

Ширін Л.Н. Сучасні технології розробки метановугільних родовищ : навч. наоч. посіб. / Л.Н. Ширін, Р.Р. Єгорченко ; Нац. гірн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2020. – 155 с.

Розглянуто сучасні технології розробки метановугільних родовищ.

Призначено для науково-педагогічних працівників та здобувачів вищої освіти, зокрема магістрів спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології

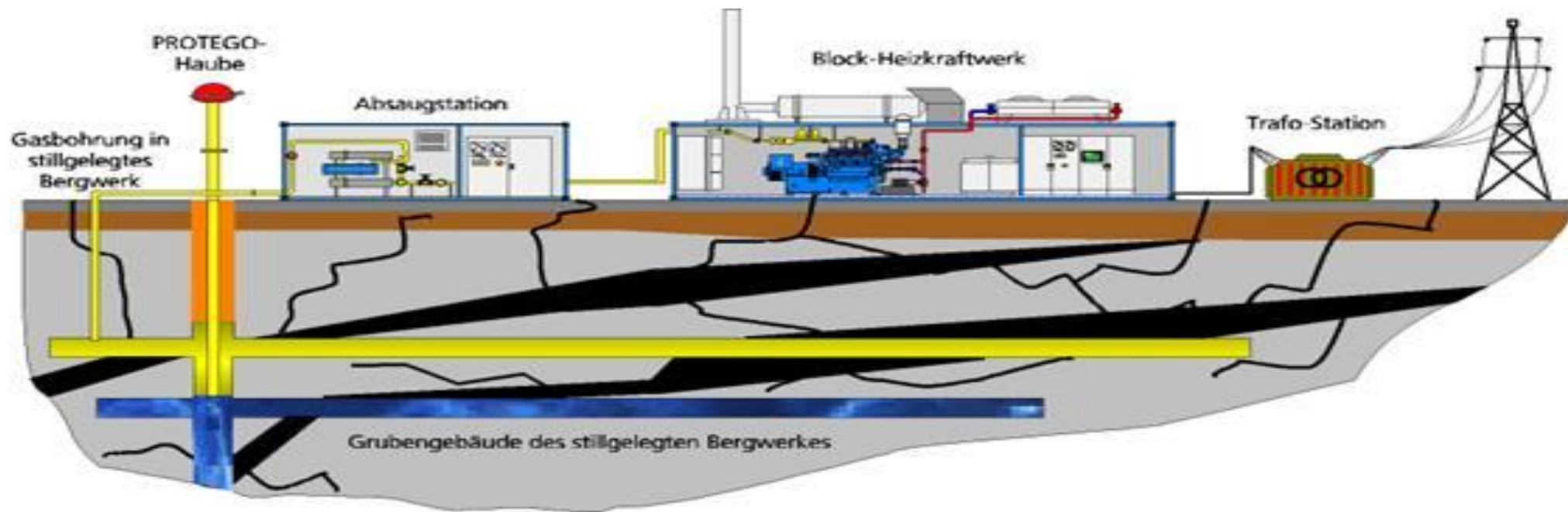
**Рецензенти: Софійський К.К.
Бузило В.І.**



185 Нафтогазова інженерія та технології

Презентація

«Сучасні технології розробки метановугільних родовищ»



ПЕРЕДМОВА

1 Особливості розробки метановугільних родовищ

2 Газодинамічні явища при розробці газовугільних родовищ і їх характеристика

3 Особливості підготовки газовугільних пластів до очисного виймання

4 Традиційні схеми розробки метановугільних пластів

5 Сучасні способи гідродинамічного впливу на вуглепородний масив для інтенсифікації промислового видобутку метану

6 Технології видобутку метану вугільних пластів поверхневими свердловинами

7 Технологічні схеми очисних робіт з застосуванням інноваційних методів дегазації метановугільних пластів

8 Технології вилучення, збору і транспортування метаноповітряної суміші

9 Сучасні технології акумулювання та утилізації шахтного метану

ВИСНОВКИ

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА



Україна має великі і майже не освоєні ресурси метану вугільних родовищ. Доцільність промислового видобутку метану вугільних пластів доведена ведучими підприємствами вугільної галузі і підтверджується зарубіжним досвідом.

Наявність у вугленосних відкладеннях Донбасу 25,4 трлн м³ метану дозволило розглядати цей регіон як газовугільне родовище, а метан - як корисну копалину. Для промислового видобутку альтернативного енергоносія створено індустрію шахтного метану.

Особливість комплексного освоєння метановугільних родовищ полягає в тому, що метан, вилучений в процесі гірничих робіт, поступає в шахтний дегазаційний трубопровід і за допомогою вакуум-насосних станцій видається на поверхню до когенераційних установок для генерації електроенергії та виробництва тепла.

Для інтенсифікації притоку метану в дегазаційні свердловини використовують сучасні методи гідродинамічного впливу на газонасичений масив.

Економічно обгрунтована розробка газовугільних родовищ повинна забезпечувати:

- ☐ безпеку ведення гірничих робіт;
- ☐ зниження викидів метану в атмосферу;
- ☐ видобуток метану як енергоносія



Метан вугільних пластів (МУП, Coal bed methane) - якісний газ, що вимагає мінімальної переробки:

- Міститься у вугленосних відкладеннях
- Формується в результаті біохімічних і фізичних процесів в ході перетворення рослинного матеріалу в вугілля.
- Є основним компонентом природних газів вугільних пластів, не порушених процесами газового вивітрювання (деметанізацією).
- Екологічно чистіше ніж вугілля та ефективне паливо.

Є причиною вибухів у вугільних шахтах

Концентрація МУП в суміші природних газів вугільних пластів становить 80-98%.

Може видобуватися як самостійне копалина, і як супутній продукт, одержуваний в процесі дегазації шахт перед видобутком вугілля

Як самостійна копалина видобувається технологією зневоднення пластів..

Через низький тиск газу в свердловинах видобувні компанії використовують насоси свердловин для відведення води з свердловини.

Насоси відкачують воду по трубопроводу. Зневоднення знижує тиск в пласті, дозволяючи метану відділятися від вугілля і виходити на поверхню



В даний час газоносні вугільні родовища слід розглядати як вуглегазові, що визначається значними ресурсами метану, який міститься в вугленосних відкладеннях

За своїм компонентним складом газ, що міститься у вугільних пластах на глибинах понад 400 м, відповідає природному газу, в якому вміст метану становить 95-99%.

Концентрація важких вуглеводнів змінюється від часток до декількох відсотків, на водень, вуглекислий газ і інертні гази доводиться до 1-2%.

Практично відсутні шкідливі домішки, тому що вугілля являє собою природний сорбент

Источник: <https://mining-media.ru/ru/article/newtech/5911-ispolzovanie-shakhtnogo-metana-sovremennoe-sostoyanie-zadachi-i-perspektivy-razvitiya>



Нові поняття для газодобувної галузі

Метановугільний поклад - природне скупчення у вугільному пласті або групі зближених пластів вільного і сорбованого метану на площі, обмеженій по структурним, гірничо-геологічним або техніко-економічним ознакам, за кількістю та умовами залягання, придатне для промислового видобутку.

Метановугільне родовище - локальна, просторово обмежена за структурою, гірничо-геологічними, географічними або техніко-економічними ознаками частина метановугільну басейну, що містить одну або кілька метановугільних покладів, придатних для промислового видобутку і розташованих в розрізі одна над іншою, проекція контурів яких на земну поверхню повністю або частково знаходиться всередині контуру за площею поклади.

Метановугільний басейн - значна за розмірами (кілька десятків або сотень тисяч квадратних кілометрів) площа безперервного або острівного поширення одних і тих же вугленосних формацій, що містять метановугільні поклади (метановугільні вугільні пласти), які можуть бути об'єктами промислового видобутку метану.



Відмінності від традиційно розробляємих газових родовищ

Країна	Запаси вугілля, млрд. т.	Запаси шахтного метану, трлн.м ³
Росія	6500	17–113
Китай	4000	30–35
Канада	7000	5,7–76
Австралія	1700	8,5–14,2
США	3900	11,3
Германія	320	2,8
Польща	160	2,8
Великобританія	190	1,7
Україна	140	1,7
Казахстан	170	1,1
ЮАР, Зімбабве, Ботсвана	150	0,9
Індія	160	0,9



ЗАПАСИ ВУГЛЯ ТА МЕТАНУ ВУГОЛЬНИХ ПЛАСТІВ ВУГЛЕДОБУВНИХ КРАЇН СВІТУ

Найменування підприємства	Емісія метану системами дегазації та вентиляції	Каптовано метану системами дегазації, м ³	Утилізовано метану, м ³	Результати реалізації проекту дегазації та утилізації метану	
				Вироблено електроенергії,млн. кВт/год	Вироблено тепла, Гкал
ГП “БК “Краснолиманська»	55444616,0	21187008,0	19812695,0	--	17123,5
ЧАО “ШУ “Покровске”	113011200,0	22081400,0	13278140,0	52,178	32132,4
Шахта “Западно-Донбаська””	53352110,0	11321400,0	--	--	--
Шахта “Юбілейна”	36067123,0	14845110,0	--	--	--
Шахта “Алмазна””	29911000,0	3523000,0	--	--	--
Всього	232341433,0	51770910,0	13278140,0	52,178	32132,4



Метано-повітряної суміші за концентрацією можуть бути розділені на три групи:

1 група - суміші, які добуваються засобами вентиляції, які, як правило, мають концентрацію 0,2-0,7%;

2 група - суміші, які добуваються засобами дегазації, з концентрацією від 5 до 25% (некондиційні по їх вибухонебезпечності);

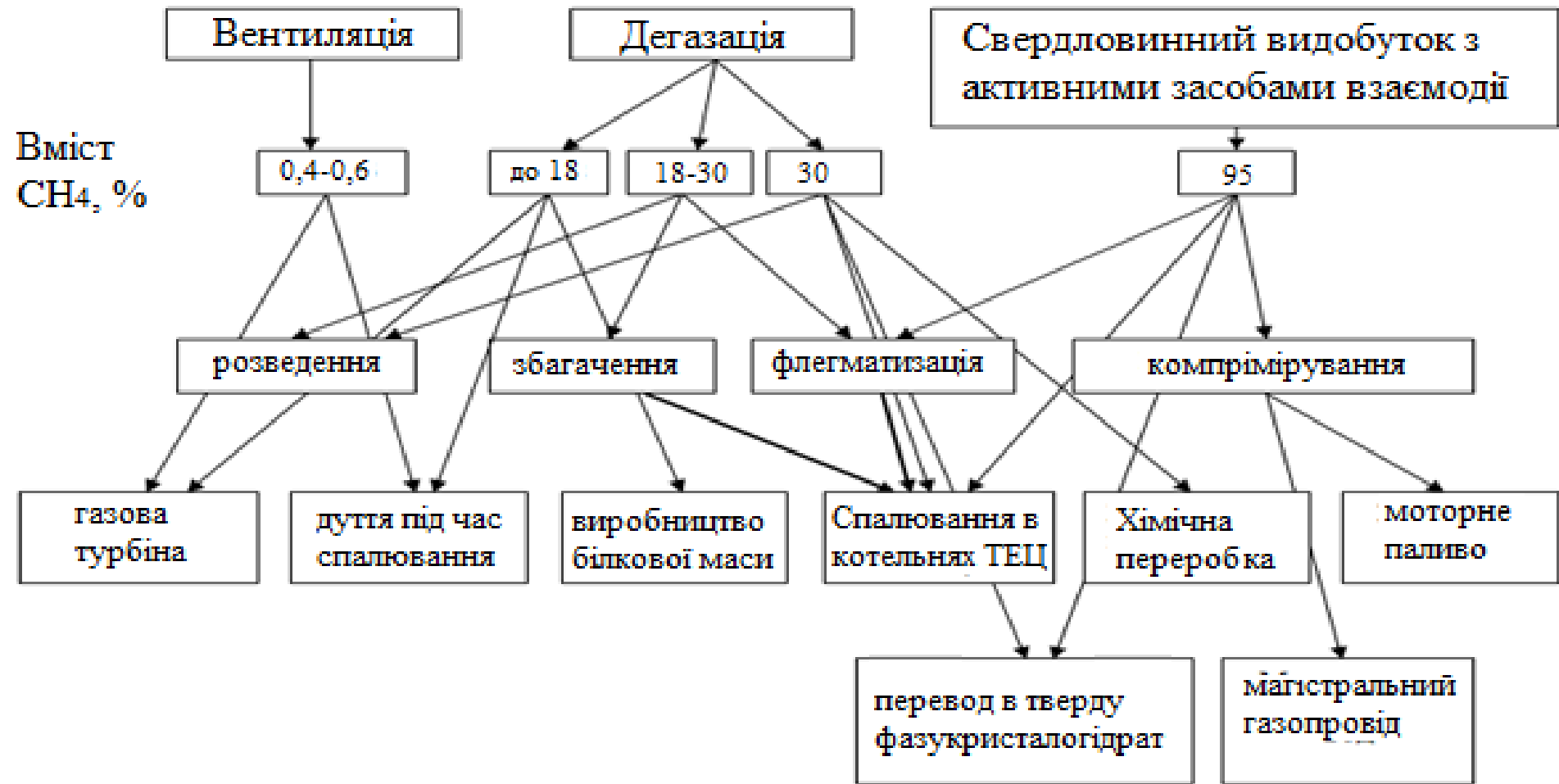
3 група - суміші, які добуваються засобами дегазації, з концентрацією понад 25%.

У світовій практиці найбільш ефективно утилізуються суміші третьої групи з концентрацією метану понад 25-40%.

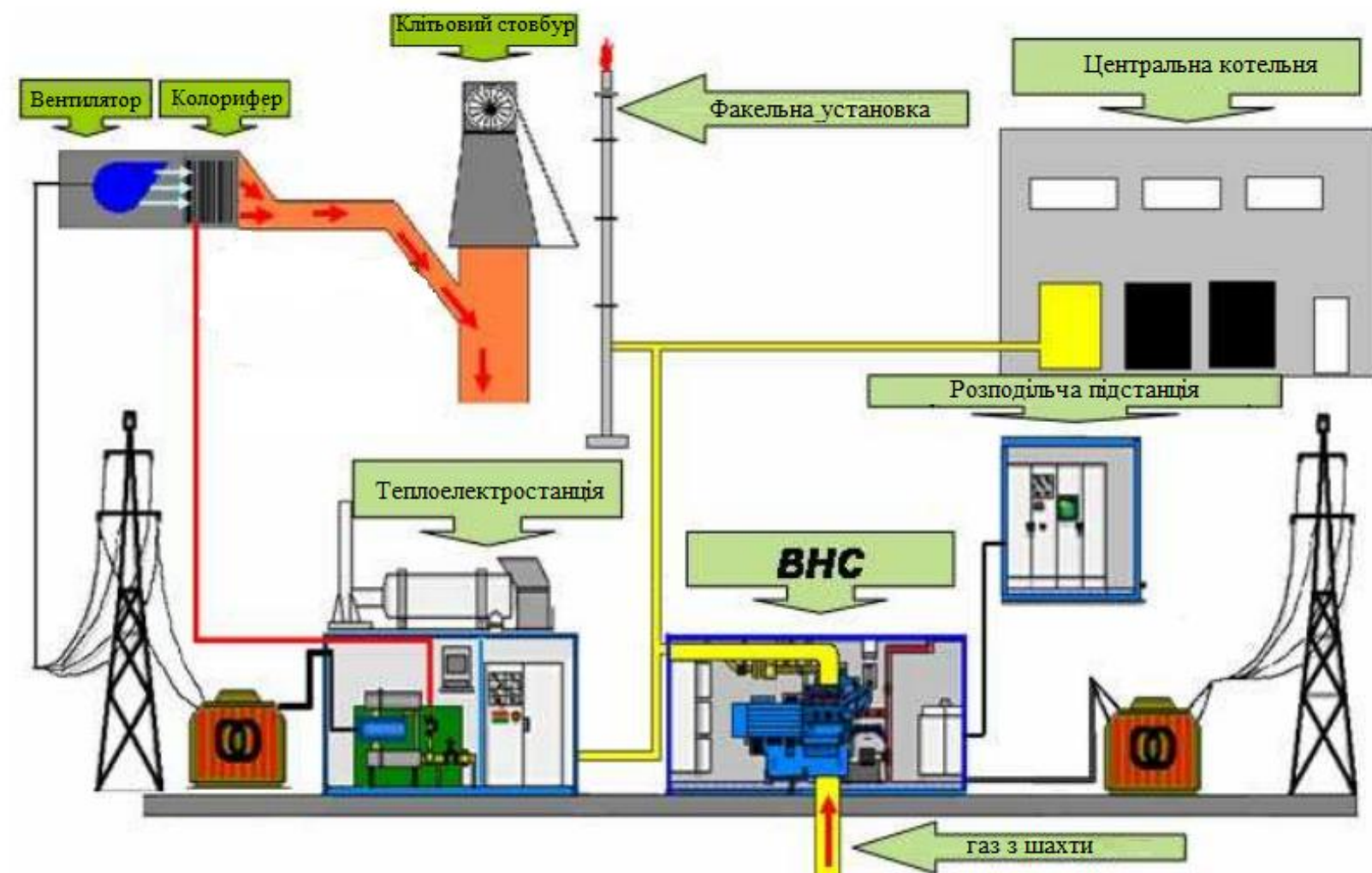
Источник: <https://mining-media.ru/ru/article/newtech/5911-ispolzovanie-shakhtnogo-metana-sovremennoe-sostoyanie-zadachi-i-perspektivy-razvitiya>



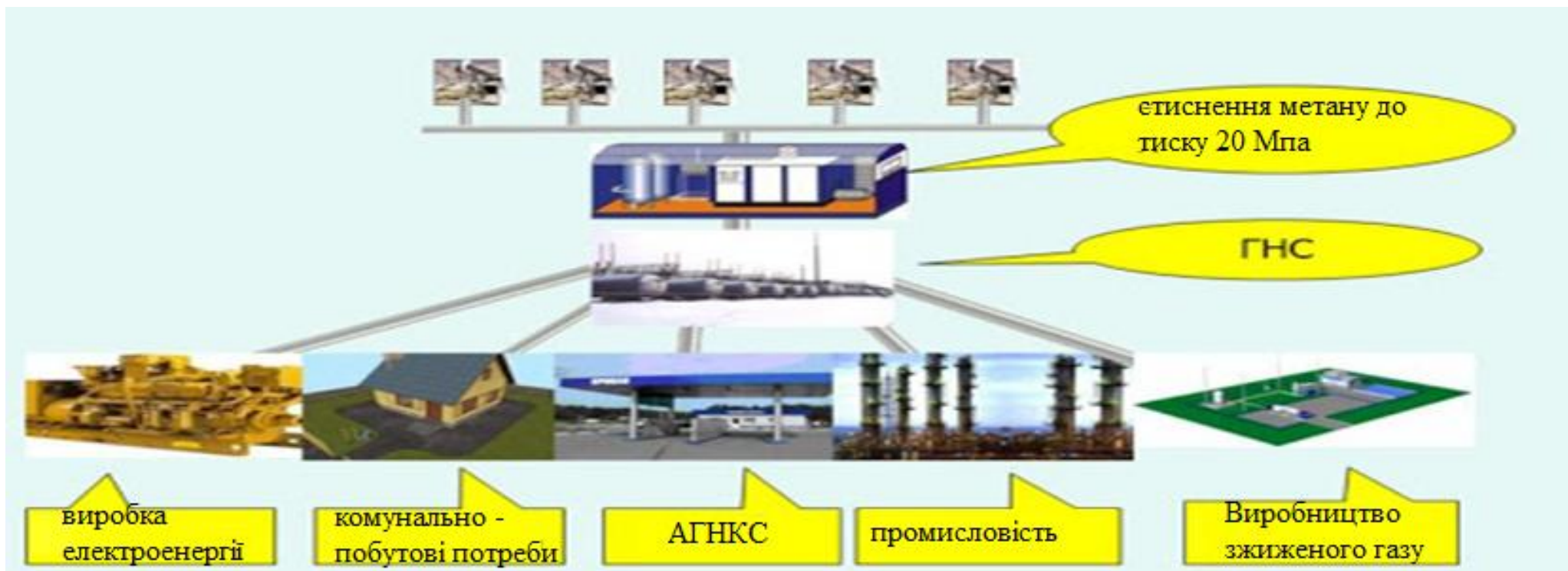
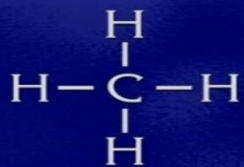
РОЗПОДІЛ МЕТАНО-ПОВІТРЯНИХ СУМІШЕЙ НА ГРУПИ



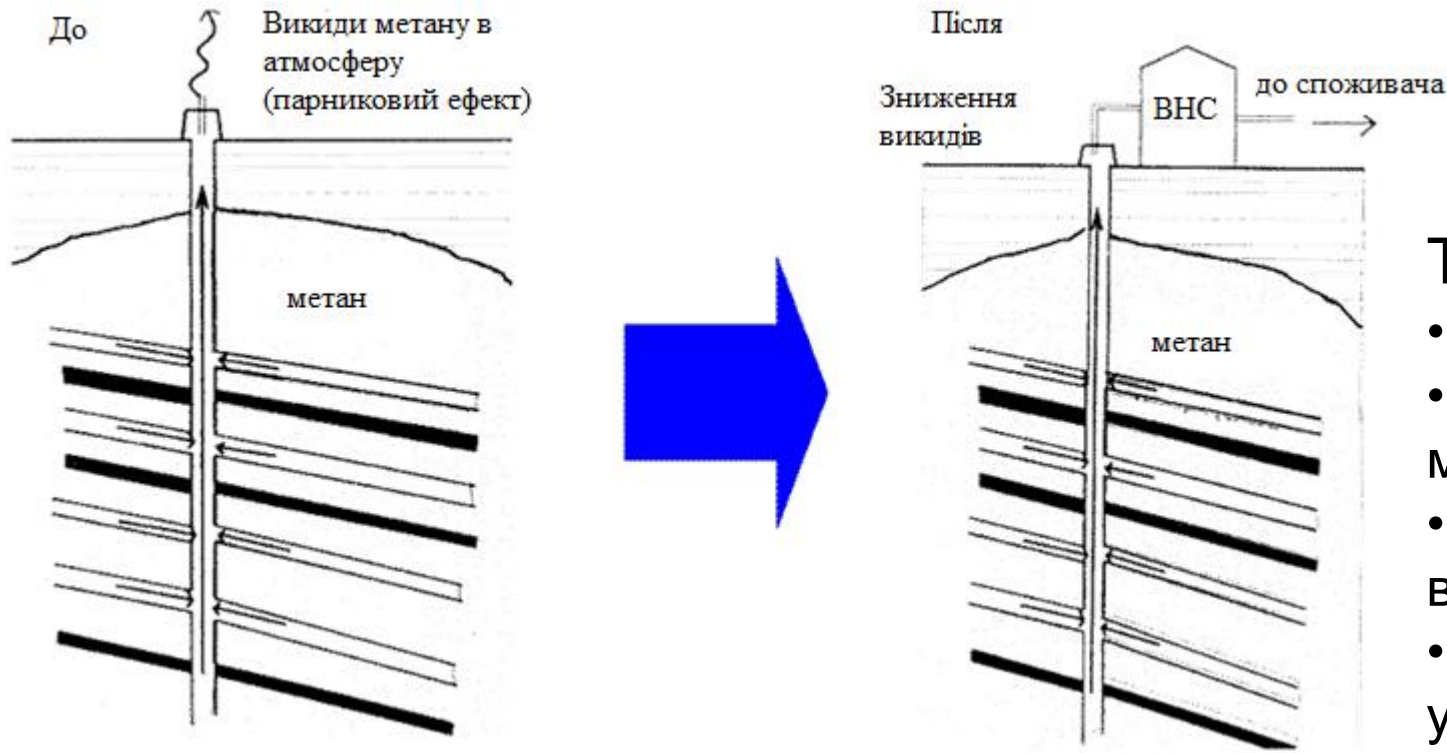
СПОСОБИ ВИЛУЧЕННЯ МЕТАНУ ТА НАПРЯМИ УТИЛІЗАЦІЇ



ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВИДОБУТКУ І УТИЛІЗАЦІЇ МЕТАНУ



НАПРЯМИ ВИКОРИСТАННЯ ВУГІЛЬНОГО МЕТАНУ



Ефект від утилізації метану:

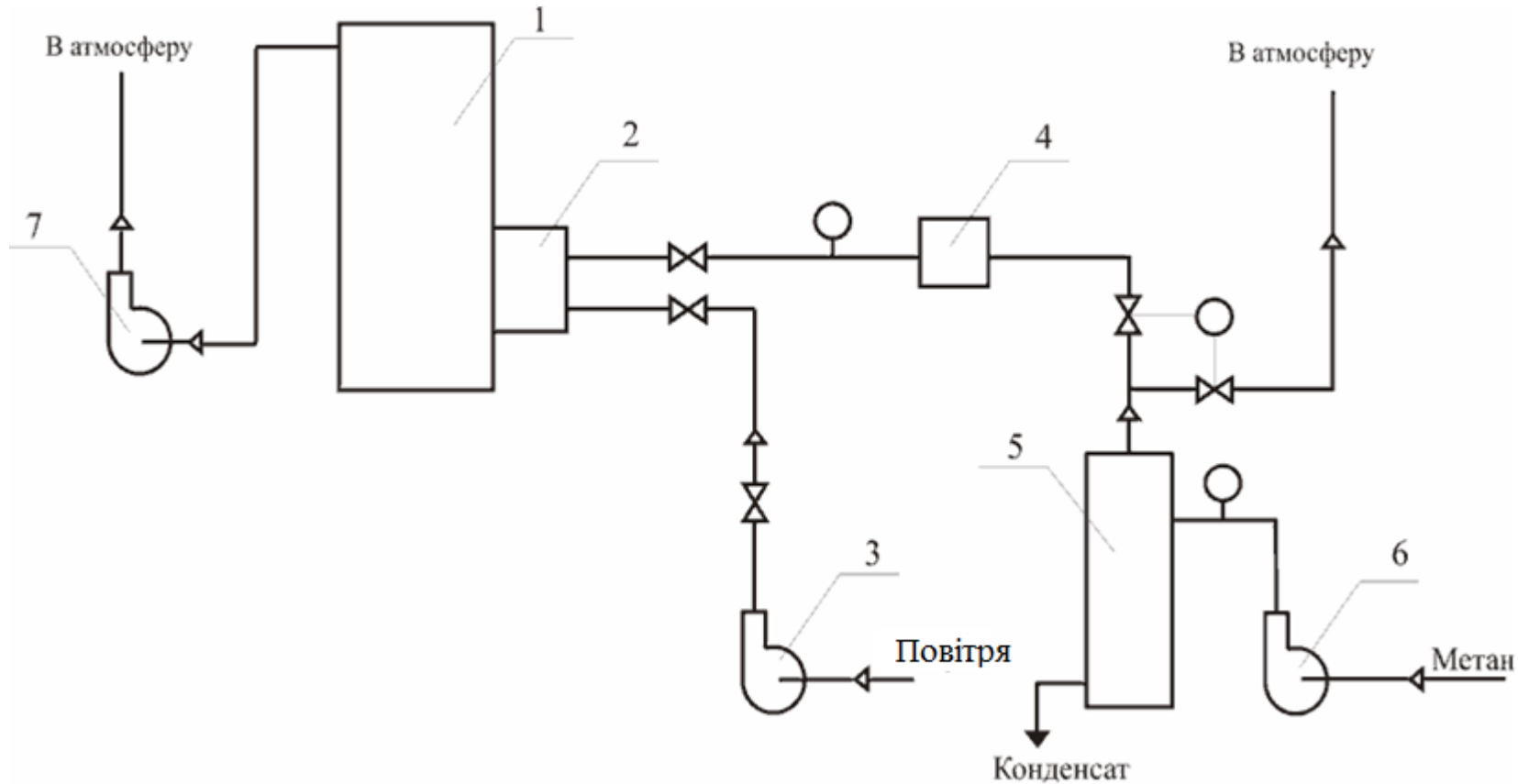
- зниження експлуатаційних витрат;
- економія вугілля, що заміщається метаном;
- економія теплової та електричної енергії;
- виручка від продажу одиниць скорочених емісій.

