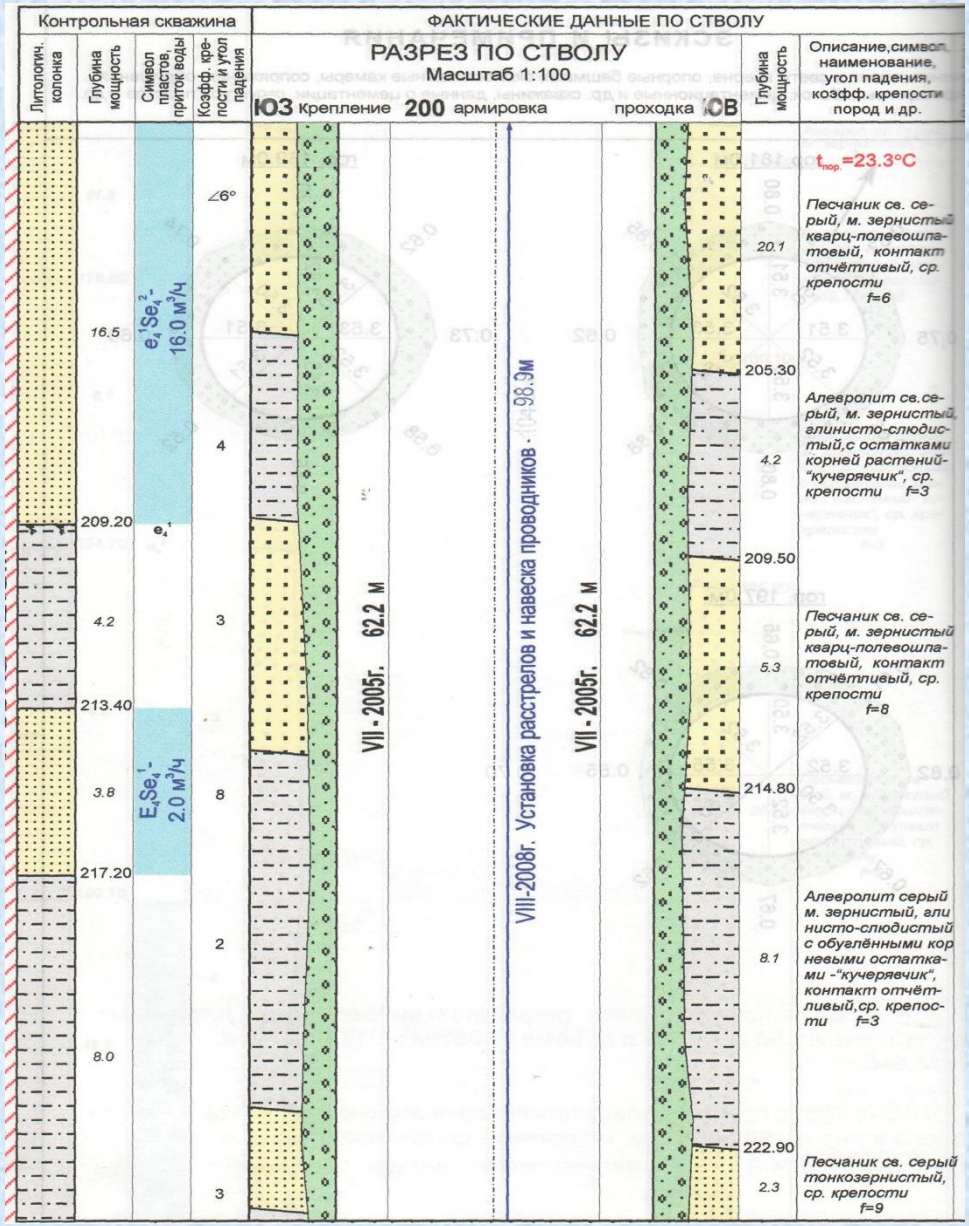
Середня нормальна деформація

Дотичні деформації

Узгодження параметрів свердловини з геологічними умовами



Місцеположення ділянок, на яких ймовірний зосереджений зсув



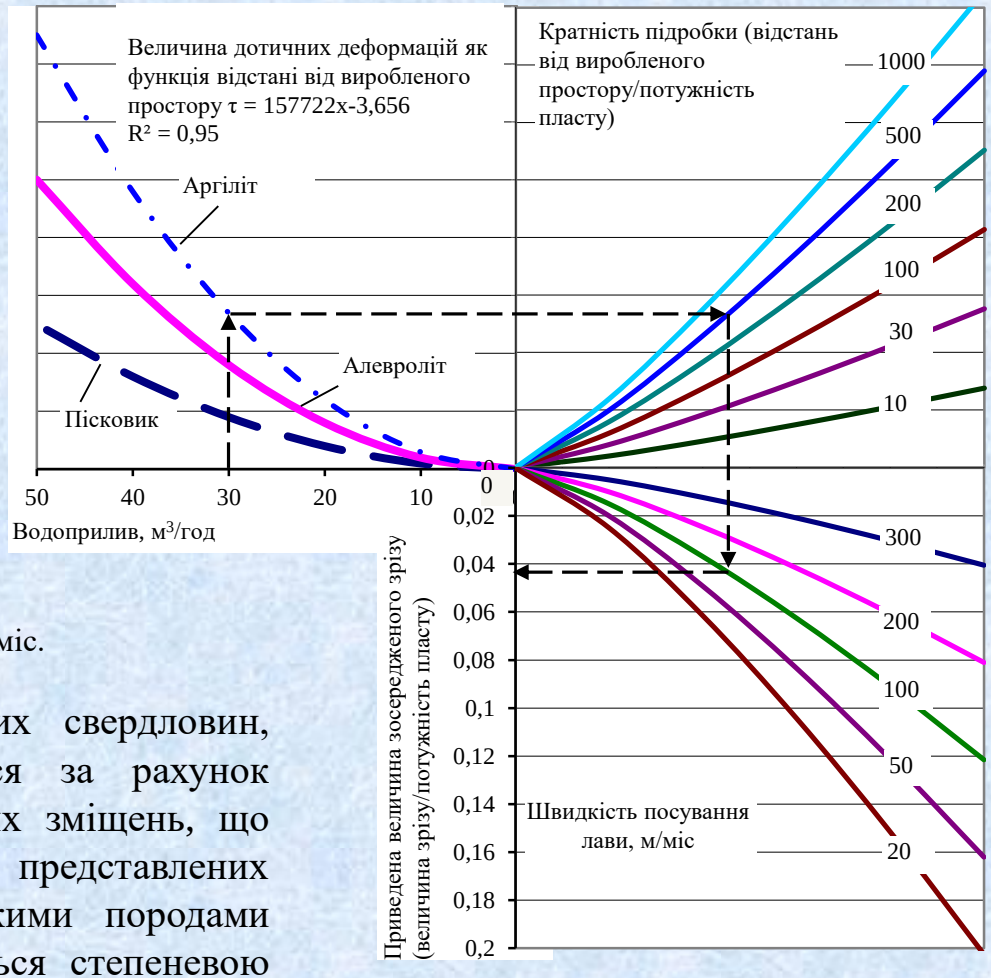
Стійкість дегазаційних свердловин під час їх підробки

Межа міцності обводених порід зменшується на 20% для пісковиків, на 40% для алевролітів і на 50% для аргілітів + показникова залежність падіння міцності від вологості

Оцінка зсуву суміжних породних шарів один відносно одного для аргілітів може бути виконана за наступною залежністю:

$$\Delta=\frac{0{,}04w^{1{,}3}}{\ln(K)\ln(v)}$$

Де Δ – зсув одного породного шару відносно сусіднього, приведений до потужності вугільного пласта що виймається;
w – водоприлив, м куб/год;
K – показник кратності підробки;
v – швидкість посування очисного вибою, м/міс.