Технологія утилізації метану:

- Виробництво електроенергії;
- Переробка збідненої суміші метану та повітря;
- Спалення метану в котельнях для вилучення тепла;
- Спалення метану в факельних установках;
- Використання стисненого метану для заправки автомобілів.

ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ШАХТНОГО МЕТАНУ

Принципова схема спалювання метану в котельні шахти



1 - котел КЕ-10-14, 2 - пальник, 3 - повітрядувка ($Q = 140 \text{ м}^3 / \text{хв}$), 4 - полум'ягасник, 5 - краплеуловлювач, 6 - вакуум-насос ВВН-50 ($Q = 46,5 \text{ м}^3 / \text{хв}$, $\text{CH}_4 = 38,5\%$), 7 - димосос ($Q = 186 \text{ м}^3/\text{хв}$)



**Ратифікація
Рамкової угоди
до Кіотського протоколу**

**Стимул до створення технічних засобів для утилізації
шахтного метану з метою скорочення викидів
парникових газів в атмосферу:**

- контейнерних теплоелектростанцій (КТЕС);

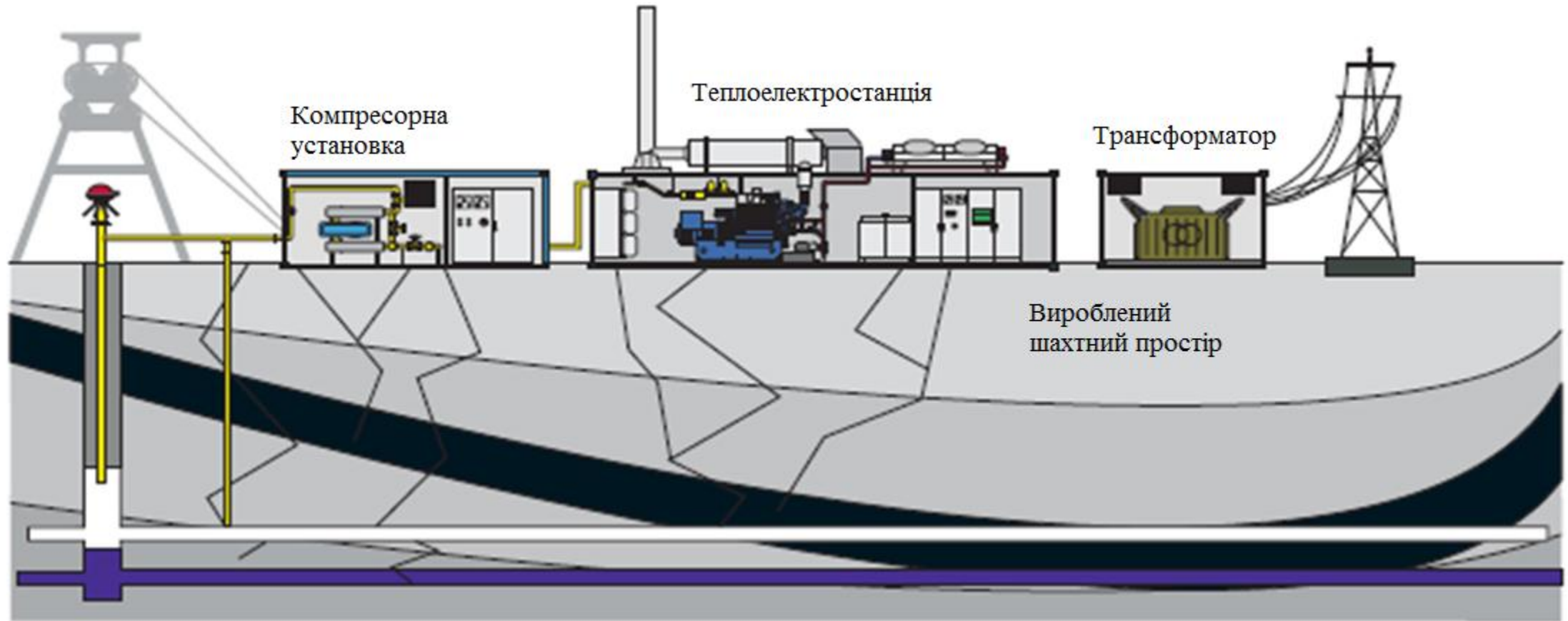
контейнерних теплоелектростанцій (КТЕС)

**- контейнерних газоутилізаційних установок (КГУУ), які забезпечують у
викидах концентрацію шкідливих речовин, що не перевищує гранично
допустимі норми;**

**- факельні установки прямого спалювання газу, подібні використуванним
на газових і нафтових промислах**



Технологія вироблення електричної енергії в контейнерних теплоелектростанціях



УТИЛІЗАЦІЯ МЕТАНО-ПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ ВИРОБЛЕНОГО ПРОСТОРУ

Переваги технології:

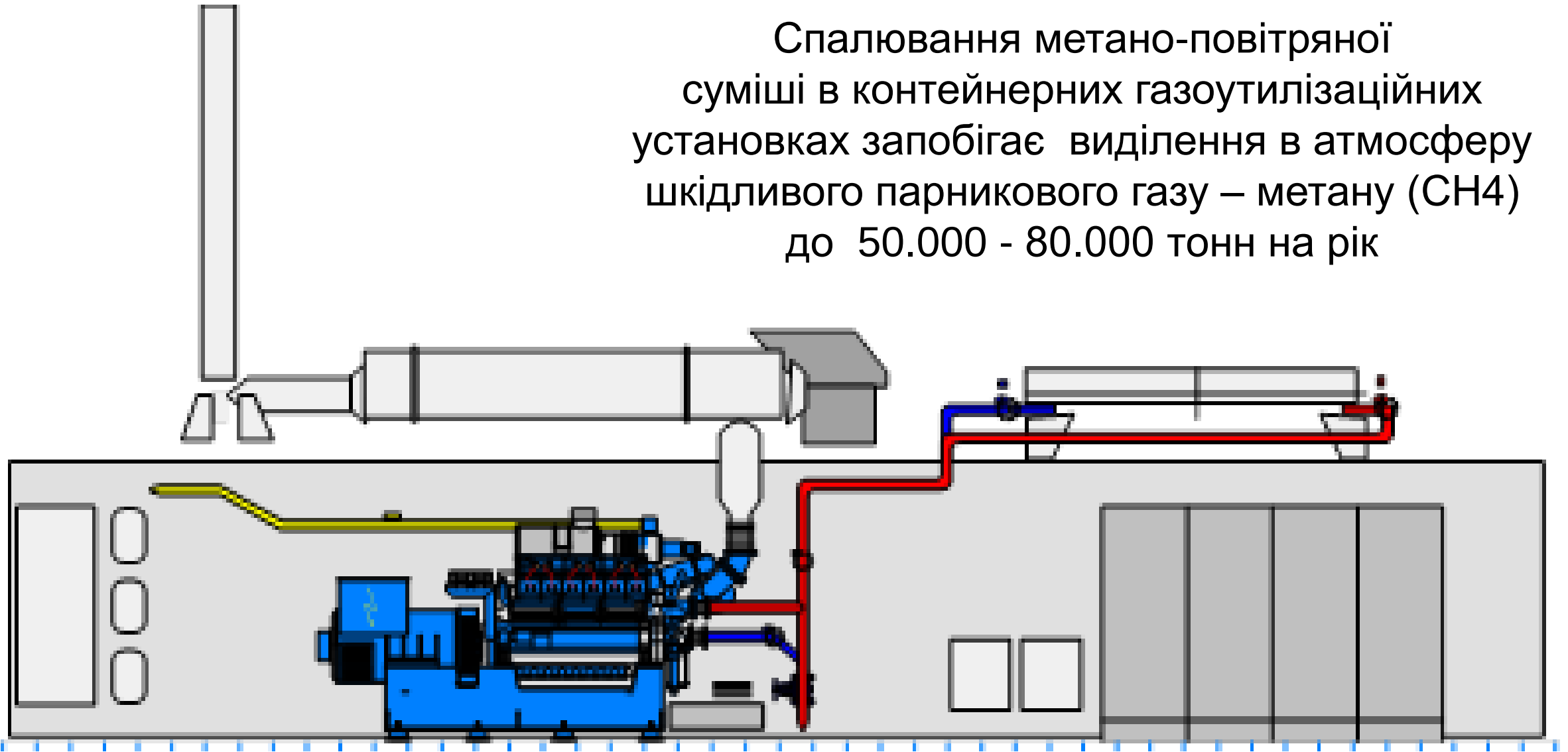
- високий технічний рівень технологічного обладнання;
- безпека переробки метано-повітряної суміші;
- автоматичне узгодження вироблюваної потужності з електричним навантаженням споживача.

Недоліки технології:

- високі значення концентрації метану в використовуваній суміші;
- порівняно малий гарантований ресурс роботи авіадвигуна;
- необхідність попереднього компримування суміші до тиску 0,8-1,2 МПа, на що витрачається до 10% виробленої комплексом електричної енергії;
- відносно невисокий загальний ККД технології по електричній енергії (не перевищує 18-20%).



Спалювання метано-повітряної суміші в контейнерних газопутилізаційних установках запобігає виділенню в атмосферу шкідливого парникового газу – метану (CH_4) до 50.000 - 80.000 тонн на рік



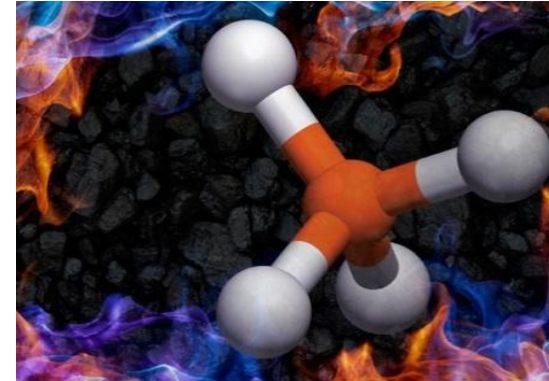
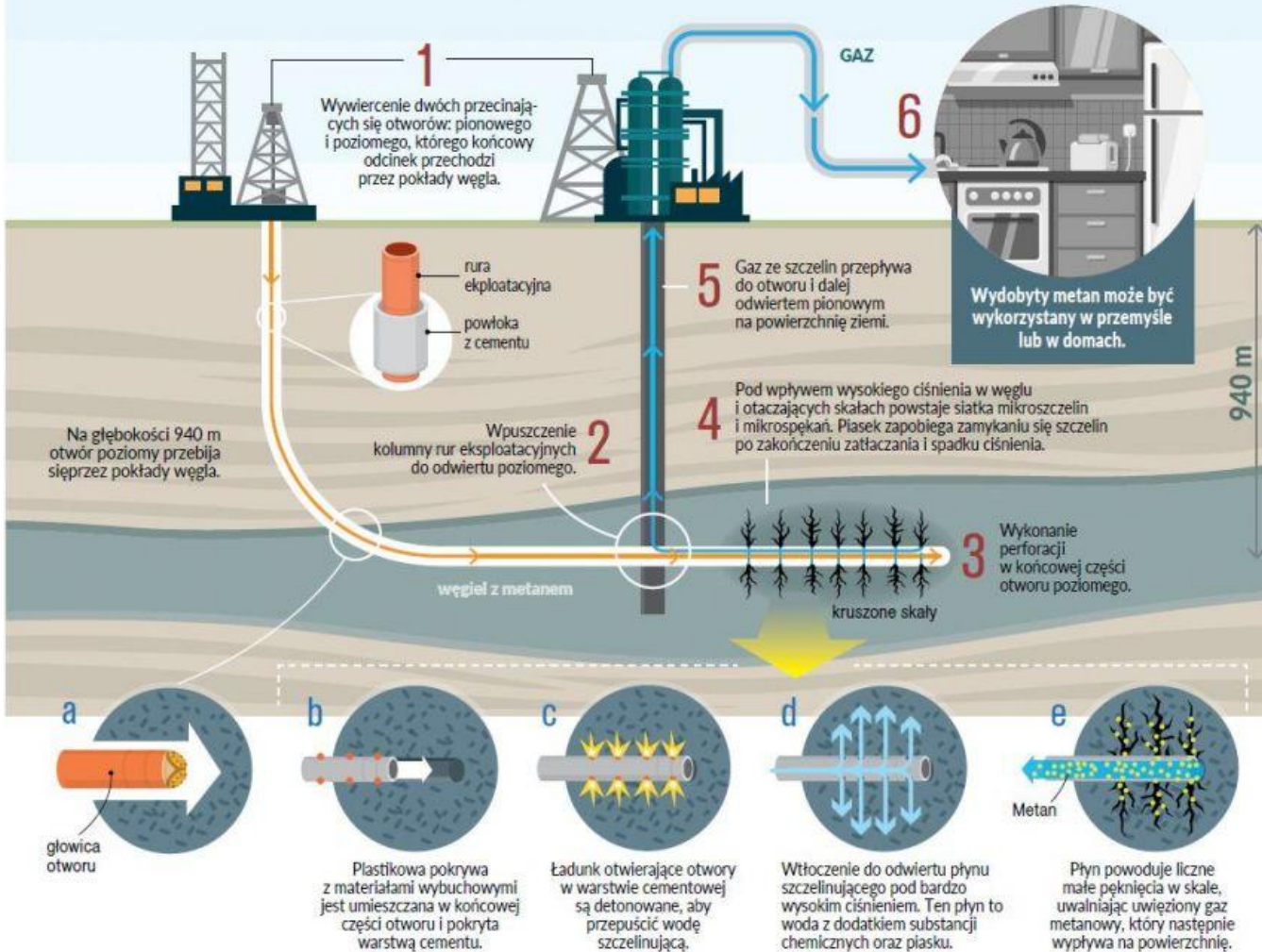


Газотурбінні установки (ГТУ) здатні забезпечити найбільш широкий діапазон електричної потужності - від десяти до декількох десятків мегават. У таких установках потік газу, утворений в результаті згоряння палива, впливаючи на лопатки турбіни, створює крутний момент і обертає ротор, який, в свою чергу, з'єднаний з генератором. Електричний ККД (частка електроенергії від загальної енергії згоряння палива) систем подібного типу може досягати 39%. ГТУ, як правило, виробляють в два рази більше теплової енергії, ніж електричної (при цьому загальний ККД не перевищує 90%).

Розрізняють когенераційні системи на базі газотурбінних і газопоршневих установ, мікротурбін



Nowa technologia wydobycia metanu z pokładów węgla



Економічно обґрунтована розробка газовугільних родовищ повинна забезпечувати:

- безпеку ведення гірничих робіт;
- підвищення ефективності використання фронту гірничих робіт;
- **зниження викидів метану в атмосферу;**
- **видобуток метану як енергоносія**

ПРОМИСЛОВИЙ ВИДОБУТОК МЕТАНУ ЯК НЕТРАДИЦІЙНОГО ЕНЕРГОНОСІЯ

Проблемні питання технологічного характеру в сфері дегазації та утилізації метану на підприємствах України

1. Відсутність апробованих технологій попередньої дегазації вугільних родовищ, за рахунок буріння поверхневих свердловин з застосуванням гідророзтину.
2. Низькі колекторні властивості вмісних порід вугільного пласта порід. Проникність песковика складає 0,1 мД (мілідарсі), пористість песковика в середньому 5-6%.
3. Низький рівень видобутку в очисних вибоях менше 1000 т/доб, що обумовлено низькими темпами просування вибою та метановиділення.
4. Недостатнє застосування передових технологій та техніки для підземної дегазації.
5. Недостатня пропускна спроможність більшості дегазаційних систем шахтних мереж через низький діаметр трубопроводу 250-300 мм.

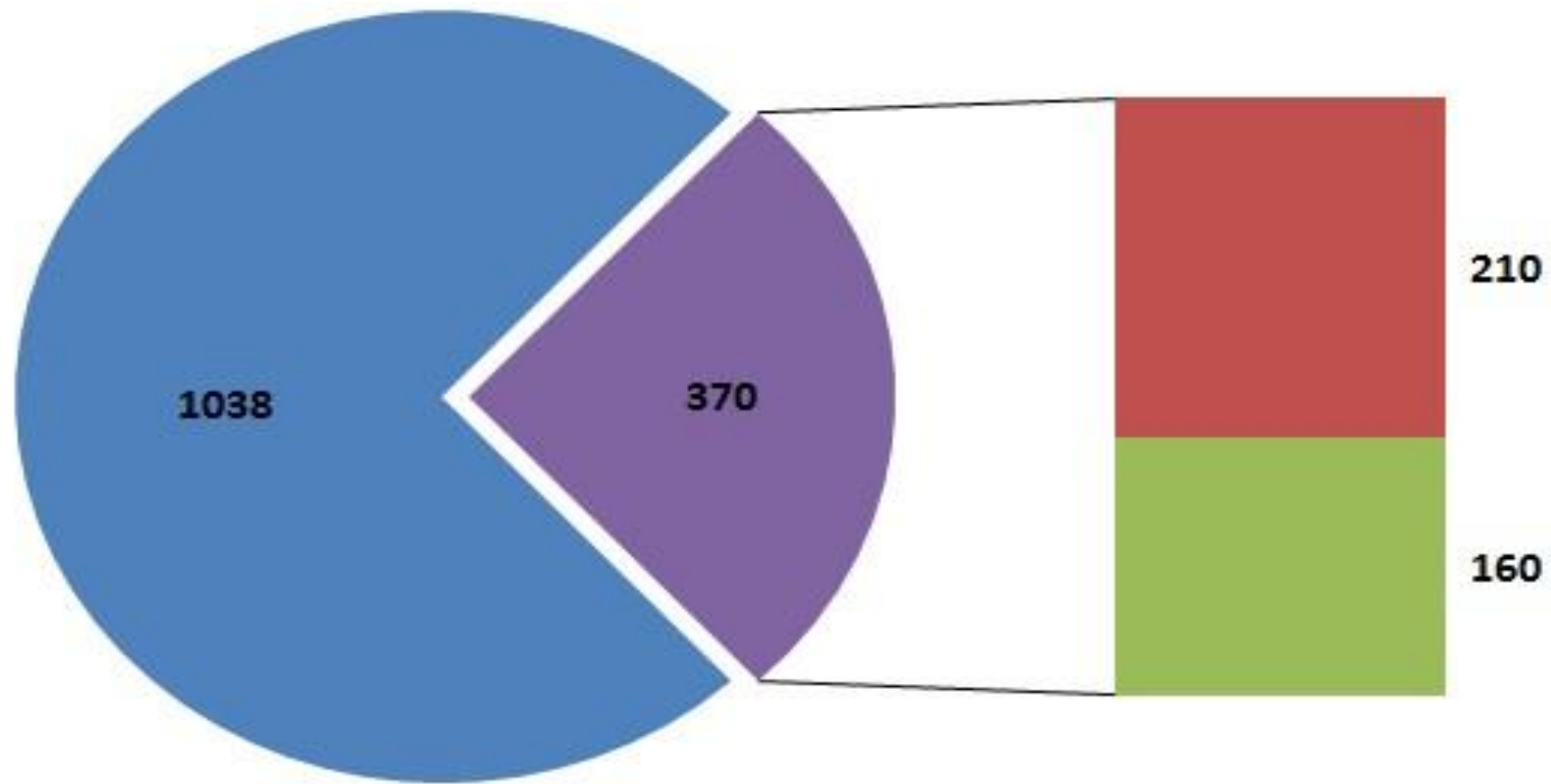


ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ

впровадження проектів

дегазації та утилізації газу метану в Україні

- Зниження рівня аварійності та підвищення безпеки праці шахтарів;
- > Підвищення рівня використання альтернативних видів палива;
- > Створення передумов збільшення обсягів видобутку вугілля;
- > Забезпечення можливості отримання шахтами більш дешевої електричної та теплової енергії;
- > отримання додаткових фінансових ресурсів за результатами спільної діяльності шахт (підприємств) з інвестором у сфері дегазації та утилізації шахтного метану;
- > Істотне зменшення викидів парникових газів;
- > Створення додаткових робочих місць.



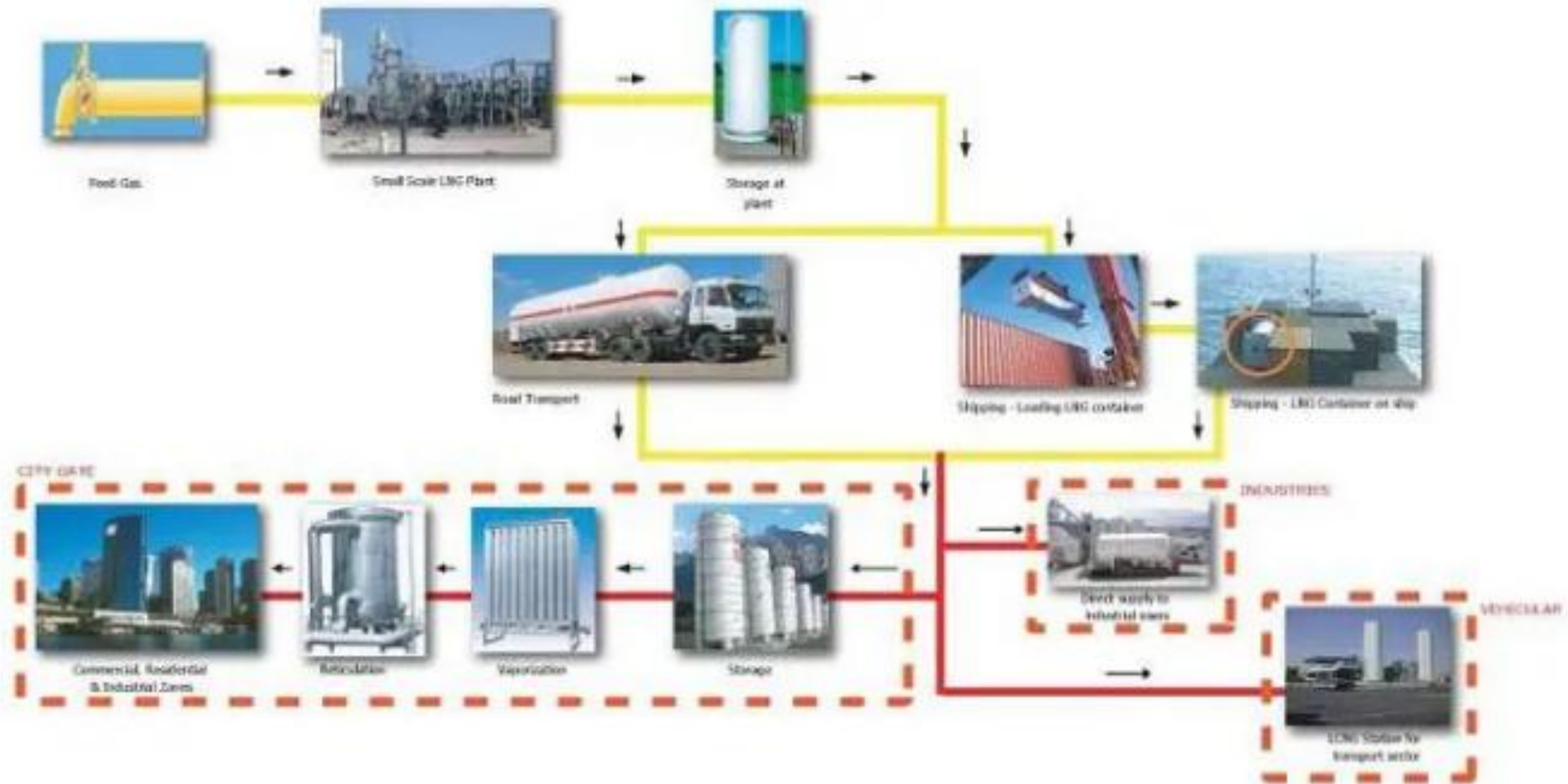
■ Вентиляційний метан, млн м³

■ Метан з дегазаційних систем, який потрапив в атмосферу, млн м³

■ Метан з дегазаційних систем, який було утилізовано, млн м³

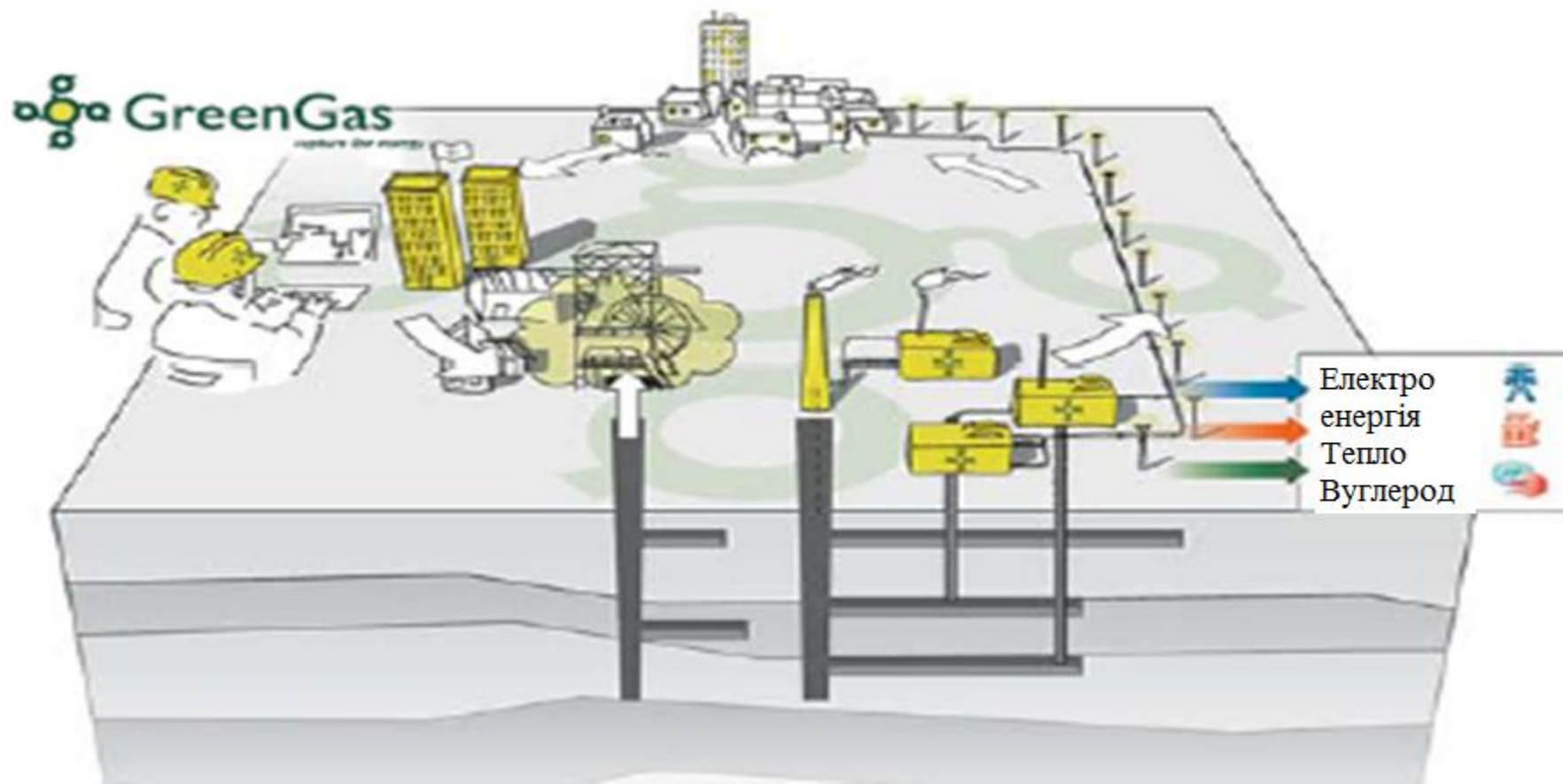


Схема утилізації шахтного метану в генераторній станції



ШАХТНИЙ МЕТАН ЯК СИРОВИНА

Схема ведення бізнесу компанії Green Gas International



Вуглецеві кредити ("carbon credits") – це узагальнений термін, що означає певний електронний актив, який надає дозвіл на викиди або підтверджує скорочення викидів певного обсягу парникових газів (як правило, один вуглецевий кредит відповідає 1 тонні викидів у CO_2 еквіваленті).

ПРОБЛЕМА ЯК ДЖЕРЕЛО ПРИБУТКУ



УТИЛІЗАЦІЯ МЕТАНУ - ДОСВІД КОМПАНІЇ GREEN GAS

Абсорбція (вбирання газів всім об'ємом твердого тіла,
що є абсорбентом)

Адсорбція (зв'язування молекул газу на поверхні твердої
речовини під дією сил молекулярного тяжіння)

Хімосорбція (хімічна сполука молекул газу і твердої
речовини)



**Сорбований
вугіллям
(більше 85%)**



**Метан
у вільному стані
10 %**

**Процеси утворення
метану:**

- біохімічний;
- термokatалітичний;
- радіаційно-хімічний;
- механічний;
- метаморфічний;
- космогенний

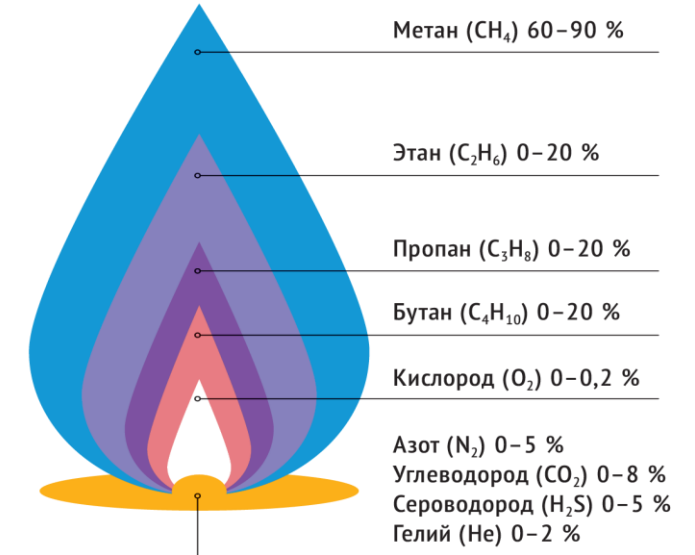
Умови утворення скупчень метану

1. Гірські породи повинні мати здатність акумулювати газ, тобто бути пористими і проникними

2. Наявність непроникних гірських порід (покришок), що обмежують переміщення (міграцію) газу по вертикалі

**Розчинений
у органіці
2-3%**

КОМПОНЕНТЫ ПРИРОДНОГО ГАЗА



3. Визначене положення скупчень вуглеводнів у товщі осадових порід (газ, вода)

Джерела виділення метану і їх класифікація

Для визначення кількості витягнутого газу, необхідно приводити його об'єм до стандартних умов, тобто до стандартної температури і тиску

Об'єм

Україна

м^3

США

м^3

Тиск

Україна

760 мм рт. ст.

США

14,695 фунт/дм²

Температура

Україна

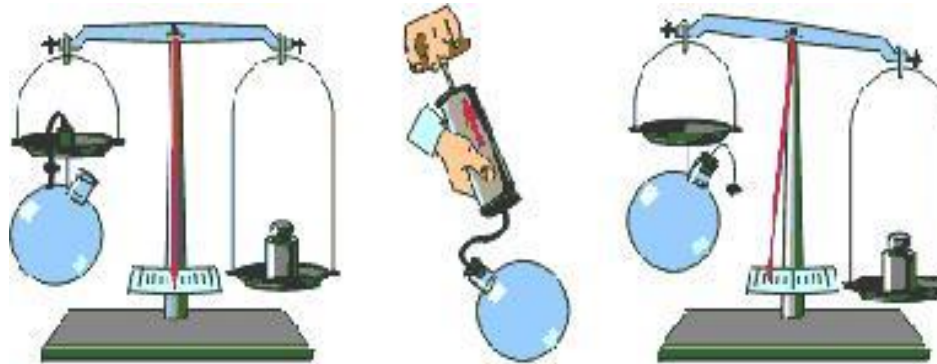
0° С

США

32° F (0° С)

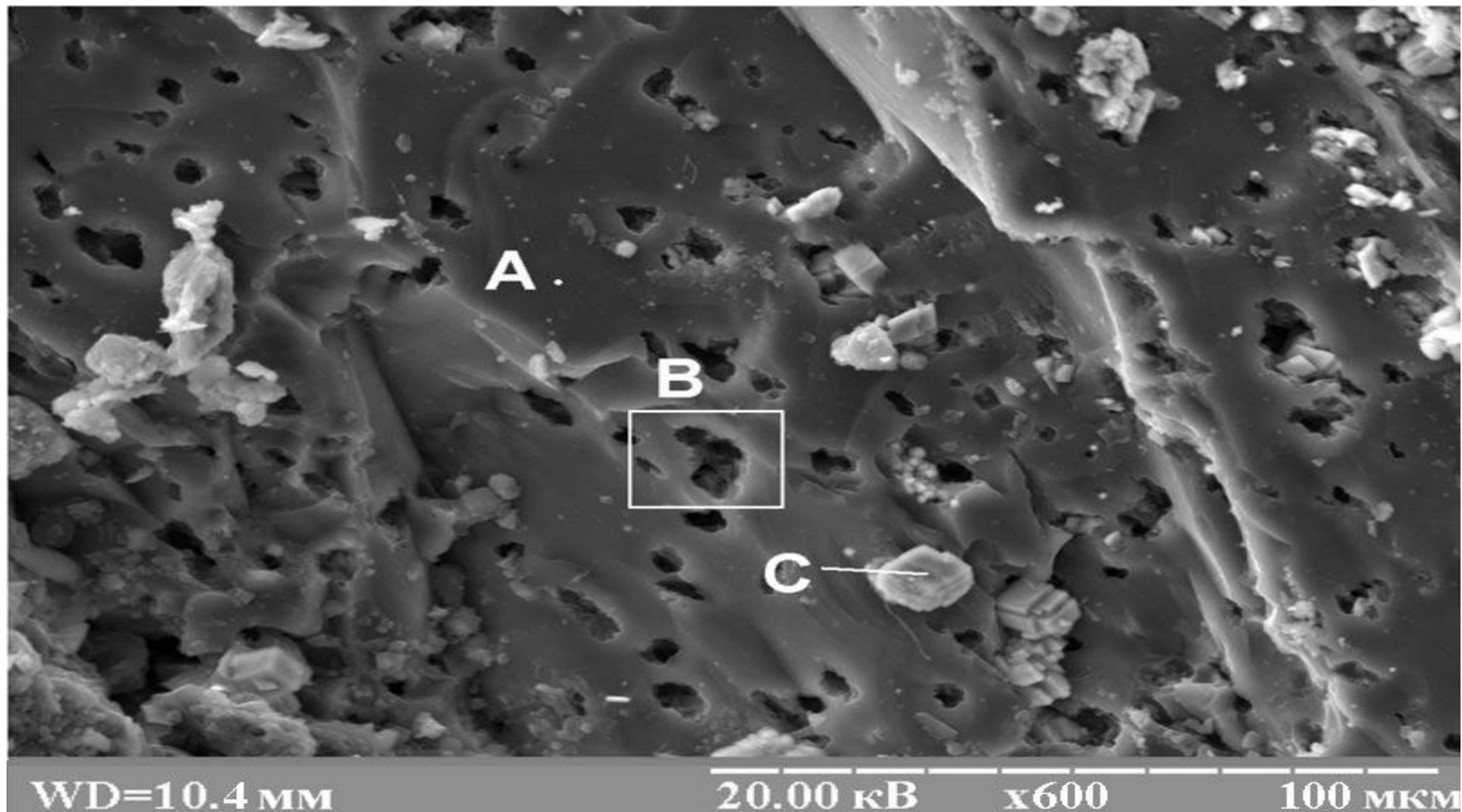
Основні фізичні властивості вуглеводневих газів

- 1) молекулярна вага;
- 2) питома вага в газоподібному стані;
- 3) питома вага в рідкому стані;
- 4) теплоємність;
- 5) пружність парів;



Визначення питомої ваги газу

- 6) температура кипіння і плавлення;
- 7) критичні температура і тиск;
- 8) прихована теплота випаровування;
- 9) кількість парів з одиниці об'єму рідини.

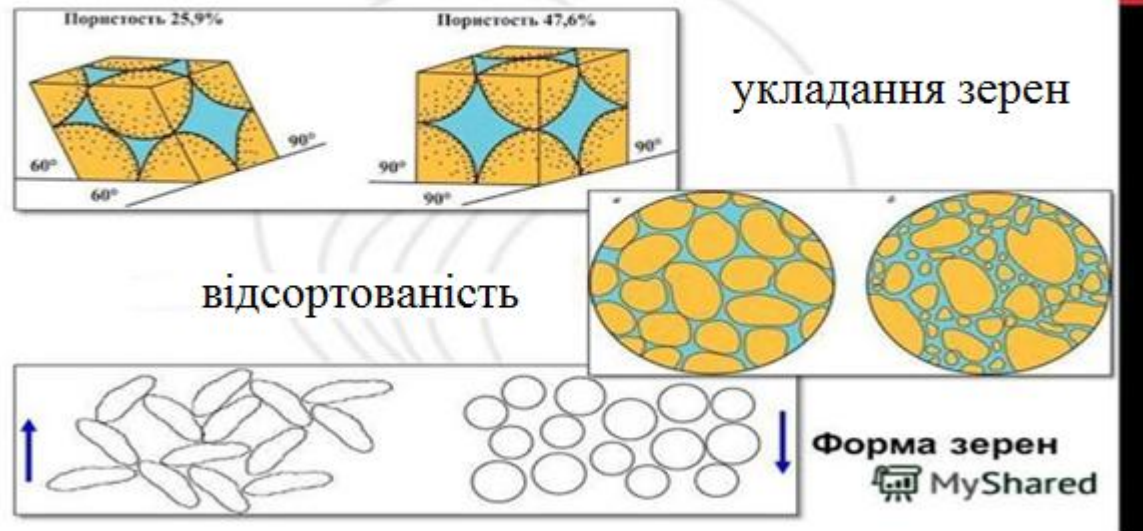


Зона з підвищеною пористістю і підвищеною сульфатною мінералізацією
А - поверхня вугілля; В - морфологія мікропор; С - гіпс (мінеральні включення)

Електронно-мікроскопічне зображення зразка вугілля, збільшення 600 крат



Пористість



Пористість (проникність) визначає здатність породи віддавати рідини і газу, що містяться в них, при перепадах тисків

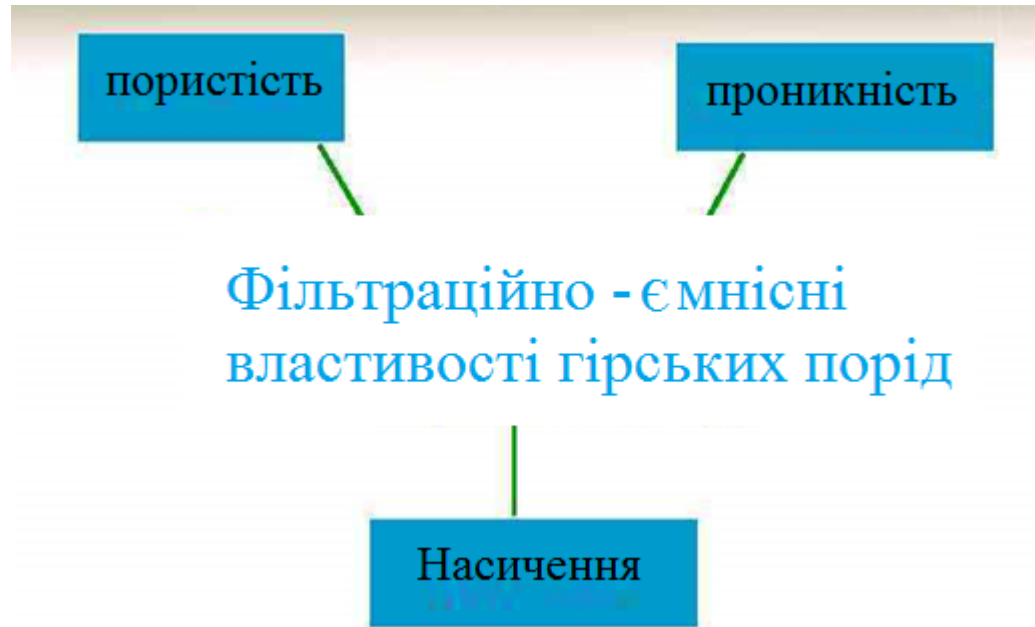
Показники пористості гірських порід

Породи	Пористість, %
вивержені глинисті сланці	0,05 , 1,25
глина	0,54 , 1,4
Піски	6,0 , 50,0
пісковики	6,0 , 52,0
Вапняки і доломіти	3,5 , 29,0
	0,6 , 33,0



МЕЖІ ВИМІРЮВАННЯ ПОРИСТОСТІ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Фільтраційно-ємнісні властивості -
здатність гірських порід вміщати і
пропускати через себе рідини і
гази.



Показники фільтраційно-ємнісних властивостей гірських порід

- гранулометричний склад порід;
- пористість;
- проникність;
- насиченість порід водою і газом;
- питома поверхня;
- капілярні властивості;
- механічні властивості.

Коефіцієнт фільтрації гірських порід

$$K_{\phi} = K_{\Pi} * \gamma / \eta$$

ФІЛЬТРАЦІЙНО-ЄМНІСНІ ВЛАСТИВОСТІ ГІРСЬКИХ ПОРІД

проникність

Diagram illustrating the relationship between flow rate Q , area A , and pressure difference ΔP for a porous medium. A group of irregular cells is shown with an arrow labeled A pointing to them. A green box labeled Q is connected to the cells by two red arrows. Below the cells, a double-headed arrow labeled l indicates a length. Below this, a green box labeled ΔP is shown. At the bottom, two green boxes are connected by the word "и" (and), containing the formulas $Q \propto A$ and $Q \propto \Delta P$.

$$Q = \frac{k \cdot A \cdot \Delta P}{l \cdot \mu}$$

Q	Об'ємні витрати рідини
ΔP	Перепад тиску
A	Площа перетину
l	Довжина пористої середовища
μ	Динамічна в'язкість

0.001 мД	неколектор (глина, граніт)
1-10 мД	середня
10-100 мД	висока
100-1000 мД	дуже висока
3 Д	суперколектори

Геотермічний ступінь (G) - відстань в метрах, при поглибленні на яке температура порід закономірно підвищується на 1 ° С,

$$G = H - h / T - t$$

де **G** - геотермічна щабель, м / ° С;
H - глибина місця виміру температури, м;
h - глибина шару з постійною температурою, м;
T - температура на глибині, ° С;
t - середня річна температура повітря на поверхні, ° С.

$$t = t_0 + \Gamma * \frac{H - h_0}{100}$$

де **t₀** - температура нейтрального шару;
H - глибина, визначення температури;
h₀ - глибина нейтрального шару

Геотермічний градієнт (Г) - характеризує зміну температури при зміні глибини на 100 м

$$\Gamma = (T - t) 100 / H - h,$$

Залежність між геотермічним щаблем і геотермічним градієнтом виражається співвідношенням:

$$\Gamma = 100 / G,$$

$$\Gamma = (T - t) 100 / H - h,$$

ЗАКОНОМІРНОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОРІД ПРИ ПОГЛИБЛЕНІ

Специфика добычи угольного метана и природного газа

Тема 2

Традиційний природний газ	Вугільний метан
Не наявні у вмісних породах. У колекторі є газо-водний контакт (ГВК)	Наявні у вмісних породах. У колекторі немає ГВК
Сконцентрований у макропорах (розміром від 0,001 до – 1 мм)	Сорбований вугіллям, породою, адсорбований на поверхні макропор
Вміст газу у воді з часом зменшується	Вміст газу у воді з часом збільшується
Вміст газу визначається за показником каротажу	Вміст вугільного метану визначають за показником керну
Для інтенсифікації припливів газу може застосовуватись ГРП, ПІВ та кислотні ванни	Кислотні ванни недопустимі, ГРП застосовуються за потреби, використання ПІВ обов'язкове
Газонасиченість не залежить від ступеня метаморфізму порід	Метанонасиченість залежить від ступеня метаморфізму порід
Проникність не залежить від напруженого стану гірських порід	Проникність сильно залежить від напруженого стану гірських порід
Інтенсифікація функцій свердловин неприпустима, бо негативно впливає на видобуток газу	Інтенсифікація функцій свердловин обов'язкова для максимального видобутку метану
Надходження газу у свердловину відбувається з порушенням закону Дарсі через сильний напір та високу швидкість фільтрації	Надходження метану у свердловину відбувається за законом Фіка, а видобування за законом Бойля – Маріотта через слабкий натиск і низьку швидкість фільтрації

Порівняльний аналіз специфіки видобутку вугільного газу метану і природного газу свідчить, що геолого-технічні, гідрологічні, геомеханічні, фізичні, петрографіческие особливості і сама методика вилучення метану з вугільних пластів настільки відрізняються від традиційного видобутку природного газу, що пропоновані методи, запозичені з нафтогазової промисловості, в більшості своїй виявилися малоефективними. Джерело: Журнал "Горная Промышленность" №1 (119) 2015, стр.28

Марки вугілля	Літерне позначення марок	Вихід летючих речовин $V_g, \%$	зміст метану CH_4 , м ³ / т сухої беззольної маси	Теплота згоряння $Q_{гб}$, ккал / кг
довгополум'яне	Д	>39	0 - 5	7500—8000
Газове	Г	36	5 - 15	7900—8600
Жирне	Ж	30	10 - 20	8300—8700
Коксове	К	20	10 - 25	8400—8700
Тоще	Т	12	10 - 30	7300—8750
Антрацити	А	менше 8	15 - 35	8100—8750



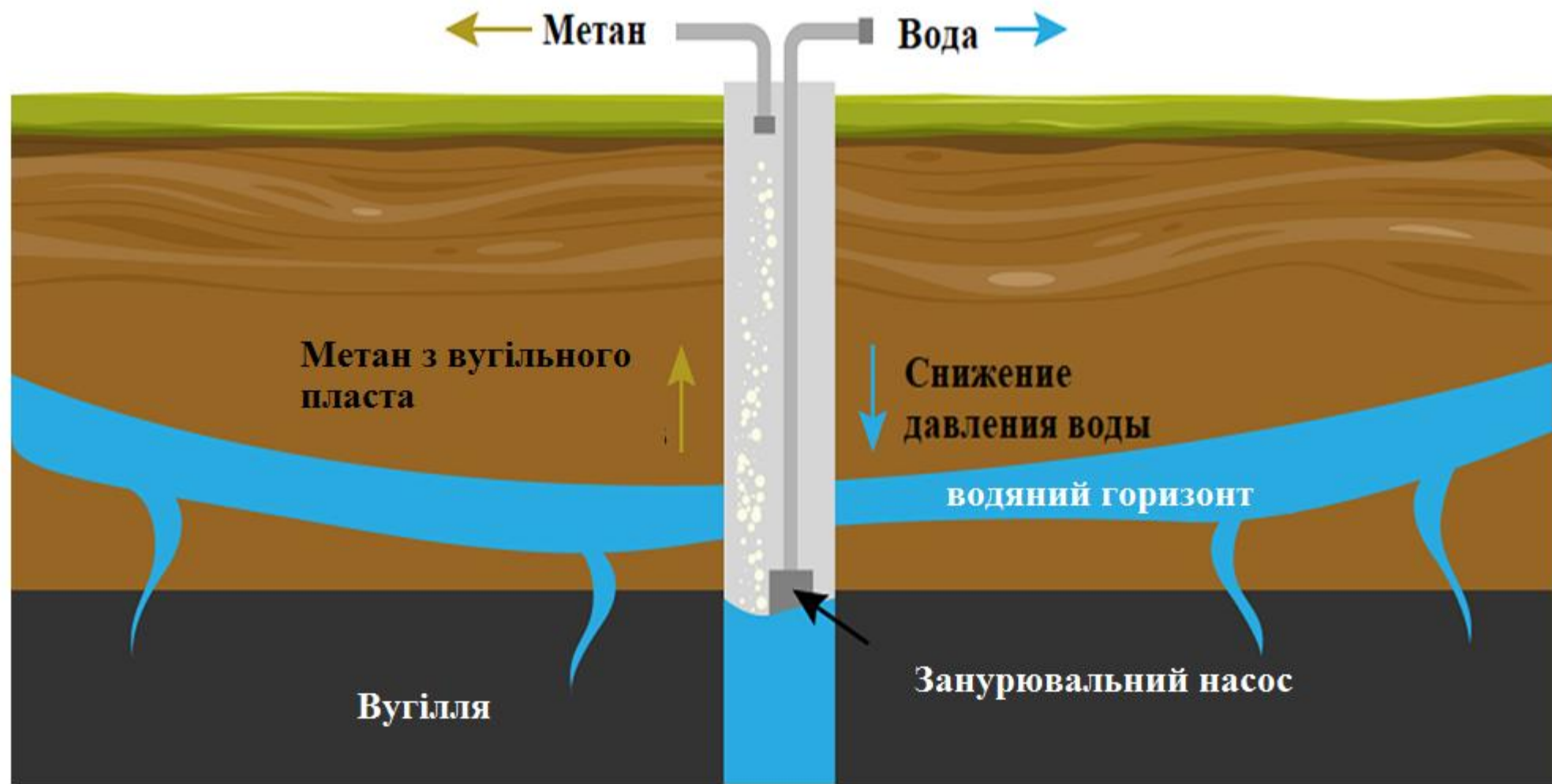
ЗМІСТ ГАЗУ-МЕТАНУ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ

Звичайне - тривало існуюче, повільне, безперервне в часі виділення метану з оголених поверхонь вугілля і породи за рахунок фільтрації через дрібні тріщини і пори з глибини масиву в напрямку падіння тиску.