Дотичні напруження й деформації як функція темпів посування
$\tau = 0{,}01\exp(-0{,}0152v_{оч})$

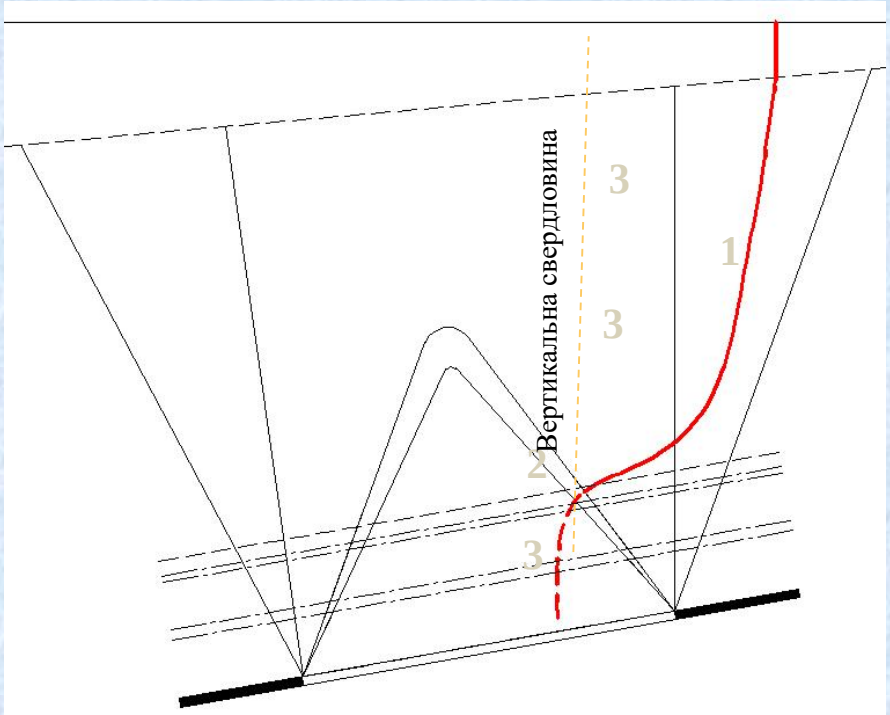
Висновок: ефективна експлуатація дегазаційних свердловин, пробурених із земної поверхні, забезпечується за рахунок розташування їх за межами зони горизонтальних зміщень, що формуються в шарах вуглепородного масиву, представлених поєднанням обводнених пісковиків з водостійкими породами (аргіліти, алевроліти), вели-чина яких визначається степеневою залежністю від співвідношення відстані від площини контакту зазначених шарів до вугільного пласта, що відпрацьовується, та його потужності. Це дозволяє прогнозувати небезпечні деформації свердловин та ефективно здійснювати комплексне добування вуглеводневих корисних копалин

Збереження свердловини шляхом ухилення від зон зміщень породних шарів

Патенти України:

Спосіб дегазації масиву гірських порід / Патент України на винахід 104979; Заявка на винахід: a201307501, від 13.06.2013. МПК (2014.01): E21F 7/00, опубл. 25.03.2014.

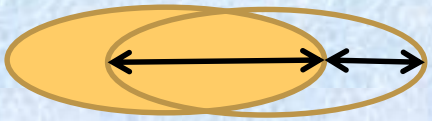
Спосіб дегазації підроблюваного вуглепородного масиву/ Патент України на винахід 111202, Заявка на винахід: a20131453, від 04.12.2013, МПК (2016.01): E21F 7/00, опубл. 11.04.2016.



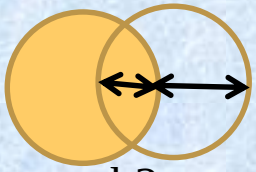
Переріз в площині напластування по ділянках:

Ділянка 1

Ділянка 2

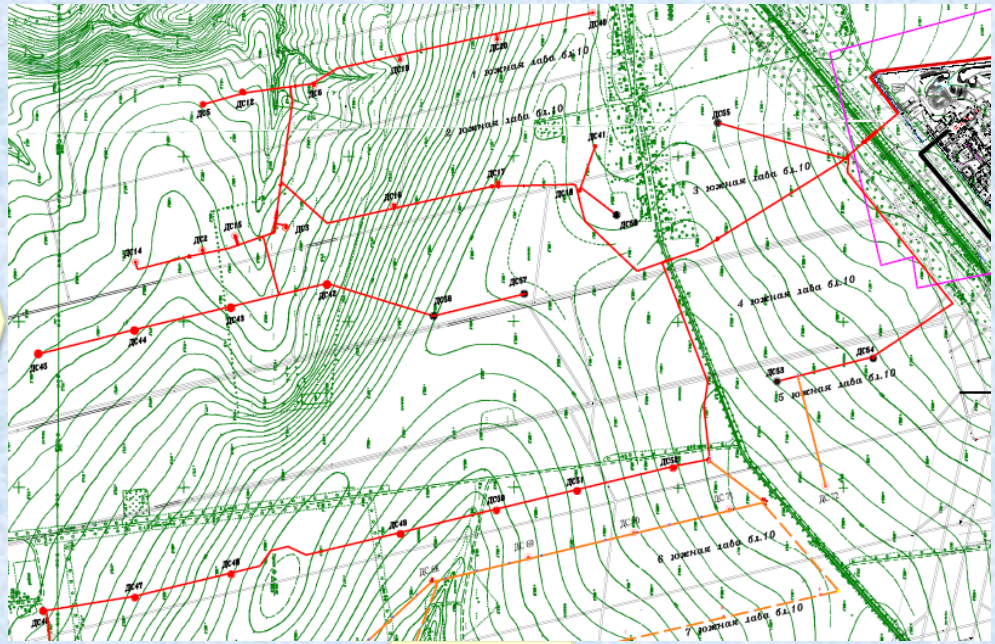


Ділянка 3



Впровадження результатів дослідження

Конструкція свердловин



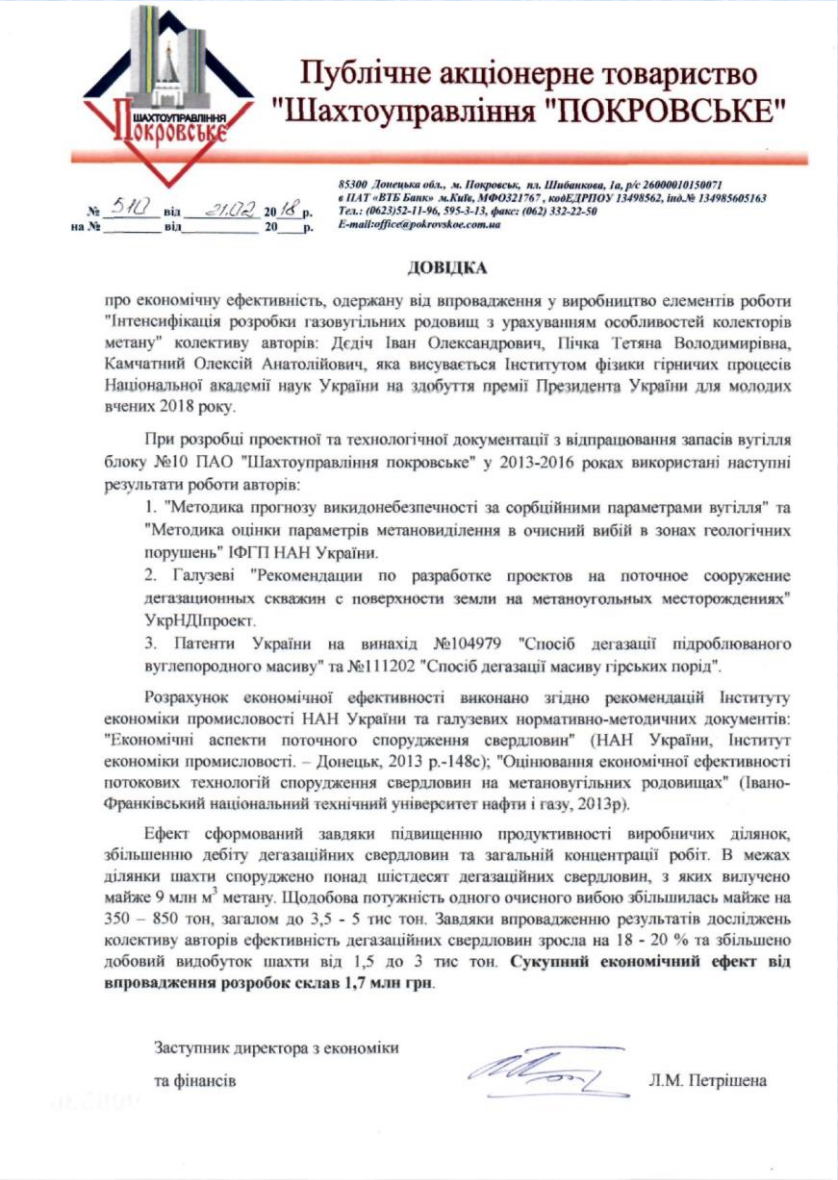
Розміщення свердловин

Вилучення метану (дегазація)

Виробництво електроенергії

Економічна ефективність

Практичні результати розробки авторів поширюються в галузі у вигляді інструкцій і методичних рекомендацій з дегазації свердловинами з земної поверхні, що затверджені Міністерством енергетики та вугільної промисловості України. Параметри дегазації газовугільного родовища увійшли в галузеві Вказівки НПАОП «Дегазація вугільних шахт. Правила безпечної експлуатації дегазаційних систем» і використовуються на шахтах Донбасу (ш/у «Покровське», ПрАТ «Донецьксталь»).



Публічне акціонерне товариство
"Шахтоуправління "ПОКРОВСЬКЕ"

ШАХТОУПРАВЛІННЯ Покровське

№ 510 від 21.02 2018 р.
на № _____ від _____ 20___р.

85300 Донецька обл., м. Покровськ, пл. Шиванкова, 1а, р/с 26000010150071
в ПАТ «ВТБ Банк» м.Київ, МФО321767 , кодЕДРПОУ 13498562, інд.№ 134985605163
Тел.: (0623)52-11-96, 595-3-13, факс: (062) 332-22-50
E-mail:office@pokrovskoe.com.ua

ДОВІДКА

про економічну ефективність, одержану від впровадження у виробництво елементів роботи "Інтенсифікація розробки газовугільних родовищ з урахуванням особливостей колекторів метану" колективу авторів: Дєдіч Іван Олександрович, Пічка Тетяна Володимирівна, Камчатний Олексій Анатолійович, яка висувається Інститутом фізики гірничих процесів Національної академії наук України на здобуття премії Президента України для молодих вчених 2018 року.

При розробці проектної та технологічної документації з відпрацювання запасів вугілля блоку №10 ПАО "Шахтоуправління покровське" у 2013-2016 роках використані наступні результати роботи авторів:

1. "Методика прогнозу викидонебезпечності за сорбційними параметрами вугілля" та "Методика оцінки параметрів метановиділення в очисний вибій в зонах геологічних порушень" ІФГП НАН України.
2. Галузеві "Рекомендации по разработке проектов на поточное сооружение дегазационных скважин с поверхности земли на метаноугольных месторождениях" УкрНДІпроект.
3. Патенти України на винахід №104979 "Спосіб дегазації підроблюваного вуглепородного масиву" та №111202 "Спосіб дегазації масиву гірських порід".

Розрахунок економічної ефективності виконано згідно рекомендацій Інституту економіки промисловості НАН України та галузевих нормативно-методичних документів: "Економічні аспекти поточного спорудження свердловин" (НАН України, Інститут економіки промисловості. – Донецьк, 2013 р.-148с); "Оцінювання економічної ефективності потокових технологій спорудження свердловин на метановугільних родовищах" (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 2013р).

Ефект сформований завдяки підвищенню продуктивності виробничих ділянок, збільшенню дебіту дегазаційних свердловин та загальній концентрації робіт. В межах ділянки шахти споруджено понад шістдесят дегазаційних свердловин, з яких вилучено майже 9 млн м^3 метану. Щодобова потужність одного очисного вибою збільшилась майже на 350 – 850 тон, загалом до 3,5 - 5 тис тон. Завдяки впровадженню результатів досліджень колективу авторів ефективність дегазаційних свердловин зросла на 18 - 20 % та збільшено добовий видобуток шахти від 1,5 до 3 тис тон. **Сукупний економічний ефект від впровадження розробок склав 1,7 млн грн**.

Заступник директора з економіки
та фінансів Л.М. Петрішена