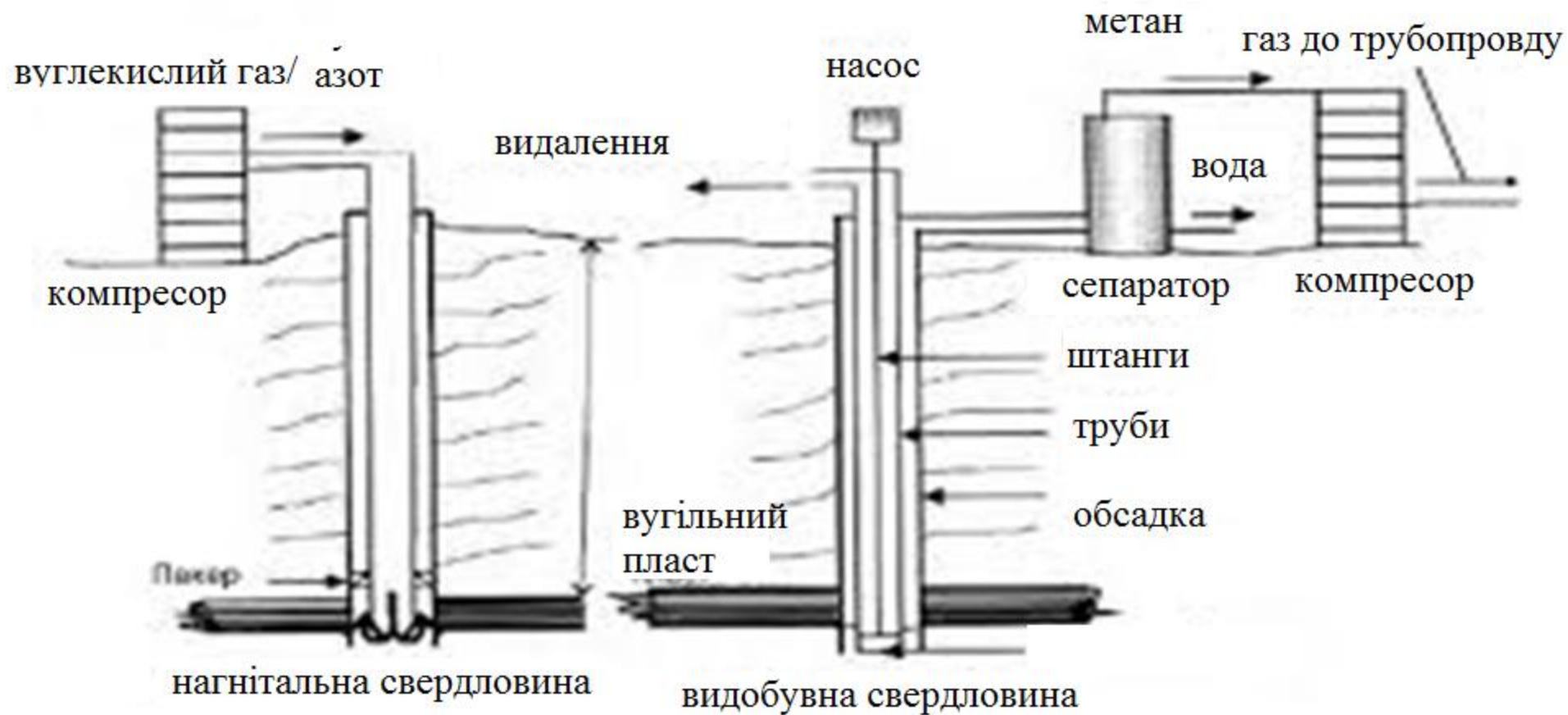
Суфлярне - це виділення метану з видимих тріщин і порожнин у вугільному або породному масиві природного або експлуатаційного походження з інтенсивністю не менше 1 м³ / хв на ділянці виробки довжиною не більше 20 метрів.

Раптові викиди - це місцеве, дуже короткочасне (кілька десятків секунд) виділення великої кількості (від декількох сотень до 500 тисяч кубометрів) газу при одночасному винесенні значної (тисячі тонн) кількості вугілля або подрібненої породи



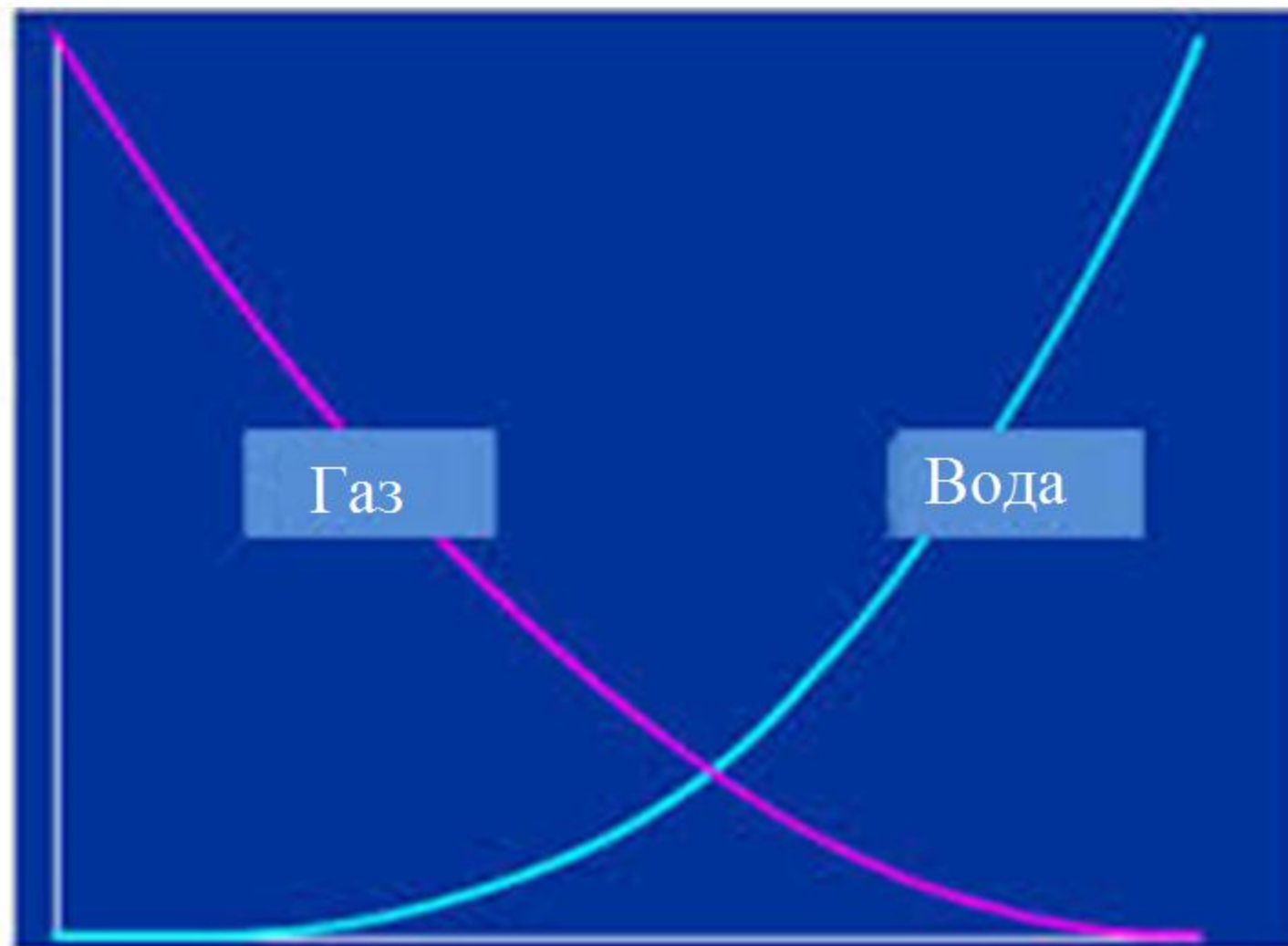


МЕТАН ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ



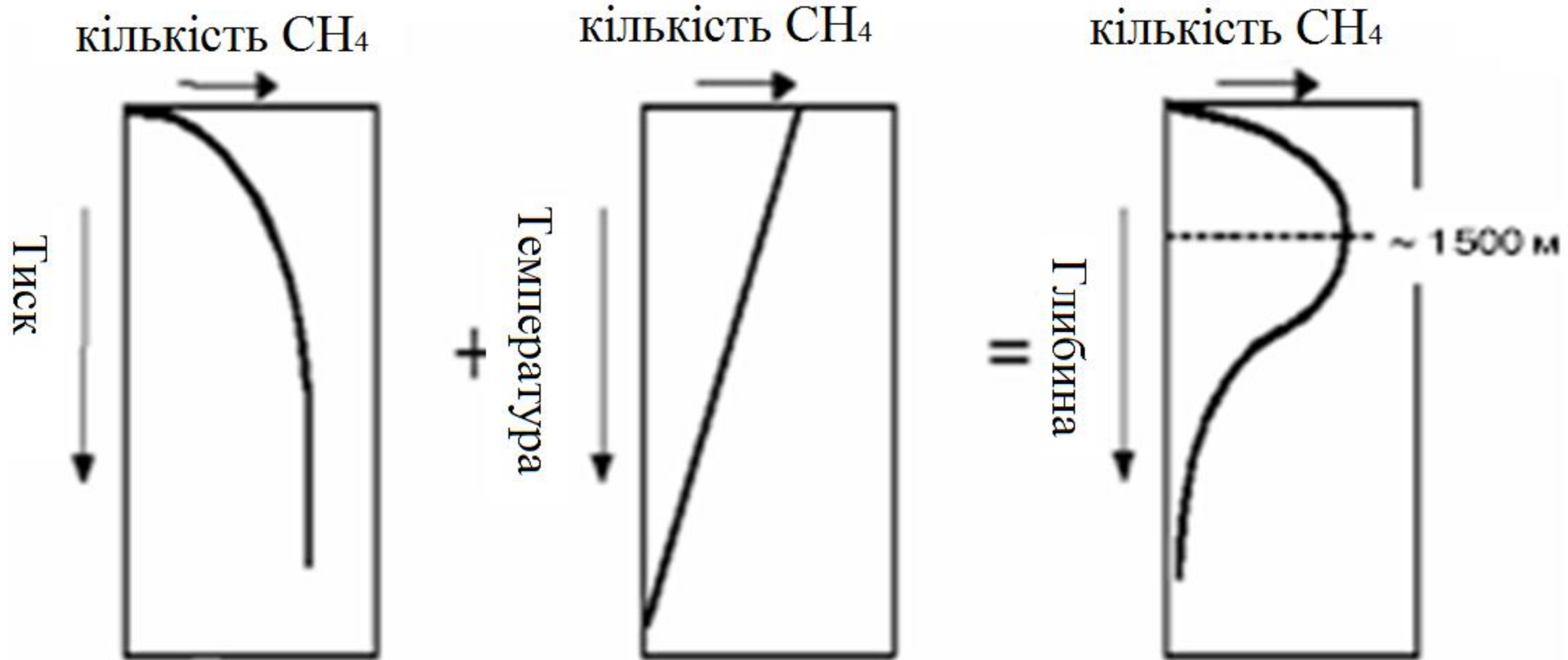
СХЕМАТИЧНЕ ВІДОБРАЖЕННЯ ВИЛУЧЕННЯ МЕТАНУ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ

Відносна проникність



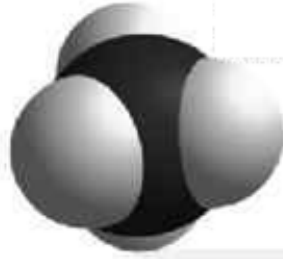
Водонасиченість

ГАЗОПРОНИКНІСТЬ ВУГІЛЛЯ



ПОКАЗНИКИ ВИЛУЧЕННЯ МЕТАНУ ВІД ГЕОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ

МЕТАН, ЙОГО ВЛАСТИВОСТІ ТА ВИДИ ВИДІЛЕННЯ



Метан (CH_4) – газ без кольору, запаху та смаку. Малорозчинний у воді, вдвічі легший за повітря. Метан нетоксичний і безпечний для здоров'я людини. Вибухонебезпечний при концентрації повітря від 4,4 % до 17 %. Найбільш вибухонебезпечна концентрація 9,5%, якщо в рудничній атмосфері у зваженому стані знаходиться вугільний пил, вибухи метаноповітряної суміші може відбутися і при концентрації метану 2 – 3%

Звичайне

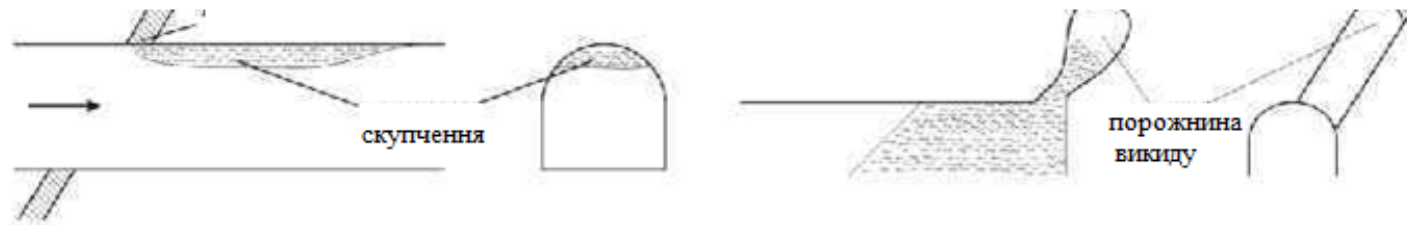
виділення метану з невидимих на око тріщин оголених поверхонь дією сил тиску газу в масиві та при переході газу з сорбованого стану у вільний.

Суфлярне

це виділення метану з видимих тріщин і порожнин природного або експлуатаційного походження з інтенсивністю 1 м³ /хв і більше за довжиною виробітку не більше 20 м, що супроводжується, як правило, звуковими ефектами (шипінням, свистом)

Раптове

це газодинамічний явище, яке супроводжується швидкопротікаючим руйнуванням привибійної частини пласта (масиву порід) під дією сил гірського тиску, тиску газу в пласті та гравітаційних сил.

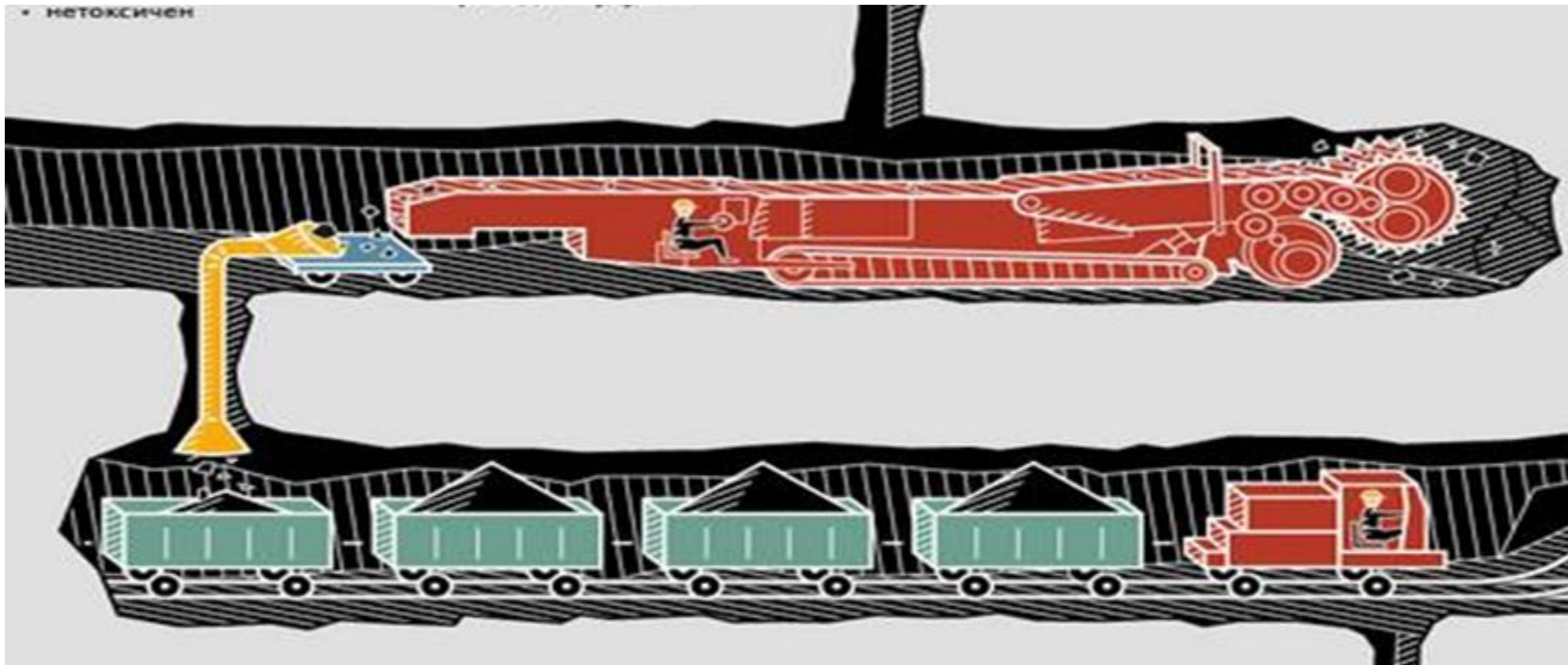


4

ВЗРЫВООПАСНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ МЕТАНА



ДЖЕРЕЛА ВИДІЛЕННЯ МЕТАНУ В ШАХТІ



ДЖЕРЕЛА ВИДІЛЕННЯ МЕТАНУ В ШАХТІ

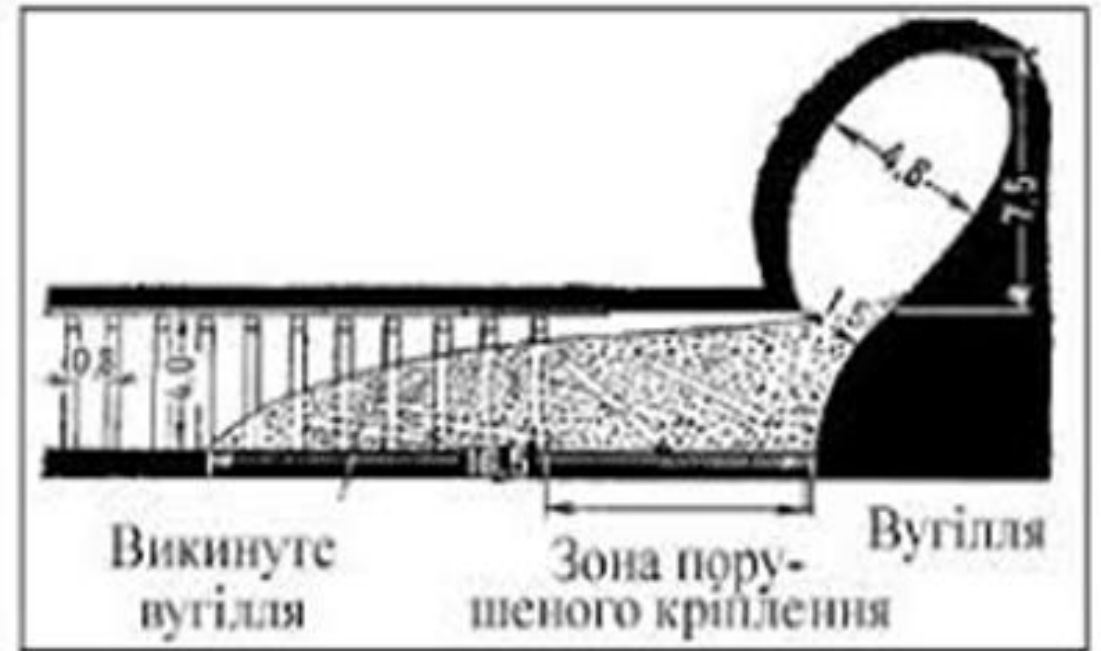
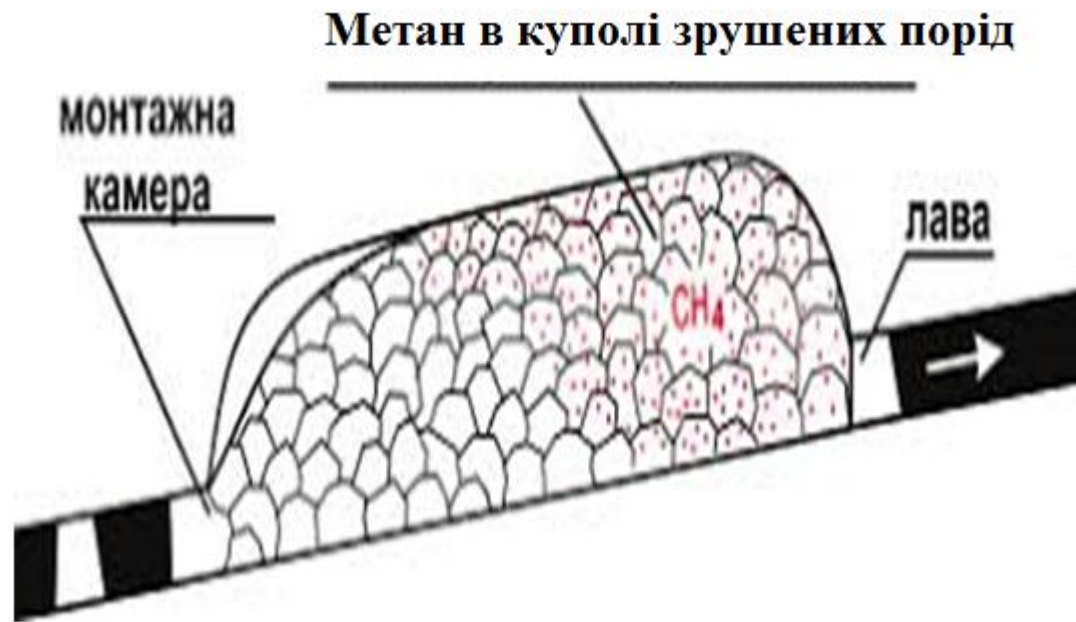
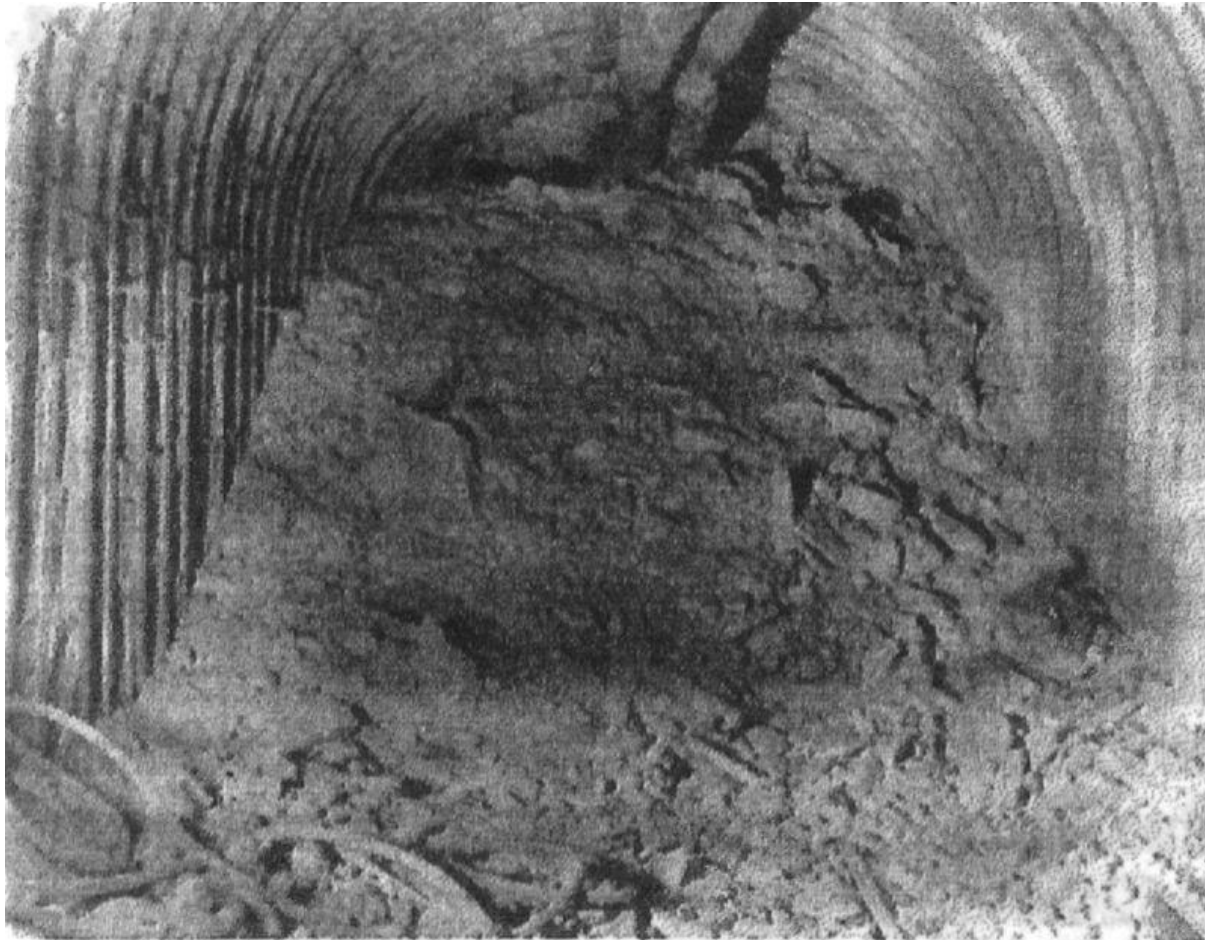


Рис. Схема раптового викиду вугілля та газу.



НАСЛІДКИ ВИДІЛЕННЯ МЕТАНУ В ШАХТІ

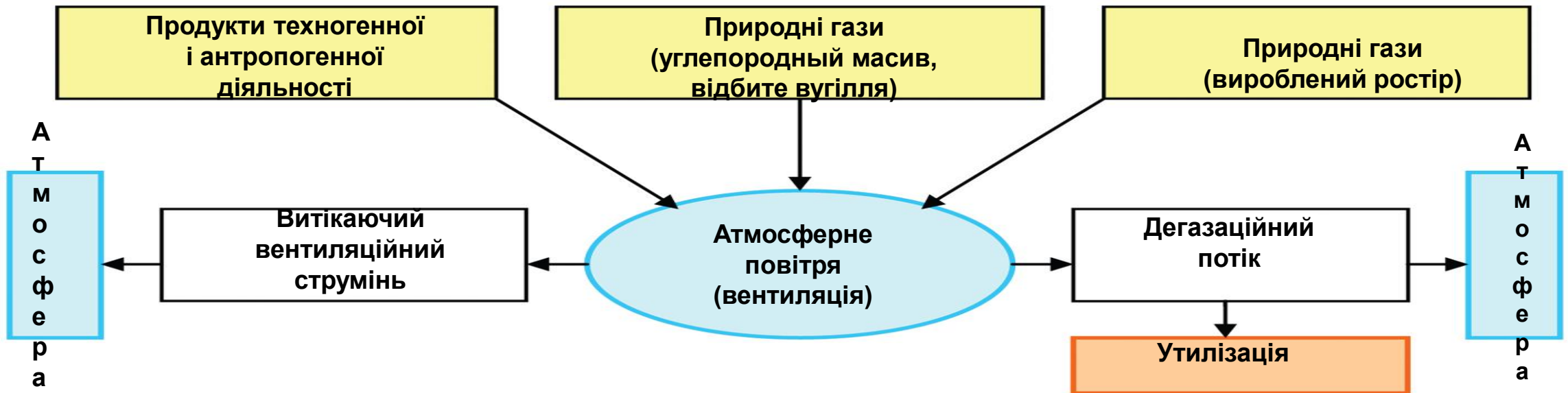
Вентиляційний струмінь, трубопровід	Неприпустима концентрація метану, % за об'ємом
Що виходить з очисної або тупикової виробки, камери, виїмкової ділянки, підтримуваної виробки	Более 1
Витікаюча крила, шахти	Більше 0,75
Що поступає на виїмкову ділянку, в очисні виробки, до вибоїв тупикових виробок і в камери	Більше 0,5
Місцеве скупчення метану в очисних, тупикових і інших виробках	2 і більше
На виході з камер змішувачів	2 і більше
Трубопроводи для ізолюваного відведення метану за допомогою вентиляторів)	Більше 3,5
Дегазаційні трубопроводи	от 3,5 до 25



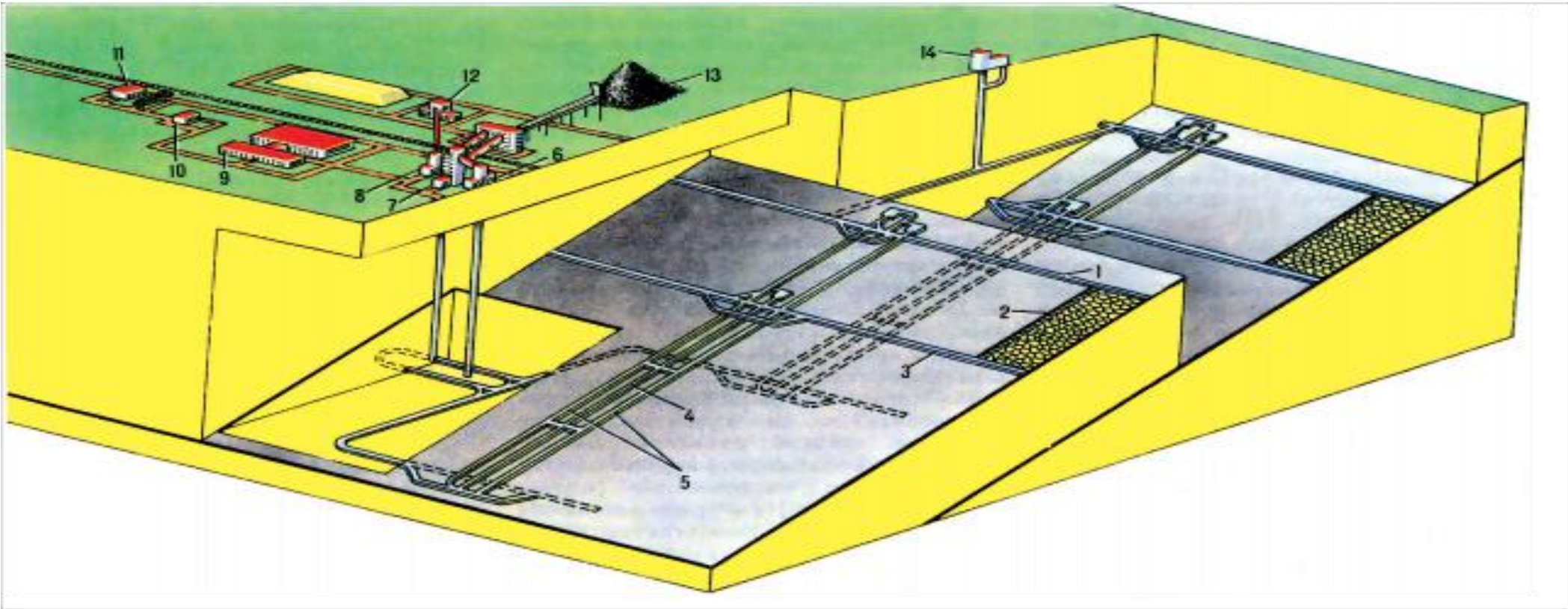
<u>Категорія шахти за метаном</u>	<u>Відносна метановість шахти, м³/т</u>
I	До 5
II	Від 5 до 10
III	Від 10 до 15
<u>Надкатегорійні</u>	15 і більше; шахти, небезпечні за <u>суфлярним виділенням</u>
Небезпечні за раптовими викидами	<u>Шахти, що розробляють пласти, небезпечні за <u>внезапними викидами вугілля і газу, шахти з <u>викидами породи</u></u></u>



Принципова схема формування вихідних газоповітряних потоків

***Умови формування вихідних газоповітряних потоків***

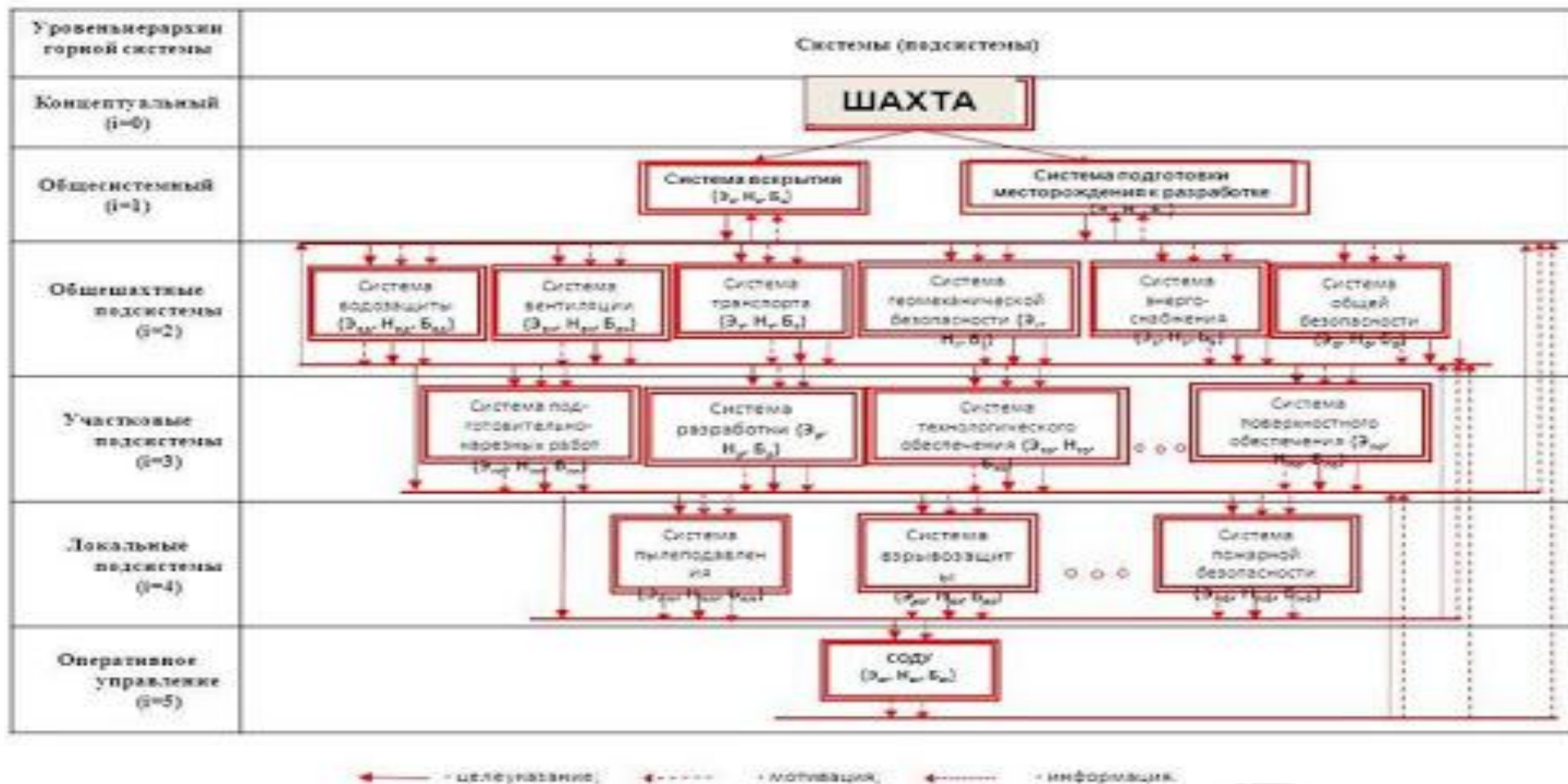
При розробці вугленосних відкладень формуються газоповітряні потоки, які утворюються в процесі розведення газу, що виділився атмосферним повітрям і метаноповітряною сумішшю, відсмоктуваної з виробленого простору і пробурених свердловин в углепородному масиві



1 - вентиляційний штрек; 2 - очисний вибій; 3 - відкаточний штрек; 4 - бремсберг; 5 - ходки;
 6 - спорудження ствола; 7 - будівля сортування; 8 - спорудження допоміжного ствола;
 9 - адміністративна будівля; 10 - електропідстанція; 11 - лісовий склад; 12 - породний бункер;
 13 - аварійний склад вугілля; 14 - другий вентиляційний ствол.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС ВУГІЛЬНОЇ ШАХТИ

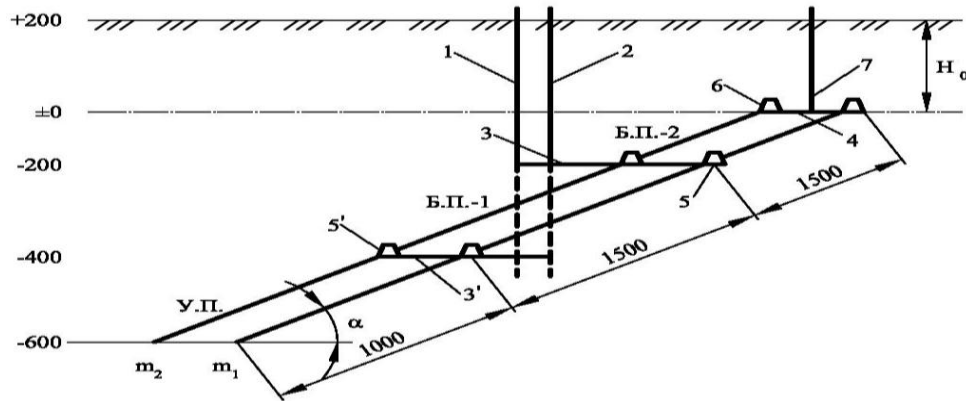




ВИРОБНИЧА СИСТЕМА ВУГЛЬНОЇ ШАХТИ

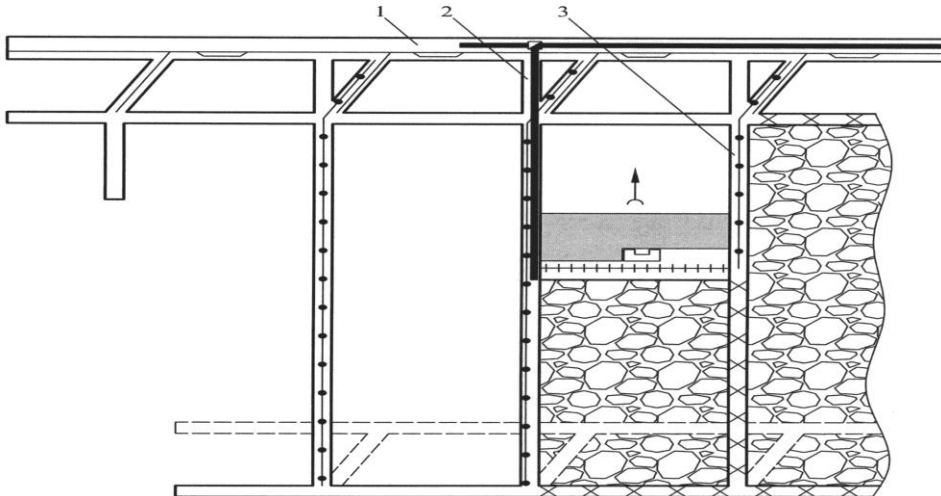
Схеми розкриття і підготовки газовугільних родовищ

Багатогоризонтна схема розкриття

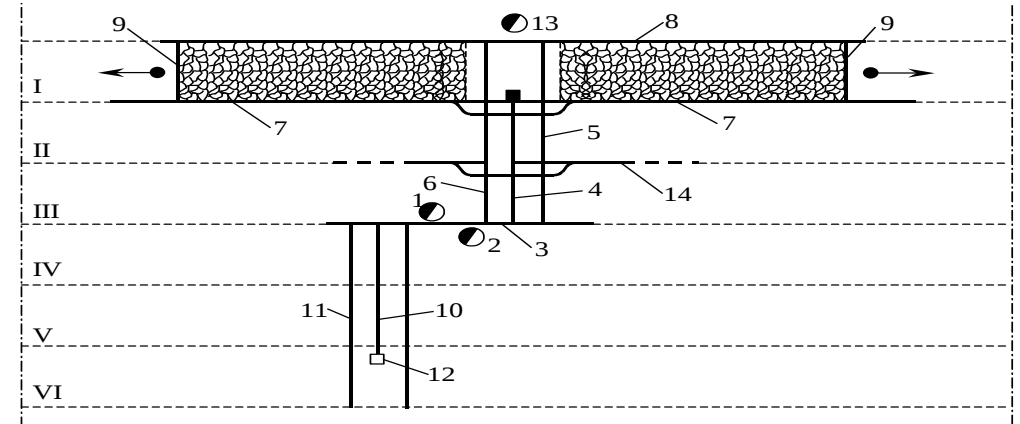


1 - головний ствол; 2 - допоміжний ствол; 3 - капітальний квершлаг; 4 - вентиляційний квершлаг; 5 - головний відкочувальний штрек (ОШ); 6 - вентиляційний штрек (ВШ); 7 - шурф.

Погоризонтний спосіб підготовки

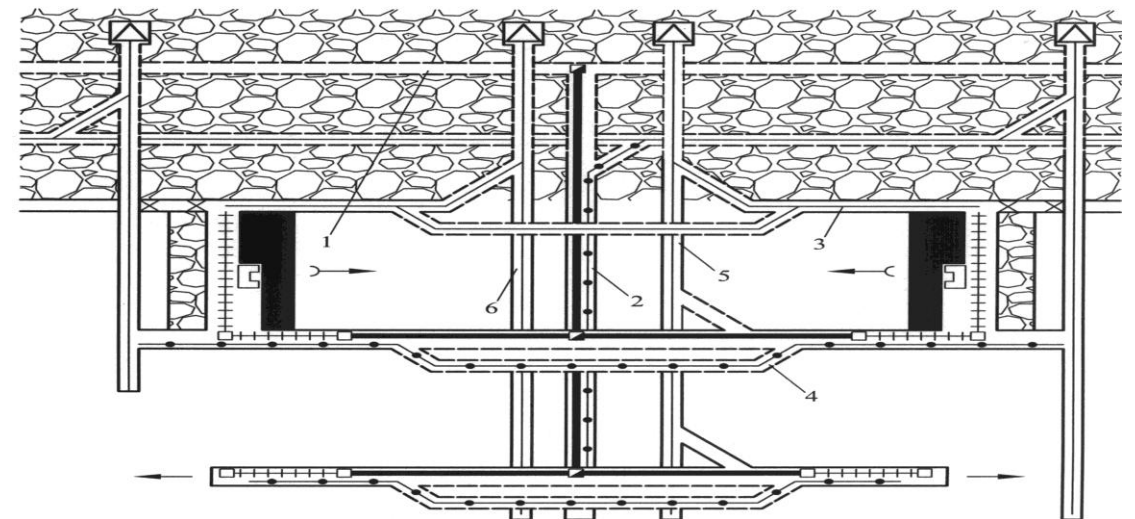


Поверховий спосіб підготовки



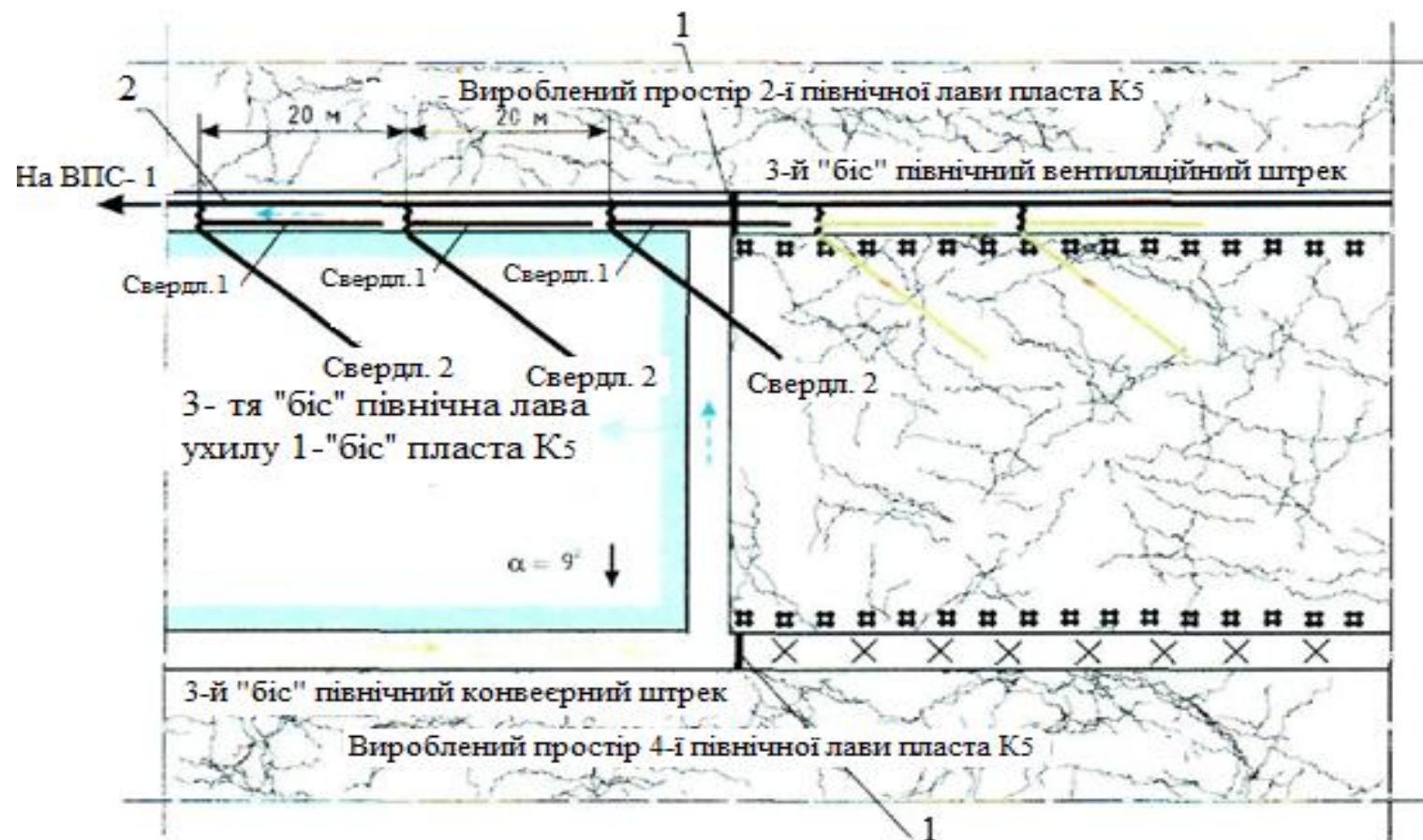
1 - головний ствол; 2 - допоміжний ствол;
3 - головний ОШ; 4 - бремсберг; 5, 6, 10, 11 - ходки;
7 - поверховий ОШ; 8 - поверховий ВШ; 9 - лава;
12 - ухил; 13 - шурф

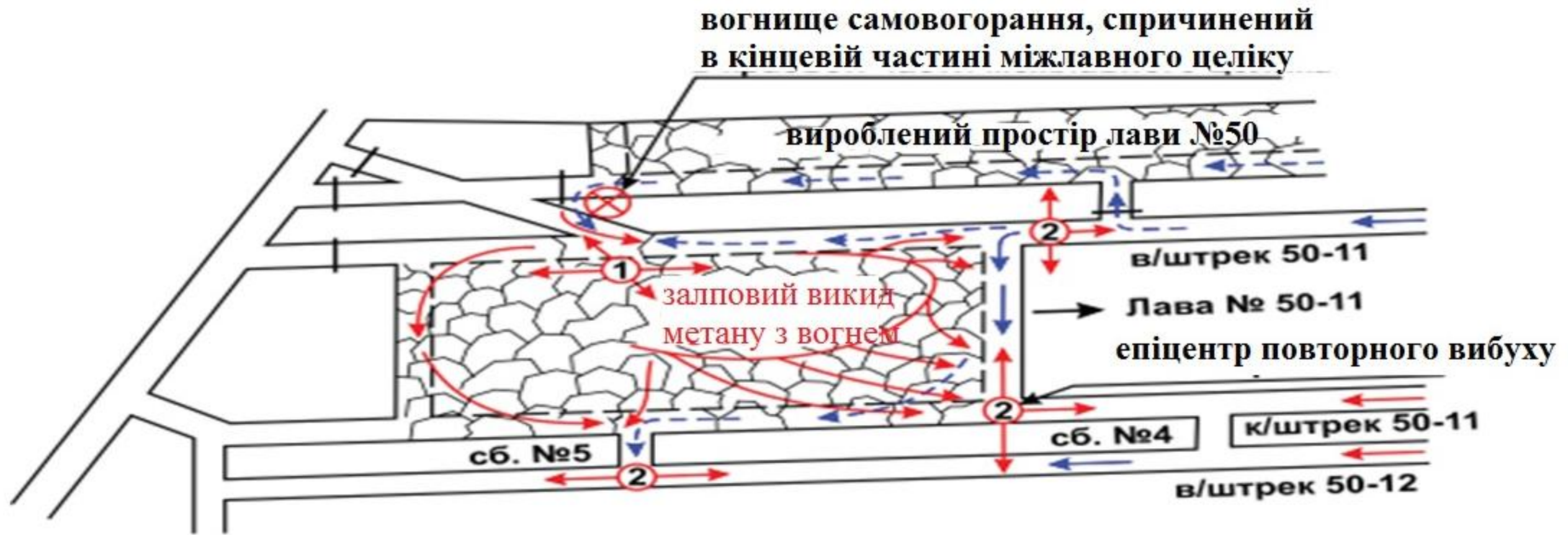
Панельний спосіб підготовки

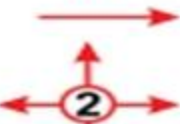




ЗМІСТ СИСТЕМИ МЕТАНОБЕЗПЕКИ





-  первинний вибух метану у виробленому просторі, ініційований осередком самозаймання вугілля, що виник в активізованому в осередку самозаймання, при надходженні в нього витоків повітря з в.штреку 50-11
-  викид вибухової хвилі з виробленого простору горящего метану
-  другий викид метану та вугільного пилу в очисний вибій та в плилегли гірничі виробки
-  свіжа труя повітря
-  витік повітря в вироблений простір

ОСЕРЕДКИ САМОЗАЙМАННЯ І ВЗРИВУ МЕТАНУ

- з оголеної поверхні вугільного пласта загасає у часі, описується залежністю, близькою до експоненційної

з відбитого вугілля аналогічно метановиділенню з оголеної поверхні пласта, однак загасає значно швидше, залежить від газоносності, проникності і фракційного складу відбитого вугілля;

- в тупиковій виробці складається з газовиділення з оголеною поверхні пласта і з відбитого вугілля, а також з газовиділення при підливних роботах. При проведенні вироблення комбайнами основне газовиділення відбувається з відбиватися вугілля;

- при буропідливному способі проведення виробок основне газовиділення при вибухових роботах. При цьому в повітря, крім метану, виділяються і газоподібні продукти розкладання ВВ

- з вироблених просторів видобувних діляниць в вентиляційний штрек зростає в міру віддалення від лави, досягаючи межі на відстані 100-250 м залежно від способу управління покрівлею, властивостей порід, що вміщують, наявності зближених пластів, схем вентиляції.

- виділення в лаву відбувається з оголеною поверхні пласта, з відбитого вугілля і виробленого простору. Сумарне метановиділення в лаву збільшується в напрямку від входу до виходу.

- виділення в лаву відбувається з оголеною поверхні пласта, з відбитого вугілля і виробленого простору. Сумарне метановиділення в лаву збільшується в напрямку від входу до виходу.



ВИДИ МЕТАНОВИДІЛЕННЯ В ШАХТІ І ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

проблеми розробки
високогазоносних вугільних
родовищ

**Основна проблема вугільного метану –
метанобезпека вугільних шахт**

**Друга за значимістю проблема - підвищення
ефективності видобутку вугілля**

**Третя проблема вугільного метану - проблема його використання з
метою підвищення рентабельності вуглевидобутку.**

Четверта проблема вугільного метану - екологічна

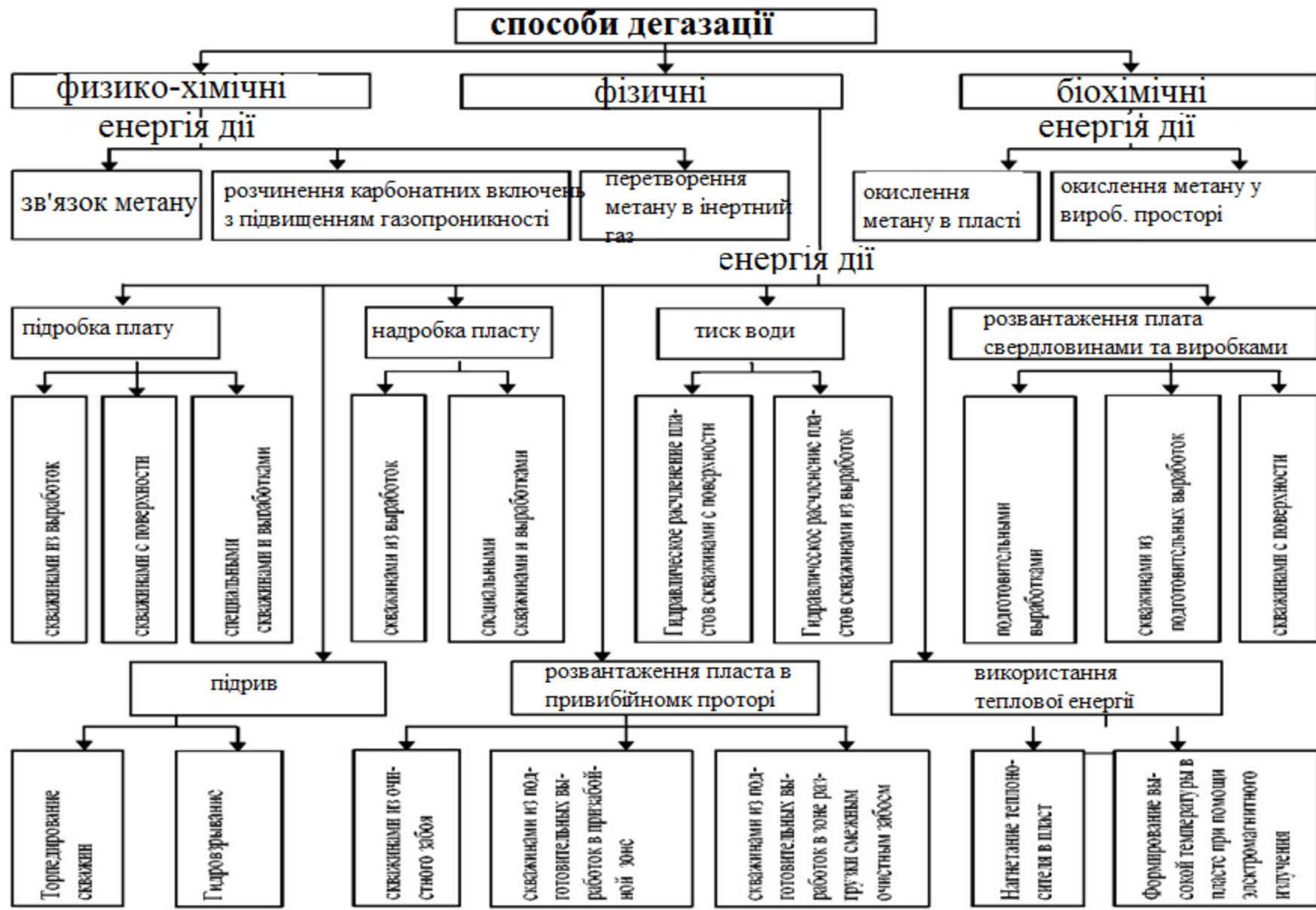


**Поетапна
підготовка і
послідовність
освоєння
метановугільних
родовищ**

**Доцільність
застосування
різних методів
інтенсифікації
газовіддачі пластів**

**Обґрунтування
напрямів
використання
і переробки
низьконапірного
метану**





КЛАСИФІКАЦІЯ СПОСОБІВ ДЕГАЗАЦІЇ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ

Фактори, що визначають перспективні ділянки промислового добування метану:

- | | |
|----|---|
| 1 | <i>Максимальна вугленасиченість деформованої гірничими роботами області гірського масиву;</i> |
| 2 | <i>Залишкова газоносність вугільних пластів в порушеній зоні;</i> |
| 3 | <i>Необхідна і достатня ступінь порушеності підроблених, а також надроблених вугільних пластів, що визначає підживлення колектора метаном</i> |
| 4 | <i>Найбільші площі відпрацьованих ділянок;</i> |
| 5 | <i>Відсутність (мінімальне наявність) випадків виклинювання вугільних пластів в районі обраної ділянки;</i> |
| 6 | <i>Пізні роки відпрацювання вугільних пластів;</i> |
| 7 | <i>Наявність і цілісність екрануючих порід, що перешкоджають дренажу (міграції) метану на денну поверхню</i> |
| 8 | <i>Пологе залягання вугільних пластів;</i> |
| 9 | <i>Спадний порядок відпрацювання пластів;</i> |
| 10 | <i>Цілісність пластів, що є водоупорами водоносних горизонтів;</i> |
| 11 | <i>Низький рівень затоплення вироблених просторів.</i> |

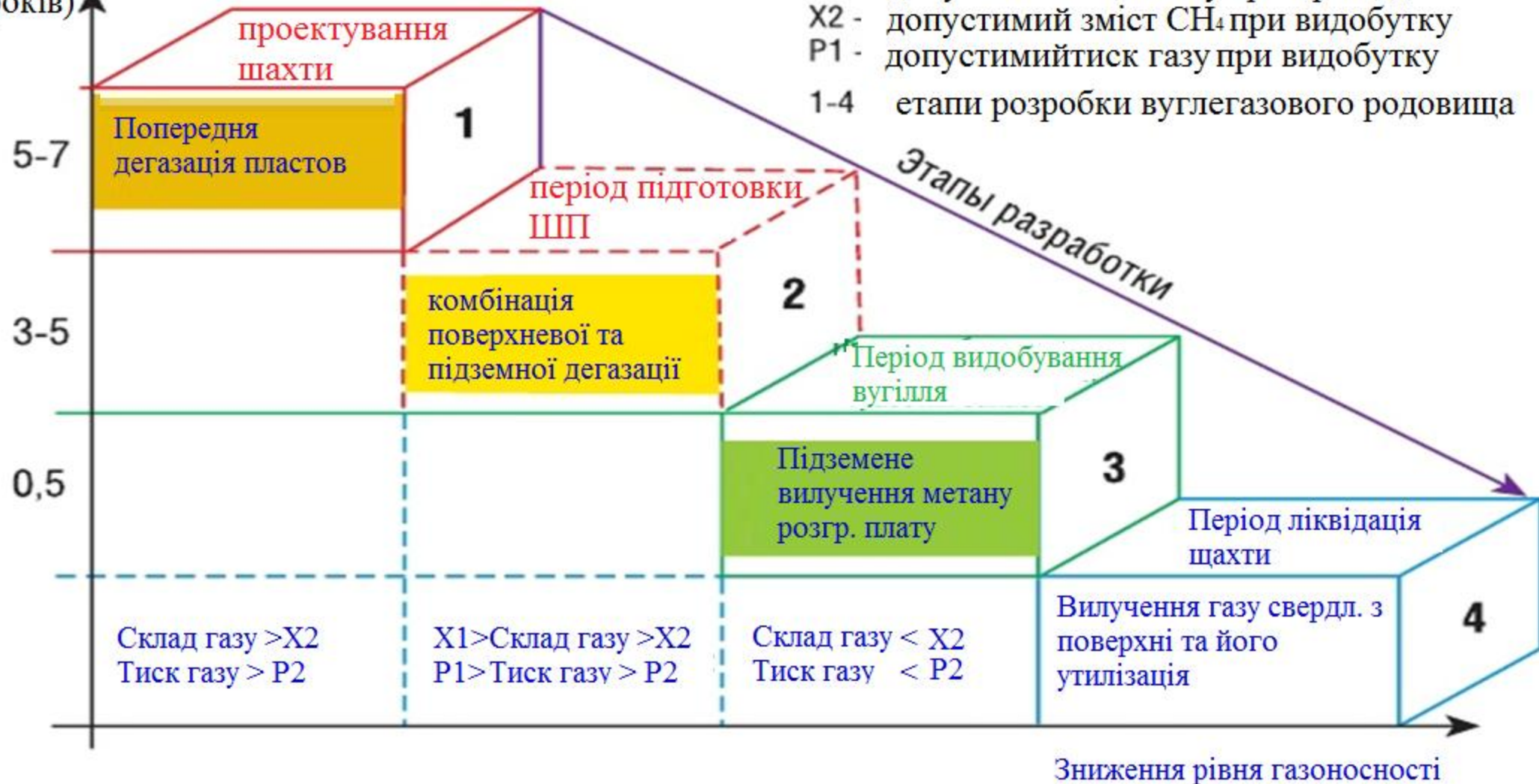


Умови закладення метанодобувних свердловин з поверхні

1	<i>Незабудованість території або достатня віддаленість від житлових будівель (норми регламентовані законом);</i>
2	<i>Відсутність на поверхні шахти в обраних точках закладення свердловин всіляких водойм, що перешкоджають проведенню робіт;</i>
3	<i>Наявність (можливість облаштування) в обраних точках закладення свердловин рівних ділянок для розміщення бурової установки та іншого обладнання для виконання робіт</i>
4	<i>Наявність ділянки достатньої площі для розміщення техніки і обладнання, необхідних для виробництва всього комплексу робіт;</i>
5	<i>Наявність поблизу джерел електропостачання та водопостачання;</i>
6	<i>Наявність (можливість облаштування) під'їзних шляхів;</i>
7	<i>Наявність (можливість облаштування) під'їзних шляхів;</i>



CH₄
Вилучення
(років) ↑



Модель комплексного освоєння газовугільного родовища

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЄННЯ ГАЗОВУГІЛЬНИХ РОДОВИЩ

- 1** *Високі темпи ведення гірничо-підготовчих робіт, як умова своєчасного забезпечення фронту очисних робіт;*
- 2** *Забезпечення оптимальних дебітів газодобувих свердловин з метою ліквідації «газового бар'єру» з видобутку вугілля;*
- 3** *Створення сприятливих умов для транспортування видобутих обсягів метану в підземних виробках складної конфігурації;*
- 4** *Висока, технічно можлива повнота вилучення з надр вугілля і метану, укладеного в вуглепородному масиві;*
- 5** *Сучасний рівень технічної безпеки виробництва та зниження екологічного навантаження на навколишнє середовище.*



Для реалізації принципів необхідно в традиційну структуру вугільної шахти включити підсистему завчасного вилучення (видобутку) метану

Функції підсистеми:

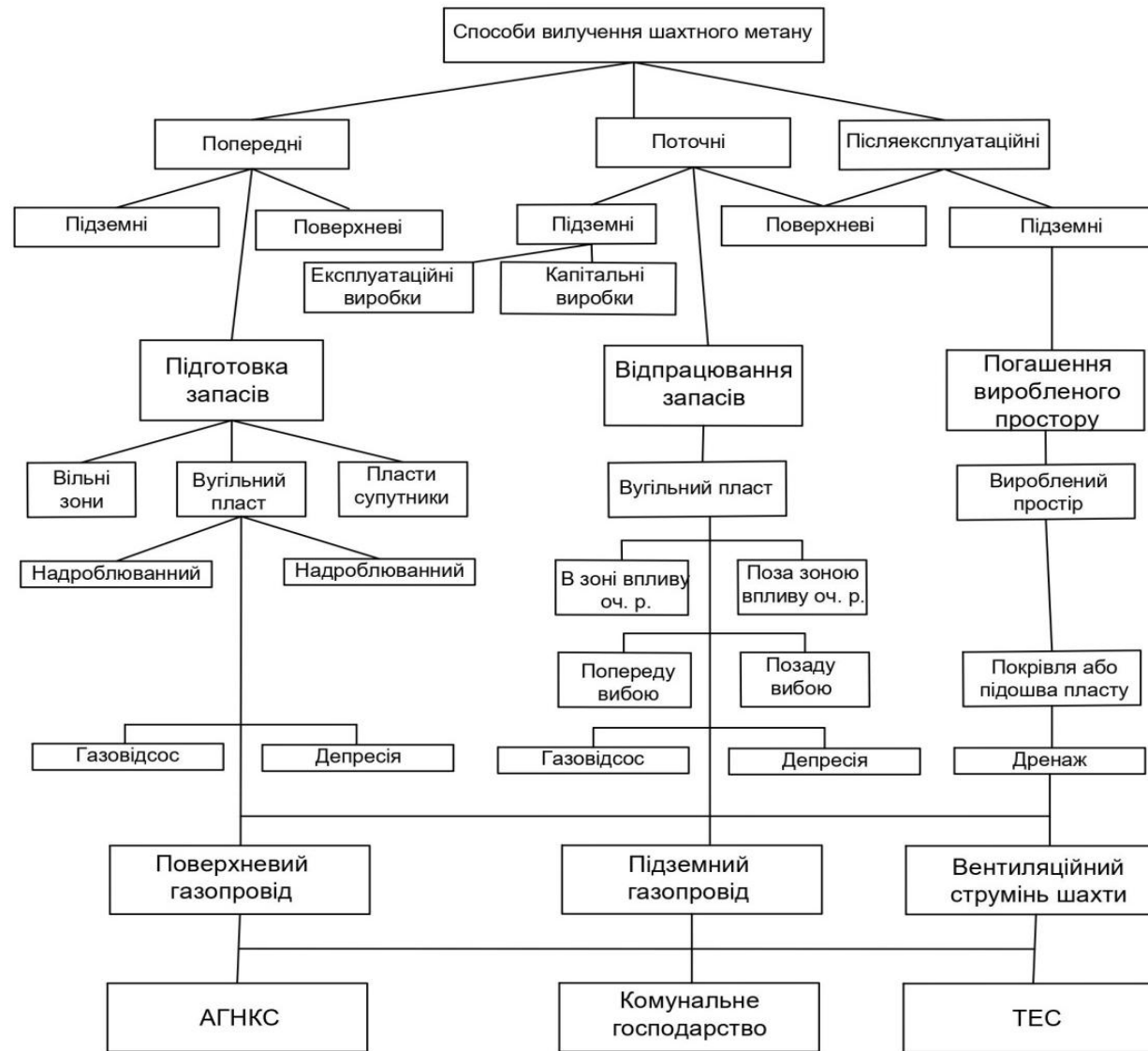
- *завчасне витягування (видобуток) метану (до початку гірничих робіт з підготовки родовища до очисної виїмки вугілля) з вуглевмісної товщі і вугільних пластів в межах гірничого відводу;*
- *видобуток метану з ділянок, суміжних з гірничим відводом підприємства (по глибині вуглевмісної товщі, падіння і простягання вугільних пластів);*
- *витяг метано-повітряної суміші з виробленого простору і подробленої вуглевмісної товщі (при завершенні робіт з видобутку вугілля).*



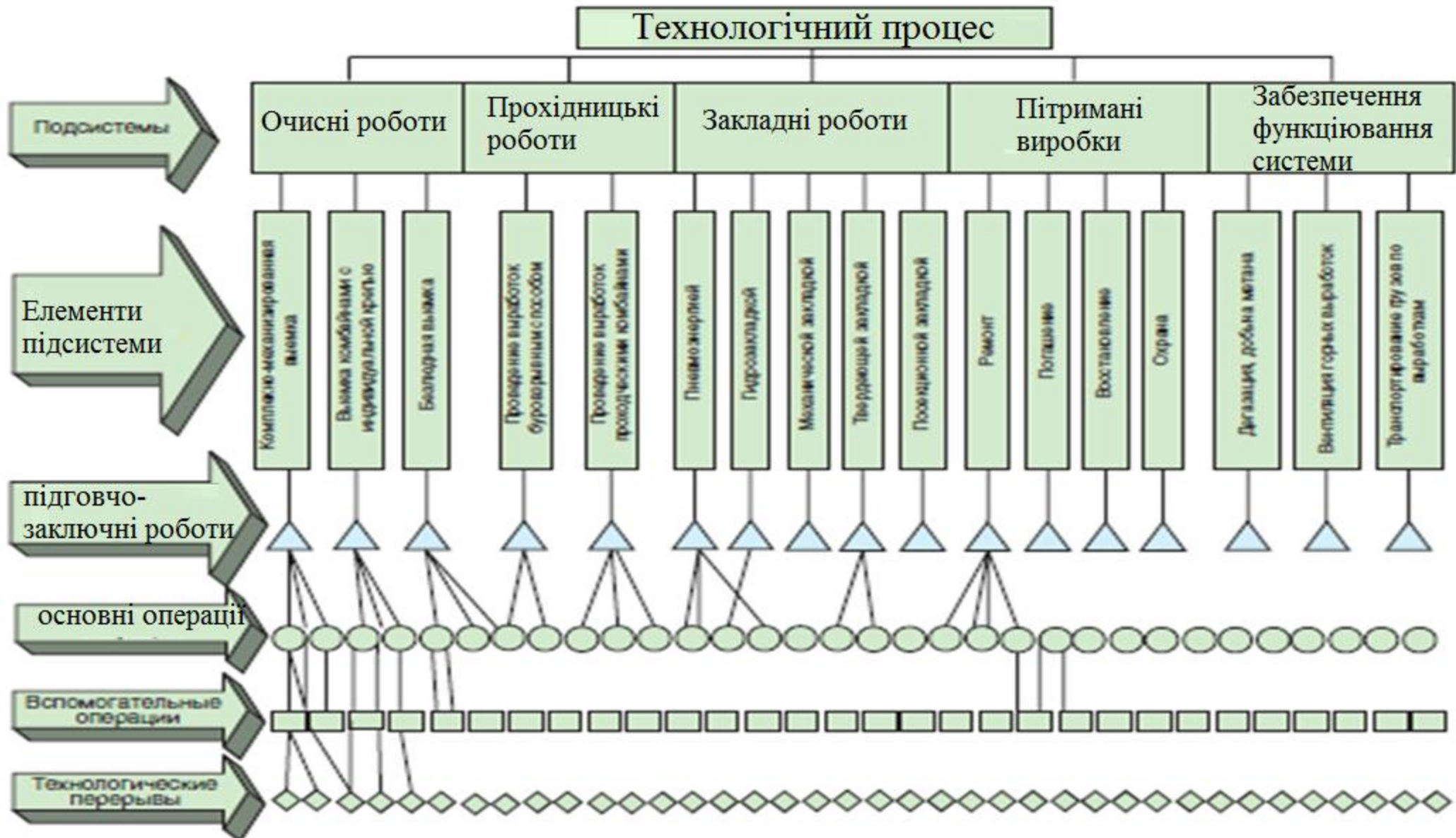
Вариант технологии совмещения работ по добыче метана и угля

Тема 3



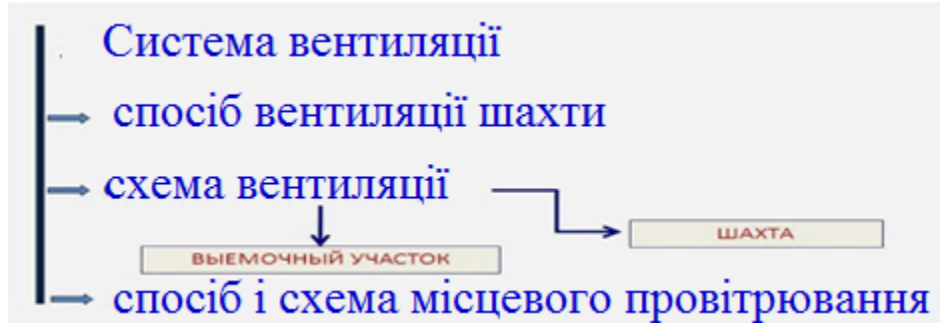
За видом
дегазаціїЗа місцями
закладання
свердловинЗа стадіями
розвитку робітЗа місцем
виконання
заходівЗа режимом
відборуЗа видом
відводуЗа родом
використання

**Стадії розвитку робіт по
вилученню та утилізації
шатного метану**

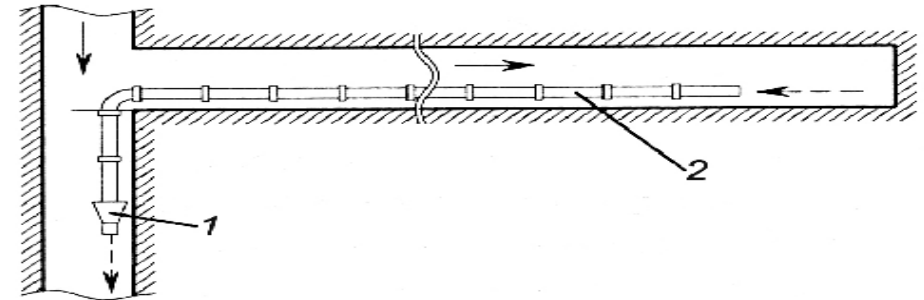
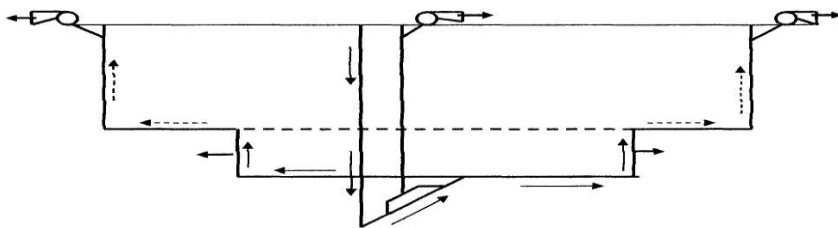
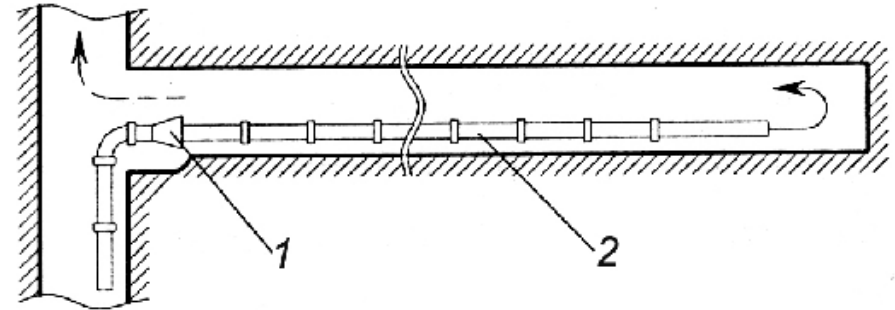
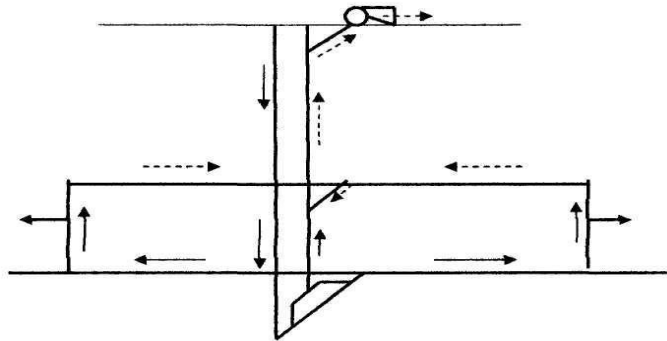
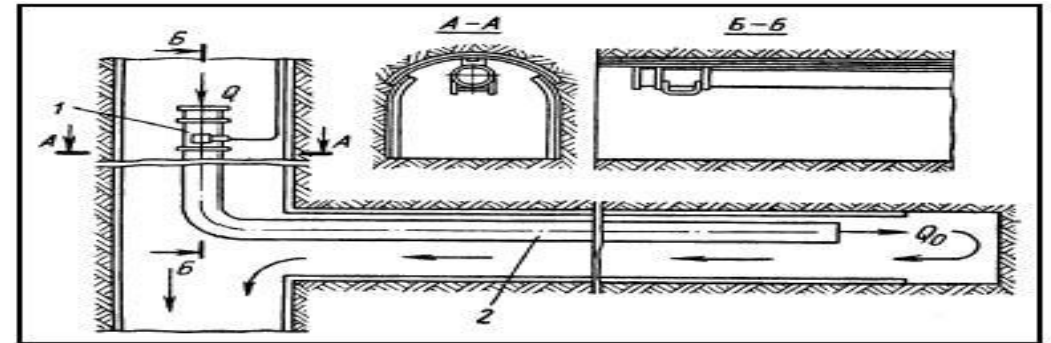


ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РОЗРОБКИ ГАЗОВУГІЛЬНИХ РОДОВИЩ

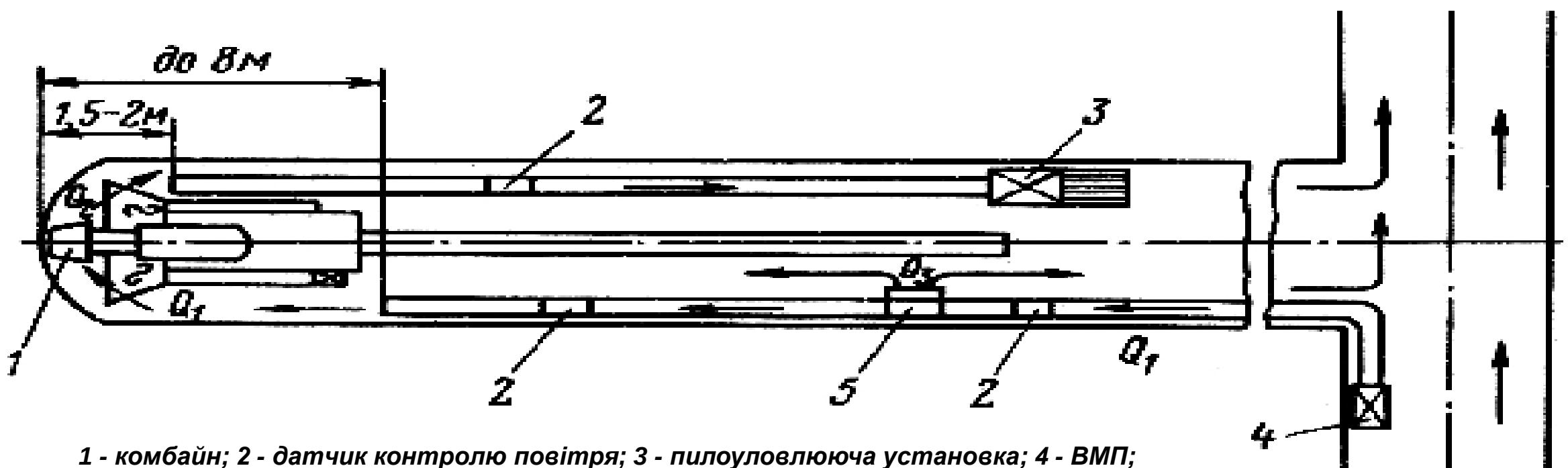
Вентиляція як елемент технології



Провітрювання тупикових виробок



Підсистеми забезпечення технологічних процесів гірничого виробництва



1 - комбайн; 2 - датчик контролю повітря; 3 - пилоуловлююча установка; 4 - ВМП;
5 - повітряновипускний клапан

Рекомендовані співвідношення витрат повітря при швидкісному проведенні виробок

$$Q_1 > Q_2 > Q_{I1}$$

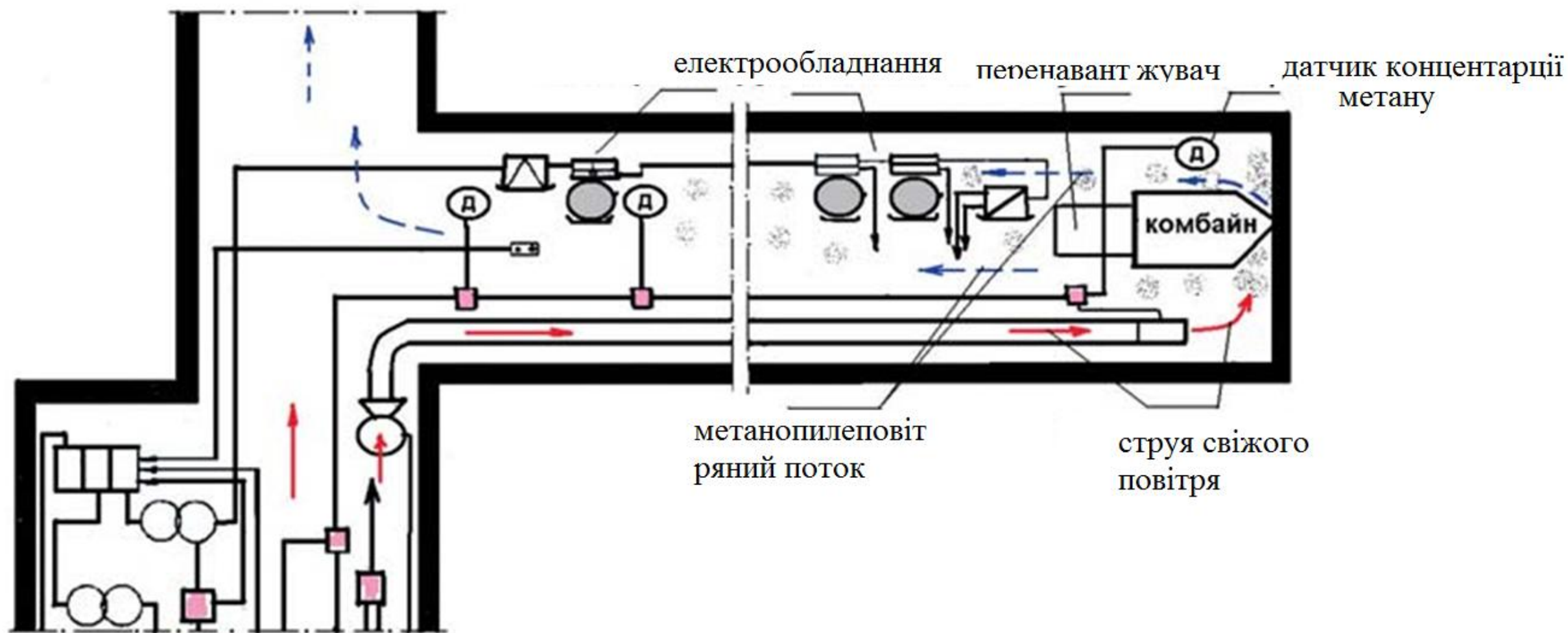
де Q_1 - загальна кількість повітря, що поступає по нагнітальному трубопроводу перед впускним клапаном;

Q_2 - кількість повітря, що відсосується пиловловлюючим агрегатом;

Q_{I1} - кількість повітря, що поступає в забій по нагнітальному трубопроводу

КОМБІНОВАНА СХЕМА НАГНІТАЛЬНО-ВСМОКТУЮЧОГО ПРОВІТРЮВАННЯ





Метановиділення при виконанні буропідричних робіт

$$I_{зп \text{ макс.}} = 0,05 \cdot S_{пр} \cdot I_{вз} \cdot (X - X_0) \cdot d_{пор}, \text{ м}^3/\text{хв}$$

де $S_{пр}$ - площа перерізу виробки в проходці, м²;
 $I_{вз}$ - посування вибою за цикл підривання, м;
 X - природна метаносність висаджуваної вибухом породи, м³/т;
 X_0 - залишкова метаносність порід у не відбитому масиві, м³/т;
 $d_{пор}$ - щільність породи в масиві, т/м³.

Метанообільність виробки при навантаженні підірваної гірничої маси

$$I_{отгр} = I_{отб} + I_{пов}, \text{ м}^3/\text{хв}$$

де $I_{отб}$ - газовиділення з відбитої породи, м³/хв;
 $I_{пов}$ - газовиділення з голих поверхонь виробки, м³/хв

$$I_{отб} = 0,009 \cdot S_{пр} \cdot I_{вз} \cdot (X - X_0) \cdot d_{пор}, \text{ м}^3/\text{хв}$$

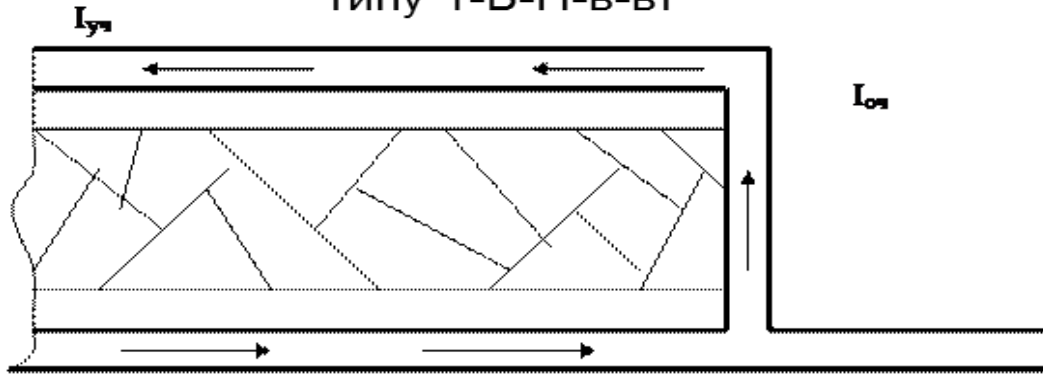
$$I_{пов} = 2 \cdot 10^{-4} \cdot P_{в} \cdot \beta \cdot V_{пр} \cdot A_z \cdot (X - X_0)^2 \cdot k_t, \text{ м}^3/\text{хв}$$

де $P_{в}$ - периметр виробки в проходці, м;
 β - коефіцієнт, що характеризує умови фільтрації газу з масиву ($\beta = 1$);
 $V_{пр}$ - проектна швидкість посування вибою тупикової виробки, м/добу;
 A_z - коефіцієнт, що характеризує газовіддачу порід ($A_z = 0,14 \div 0,42$);
 k_t - коефіцієнт, що враховує час проведення виробки

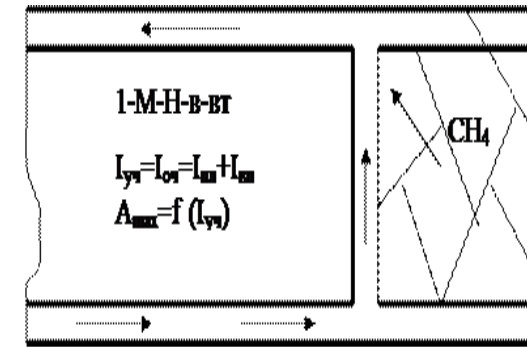
МАКСИМАЛЬНЕ МЕТАНОВИДІЛЕННЯ В ПРИВИБІЙНОМУ ПРОСТОРИ ВИРОБКИ

Зворотноточні схеми провітрювання очисних вибоїв

на вентиляційний штрек у виробленому просторі
типу 1-В-Н-в-вт



на вентиляційний штрек в масиві вугілля типу 1-М-Н-в-вт

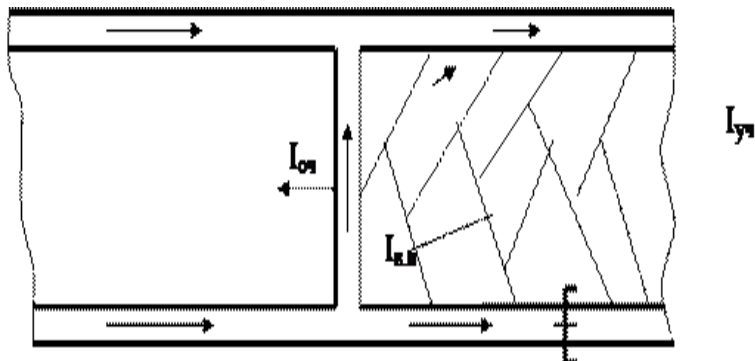


$$I_{уч} = I_{оч} = I_{пл} + I_{вп}$$

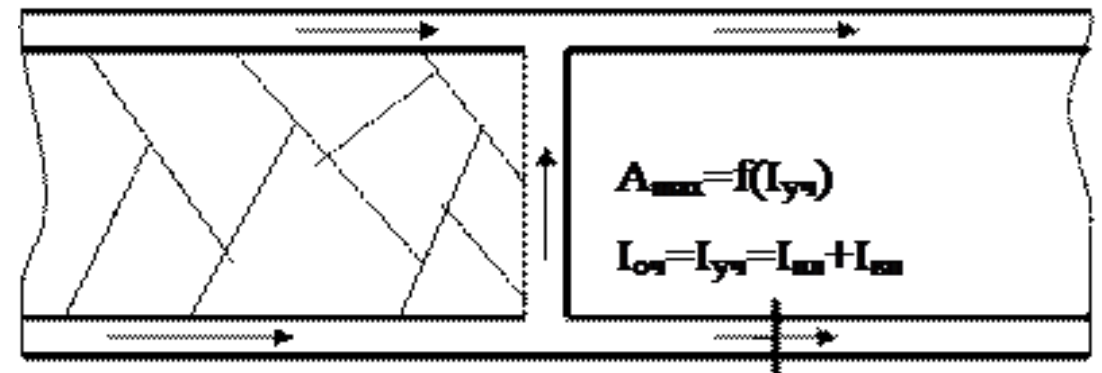
де $I_{уч}$, $I_{оч}$, $I_{пл}$, $I_{вп}$ - абсолютна метанообильність, відповідно ділянки, очисного забою, пласта і виробленого простору.

Прямоточні схеми провітрювання очисних вибоїв

на вентиляційний штрек у масиві вугілля з подвіжжуванням
витікаючого вентиляційного струменя типу 2-М-Н-в-пт



на вентиляційний штрек у масиві вугілля з подвіжжуванням
витікаючого вентиляційного струменя типу 2-М-Н-в-пт



ТИПОВІ ВАРІАНТИ СХЕМ ПРОВІТРЮВАННЯ ОЧИСНИХ ВИБОЇВ

Вимоги до процедури вибору схеми провітрювання виїмкової ділянки

1. Якнайповніше відособлене розбавлення метану, що виділяється з усіх джерел;
2. Забезпечення максимального навантаження на очисний вибір по газовому чиннику і мінімальній вартості вугілля по чиннику вентиляції;
3. Забезпечення можливості ведення робіт по дегазації;
4. Забезпечення вентиляційних маневрів при аваріях;
5. Надійність провітрювання при нормальному і аварійному режимах;
6. Забезпечення сприятливих санітарно-гігієнічних умов праці.

Класифікація схем вентиляції виємочных ділянок

Признак	Выполнение	Индекс
Степень обособленности разбавления вредностей по источникам поступления	последовательное	1
	частичное полное	2
	полное	3
Направление выдачи исходящей струи воздуха из лавы	на массив	М
	на выработанное пространство	В
	комбинированное	К
Степень зависимости схем проветривания	независимое	Н
	зависимое	З
Направление движения воздуха по очистному забою	восходящее	В
	нисходящее	Н
Взаимное направление поступающей и исходящей струй воздуха	возвратноточное	ЗТ
	прямоточное	ПТ

ПРОЦЕДУРА ВИБОРУ СХЕМИ ПРОВІТРЮВАННЯ ВИЇМКОВОЇ ДІЛЬНИЦІ

Характеристика класифікаційних ознак

1	Тип - по мірі відособленості розбавлення шкідливостей за джерелами вступу : 1 - послідовне; 2 - часткове; 3 - повне
2	Підтип - по напрямку видачі витікаючого струменя повітря з лави М - на масив; У - на вироблений простір; До - комбіноване
3	Клас - по мірі залежності схем провітрювання : Н - незалежне; З - залежне
4	Підклас - по напрямку руху повітря по очисному вибою: у - висхідне, н - низхідне - для лав, орієнтованих по простяганню пласта; г - горизонтальне - для лав по падінню і повстанню пласта
5	Вид - по взаємному напрямку поступаючих і витікаючих струменів повітря Вт - зворотноточне; Пт - прямоточне



1 тип - послідовне розбавлення.

Свіжий струмінь повітря послідовно поступає по конвеєрному (відкочувальному) штреку в лаву і виходить на вентиляційний штрек;

2 тип - часткове розбавлення.

Свіжий струмінь спрямовується по конвеєрному (відкочувальному) штреку, розбавляє метан, який виділяється при транспортуванні вугілля, потім поступає в очисний забій, розбавляє метан з відбитого вугілля, оголень пластів і частково метан, що виділяється в призабойне простір із закріпного, а далі поступає в загальний витікаючий потік повітря з ділянки, не беручи участь в розбавленні вредностей, які виділяються на іншому штреку;

3 тип - повне розбавлення.

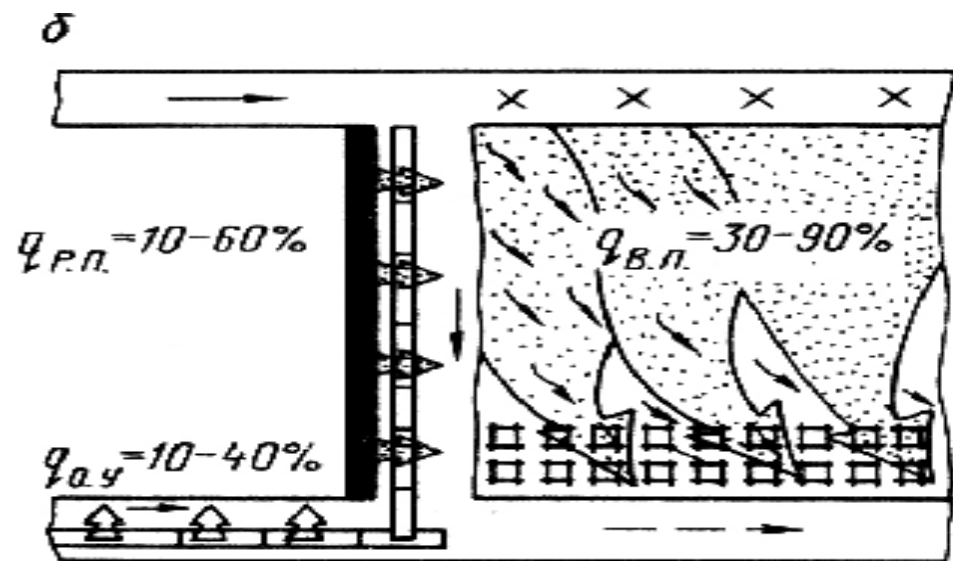
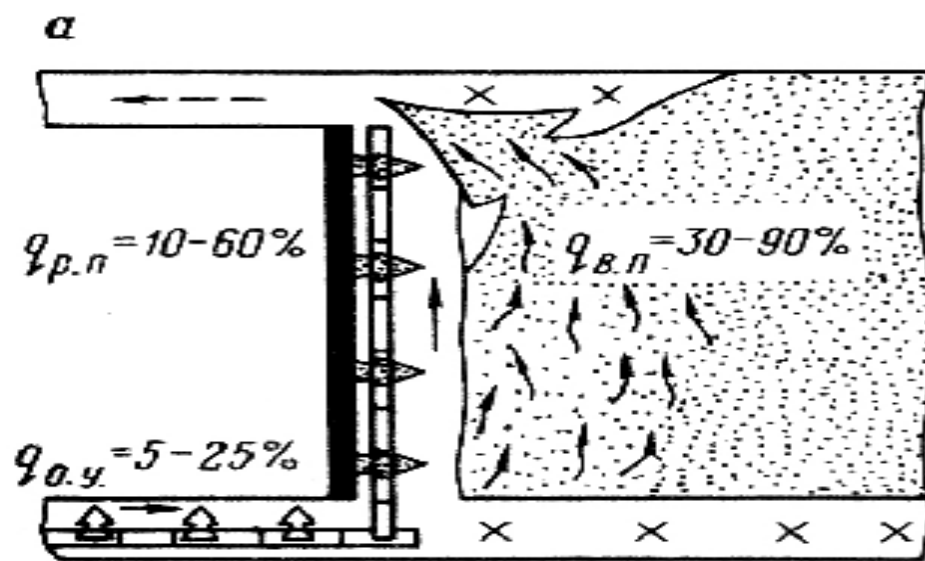
Свіжий струмінь поступає в очисний забій, не беручи участі в розбавленні вредностей, а після того, як вона омила очисний забій, виходить в загальний витікаючий струмінь крила шахти, не беручи участь в розбавленні вредностей, які виділяються з інших джерел.

Направлення видачі витікаючого потоку повітря з очисного вибою

В - на вироблений простір;

М - на масив вугілля;

До - комбінований випуск витікаючого потоку, коли на виході з очисного вибою струмінь розділяється, тобто частина йде на масив, а частину - на вироблений простір.



**Кількість повітря, необхідна для провітрювання
виїмкової дільниці**

$$Q_{уч} = \frac{100 * I_{уч} * K_n}{Z - C_o}, \text{ м}^3/\text{хв}$$

де $I_{уч}$ - абсолютна метанообільність виїмкової дільниці, м³/хв;

K_n - коефіцієнт нерівномірності метановиділення;

Z - допустима ПБ концентрація метану у витікаючому струмені дільниці %;

C_o - концентрація метану в струмені повітря, що поступає на дільницю.



Розрахунок максимально допустимого навантаження на вибій по газовому чиннику

Початковими даними для розрахунку максимально допустимого навантаження на очисний вибій являються:

- середня очікувана метанообильность очисного вироблення ($I_{оч}$, м3/мін), виємочного ділянки ($I_{уч}$, м3/мін);
- розрахункове навантаження на очисний забій (A , т/сут), при якому визначені $I_{оч}$ і $I_{уч}$;
- максимальна витрата повітря, яке можна подати в очисну виробку ($Q_{оч\ max}$, м3/мін) і на виємочный ділянку ($Q_{уч\ max}$, м3/хв).

Значення $I_{оч}$, $I_{уч}$, A , $Q_{оч\ max}$ і $Q_{уч\ max}$ визначається відповідно до вказівок, приведених в "Керівництві по проектуванню вентиляції шахт".

Максимально допустиме навантаження на очисний вибій по газовому чиннику (A_{max} , т/сут) розраховується по формулі

$$A_{max} = A_p \cdot I_p^{-1,67} \cdot \left(\frac{Q_p \cdot (C - C_0)}{194} \right)^{1,93},$$

де I_p - середня абсолютна метанообильність очисної виробки ($I_{оч}$) або виїмкової ділянки ($I_{уч}$), м3/хв;

Q_p - максимальна витрата повітря в очисній виробці ($Q_{оч}$) або на виїмковій ділянці ($Q_{уч}$), яка може бути використана для розбавлення метану до допустимих ПБ норм, м3/хв.

Значення $Q_{оч\ max}$, k_0 , β , γ , C_0 визначаються відповідно до вказівок, приведених в "Керівництві по проектуванню вентиляції шахт".

При встановленні максимально допустимого навантаження лав по метановиділенню витрата повітря для їх провітрювання визначається виразом:

$$Q_{оч} = Q_{оч\max} \cdot k_{0,3} = 60 \cdot S_{оч\min} \cdot v_{\max} k_{0,3}$$

де $Q_{оч\max}$ - максимальна витрата повітря, яке можна подати в очисну виробку, м³/хв;

$k_{0,3}$ - коефіцієнт, що враховує рух повітря по частині виробленого простору, безпосередньо прилеглий до приви́бійного; приймається по таблиці. 20.2;

$S_{оч\min}$ - мінімальна площа поперечного перерізу приви́бійного простору очисної виробки у світлі, м²; приймається по таблиці.

$V_{\max}$ - максимальна швидкість руху повітря в лаві, м³/с.

Тип крепи	Вынимаемая мощность пласта, м; от...до	Площадь поперечного сечения лавы, свободного для прохода воздуха, м ²
М 147 (Россия)	1,1-2,6	$S = 0,6m + 2,6$
М 138 (Россия)	1,2-2,6	$S = 1,9m + 0,7$
М 146 (Россия)	1,1-2,6	$S = 1,2m + 1,7$
МКД-90Т (Россия)	0,8-2,0	$S = 0,7m + 2,1$
М 144 Б (Россия)	1,65-5,2	$S = 0,85m + 3,7$
М 174 (Россия)	1,3-5,5	$S = 1,5m + 0,8$
КМК (Россия)	1,0-5,0	$S = 1,55m + 0,9$
УКП 5 (Каргормаш)	2,9-5,2	$S = 2,0m - 0,8$
Глиник (Польша)	1,2-5,3	$S = 1,7m + 0,2$
Фазос (Польша)	1,7-5,2	$S = 1,2m + 2,9$
Польтех (Польша)	0,8-4,0	$S = 2,1m - 0,6$
ДБТ 4 (Германия)	1,2-5,2	$S = 1,4m + 2,0$

Залучення вугільного метану до загального паливно-енергетичного балансу України сприяє вирішенню цілої низки завдань.

Соціальних:

- підвищення рівня безпеки гірничих робіт у вугільній промисловості та, як наслідок, скорочення кількості смертельних випадків та травматизму, через зменшення ризику вибухів на шахтах;
- створення додаткових робочих місць у зв'язку з облаштуванням газових промислів і тим самим зниження соціальної напруженості у вугледобувних районах.

Економічних:

- зниження економічних витрат на подальший видобуток вугілля;
- збільшення обсягів видобутку вугілля;
- зменшення витрат, пов'язаних із ліквідацією наслідків аварій на шахтах;
- створення нової паливно-енергетичної галузі в Україні, заснованої на видобутку та використанні газу метану;
- скорочення витрат на купівлю природного газу з-за кордону та його транспортування, у тому числі з газодобувних районів України;
- можливість використання шахтного метану для генерації електроенергії (дизель-генератори, газові турбіни, двигуни внутрішнього згоряння);
- використання шахтного метану як технологічної сировини (металургія, добрива, метанол);

Екологічні: • покращення екологічної ситуації за рахунок скорочення обсягу викидів метану – другого за значимістю «парникового газу» - в атмосферу вугледобувними підприємствами Донбасу





Причини утворення газового бар'єру

невідповідність існуючих шахтних вентиляційних мереж потребам нового обладнання (низька пропускна здатність по повітрю)

застосування неефективних і небезпечних схем вентиляції виїмкових діляниць в силу їх меншою витратності

відсутність системи вимог метанобезпеки до проектування вентиляції вугільних шахт

Газові бар'єри в освоєнні ресурсів газувугільних родовищ

Основним засобом нормалізації газового режиму шахт є «Вентиляція».
Схема провітрювання виїмкової ділянки повинна забезпечувати:

- стійке провітрювання, як при нормальних, так і при аварійних режимах, сприятливі умови для порятунку людей і ліквідації аварії;
- можливість ведення робіт з ефективною дегазації на виїмкових ділянках;
- на газообільних і глибоких шахтах, на яких природна температура порід досягає 30°C і вище, повне відокремлення, розбавлення шкідливих (газ, пил, тепло), що виділяються від усіх джерел;
- максимальне навантаження на очисний вибій за газовим фактором;
- скорочення обсягу проведення тупикових виробок за рахунок повторного використання відкатних виробок в якості вентиляційних;
- можливість виключення утворення небезпечних скоплень метану на сполученнях лави з вентиляційною виробкою;
- подачу до очисному вибою свіжого повітря по двом виробках при розробці викиднебезпечних пластів.



Якщо вентиляція не забезпечує допустиму концентрацію метану у виробках, то повинна застосовуватися дегазація джерел метановиділення

Дегазація обов'язкова:

- коли роботами по вентиляції неможливо забезпечити вміст вибухонебезпечних газів (метану) в рудничной атмосфері діючих гірничих виробок шахти в розмірі до 1%;
- коли природна **метановість** пласта дорівнює $13 \text{ м}^3/\text{т}$ сухої беззольної маси (с.б.м.) і роботами по вентиляції неможливо забезпечити вміст метану у вихідному струмені очисної гірничої виробки в розмірі менше 1%;
- коли концентрація метану в газопроводах і газодренажних виробках перевищує 3,5%.

Дегазація застосовується у всіх випадках, коли витяг і утилізація шахтного метану економічно вигідні.



Дегазація шахт - сукупність заходів, спрямованих на вилучення та уловлювання метану, що виділяється з різних джерел, з ізолюваним відведенням його на поверхню або в гірничі виробки, в яких можливо розбавлення до безпечних концентрацій.



Завчасна дегазація (ЗД), здійснюється свердловинами з земної поверхні з попередніми гідравлічним руйнуванням пластів (ГРП) та отриманням газу з вуглепородного масиву до початку очисних або підготовчих робіт

Попередня дегазація (ПД) розробляються вугільних пластів (УП), здійснюється пробуреними з гірських виробок свердловинами до початку очисних робіт з ізолюваним виводом метану на поверхню

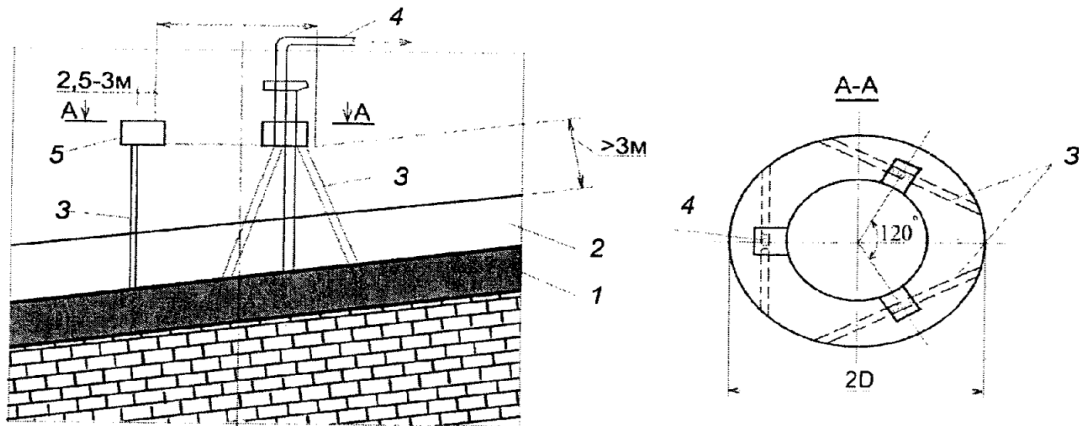
Поточна дегазація (ПД) джерел газовиділення здійснюється в процесі ведення гірських робіт шляхом ізолюваного виводу метану на поверхню

Функції підсистеми "Дегазація"

Основні групи способів дегазації:

Дегазація вугільних пластів і вміщуючих порід без використання ефекту розвантаження від гірського тиску;

при проходці вертикального стовбура

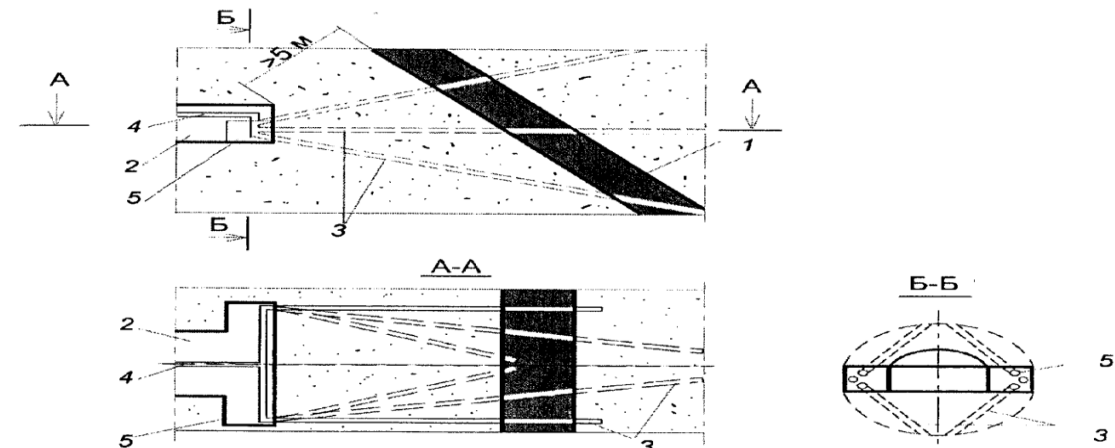


1 - газоносний пласт вугілля; 2 – газовміщуюча порода;
3 - дегазаційна свердловина; 4 - дегазаційний трубопровід; 5 - ніша; D - діаметр стовбура

Дегазація підробних і надрабних суміжних вугільних пластів і вміщуючих порід з використанню ефекту розвантаження від гірського тиску;

Відсмоктування метано-повітряних сумішей з вироблених просторів.

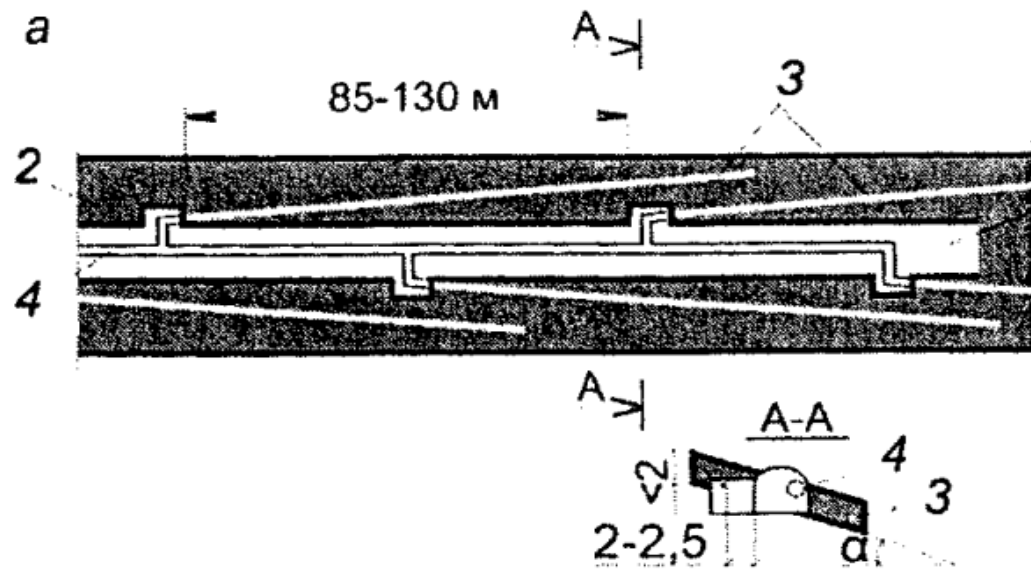
при розтині пласта квершлагом



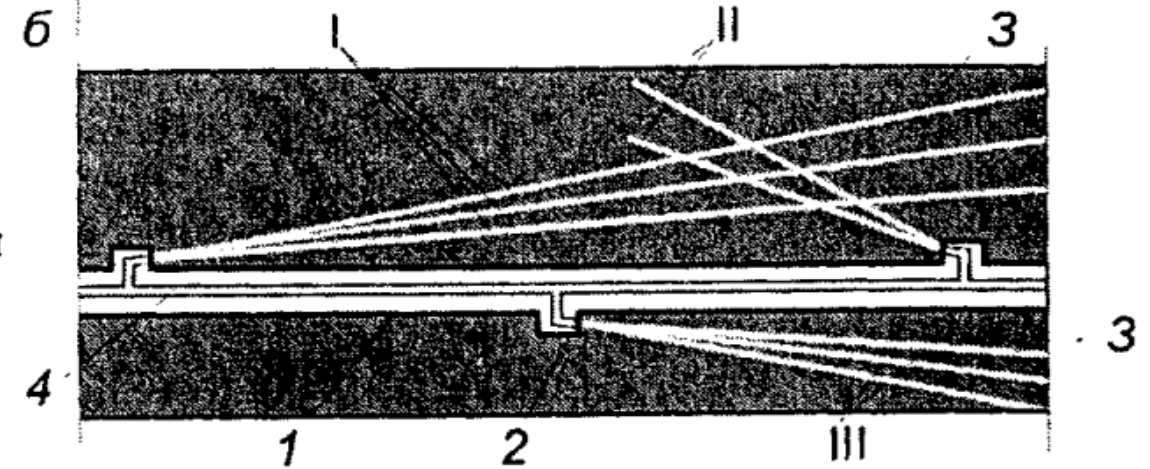
1 - вугільний пласт; 2 - квершлаг; 3 - свердловина;
4 - дегазаційний трубопровід; 5 - ніша

Дегазації газоносного масиву на етапі розкриття родовища

самостійними свердловинами

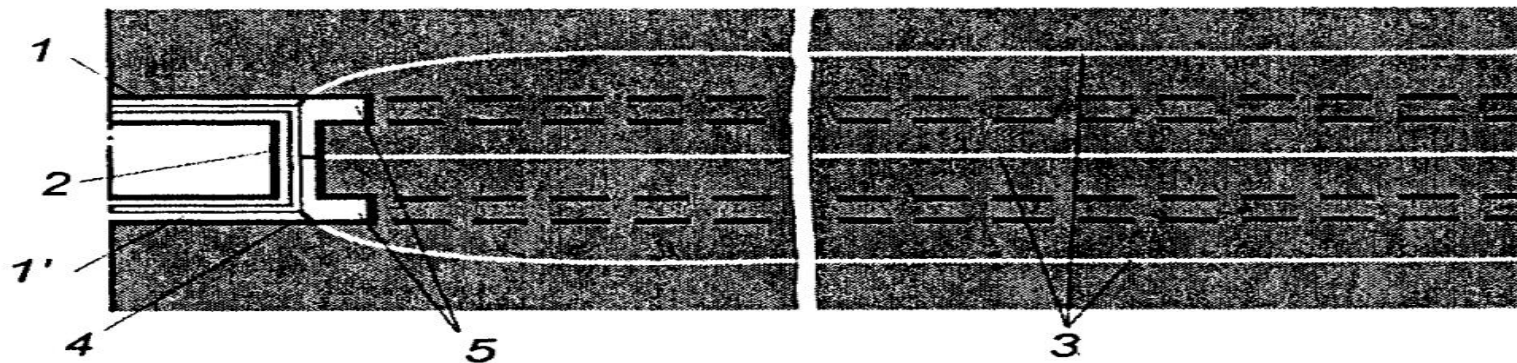


перехресними свердловинами



1 - штрек; 2 - камера; 3 - свердловина; 4 - газопровід; ■ кут падіння пласта

Дегазація пласта довгими огорожувальними свердловинами



1 вироблення; 2 - збійка; 3 - свердловини направлено буріння; 4 - дегазаційний трубопровід; 5 - забої спарених виробок.

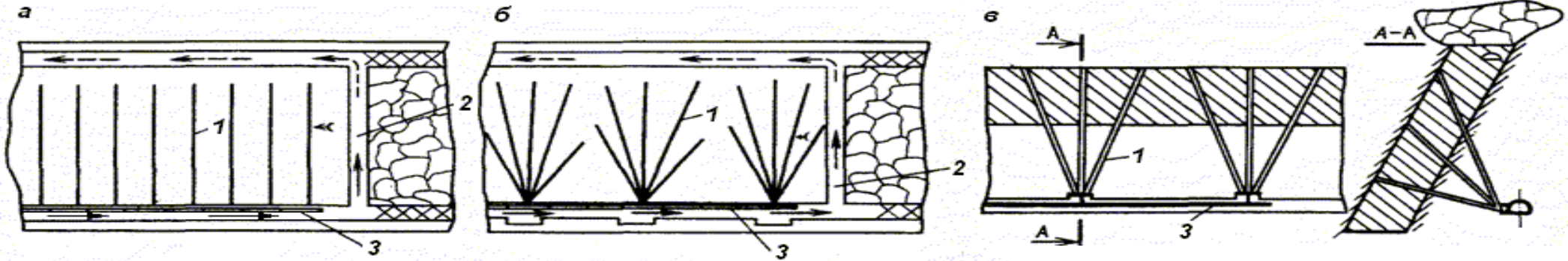
Дегазація вугільного масиву в процесі проведення виробок

Розташування свердловин при підземній дегазації вугільних пластів

Паралельне

Веєрне

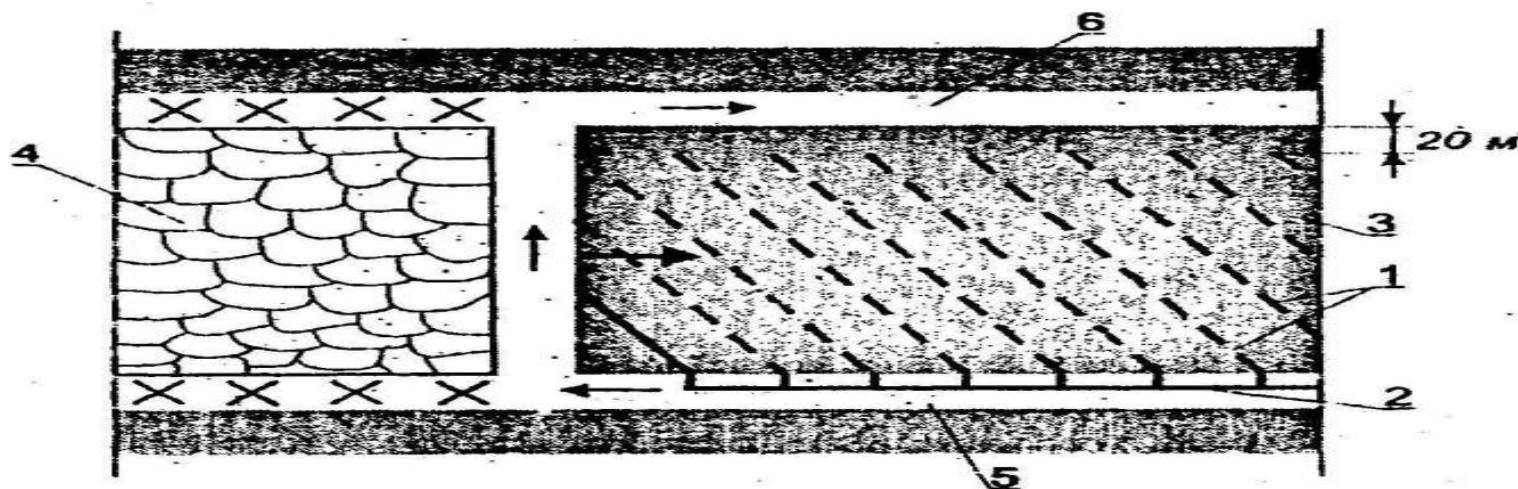
Веєрне - кущове



1 - дегазаційна свердловина; 2 - очисний вибій; 3 - дегазаційний трубопровід

Дегазація вугільних пластів, породного масиву і виробленого простору - комплекс технологічних процесів, спрямованих на запобігання виділення метану в атмосферу гірських виробок шляхом його вилучення, уловлювання та ізолюваного відводу по трубах шахтної дегазації, нейтралізації і зв'язування метану в вугленосної товщі.

Способи активного управління метановиділення в гірничі виробки



- 1 - пластові дегазаційні свердловини;
- 2 - газопровід; 3 - вугільний пласт;
- 4 - вироблений простір;
- 5 - Вентиляційні штрек;
- 6 - відкаточний штрек

Параметри паралельно-одиначних свердловин:

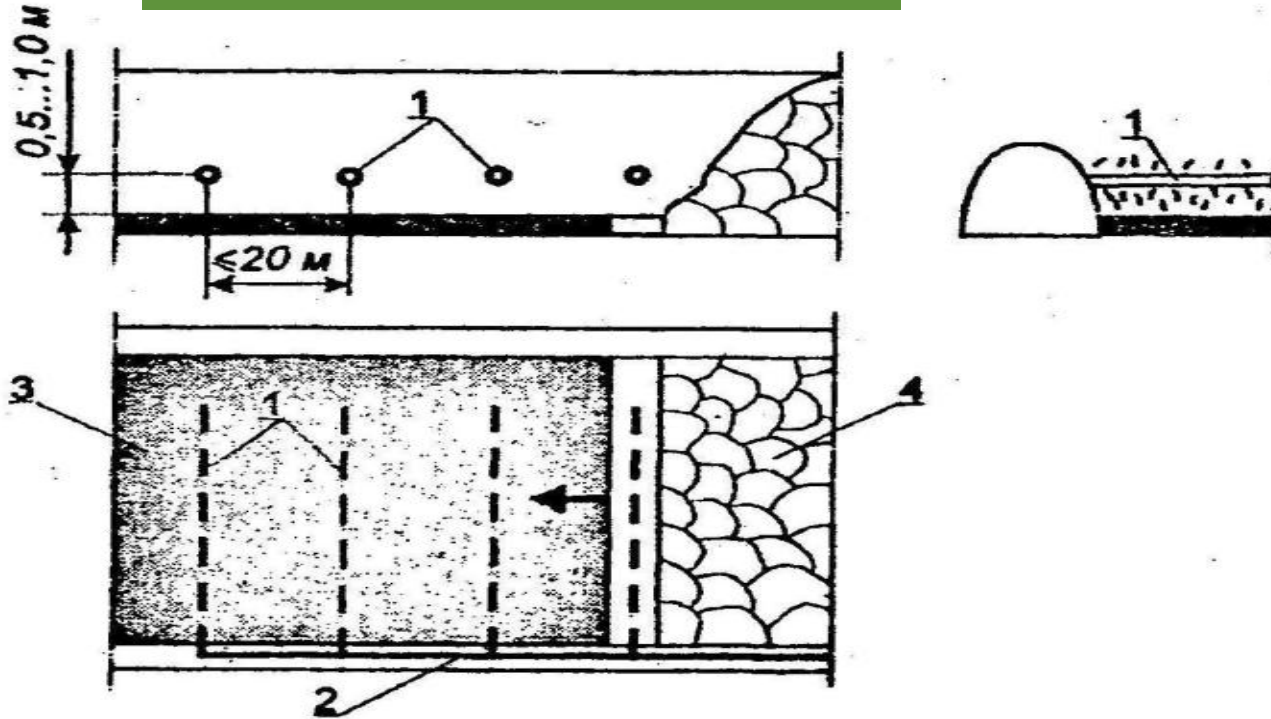
- 1.Діаметр свердловин - 80-150 мм;
- 2.Довжина свердловин - на 10-15 м менше довжини лави;
- 3.Відстань між паралельно-поодинокими свердловинами (R_i) для умов Донбасу можна визначити за формулою

$$R_i = \frac{0.1 * t}{K_{\text{дег.пл}} * (0.0283 * t + 1.167)}$$

де t - тривалість дегазації пласта, сут; (150-180 діб);

$K_{\text{дег.пл}}$ - необхідна ефективність дегазації пласта

При стовповій системі розробки



- 1 - пластові дегазаційні свердловини;
- 2 - газопровід; 3 - вугільний пласт;
- 4 - вироблений простір

Процедура дегазації

Метан витягується свердловинами, пробурених паралельно розробляємого пласту в породах покрівлі при верхнім вілучені, або породах ґрунту при нижнім вілучені паралельно очисному вибою на відстані від пласта 0,5-1,0 м. Свердловини бурять в процесі ведення підготовчих робіт і закривають. По міру посування очисного вибою свердловини відкривають і приєднують до газопроводу

Дегазація пласта екрануючими свердловинами

- запобігання раптових викидів вугілля і газу досягається за рахунок зниження гірського і газового тиску, збільшення газопроникності шляхом розвантаження і дегазації над і підробних пластів вугілля і порід;

- захисними вважається пласт, першочергове відпрацювання якого забезпечує безпеку щодо динамічних явищ при веденні гірських робіт на сусідніх, схильних до динамічним явищам пласта.

- Пласти в світі можуть розроблятися в низхідному, висхідному і комбінованому порядку

- Всі пласти поділяються на окремі групи. У кожній групі виділяється захисний пласт, як правило, небезпечний по динамічним явищам.

- відстань між пластами по нормалі не повинно перевищувати меж їх захисної дії (для крутих пластів - не більше 60 м., на пологих пластах при надробці - в середньому до 45 м, а при підробці - до 100 м



Застосовують наступні схеми:

1. Свердловини пробурені з вентиляційної виробки, попереду очисного забою.
2. Свердловини пробурені, позаду очисного забою з підтримуваної виробки.
3. Свердловини пробурені, позаду очисного забою з виробкою відокремленою від ділянки цілком вугілля.
4. Свердловини пробурені з виробок, оконтурючих виїмкове поле і підтримуваних протягом всього часу його відпрацювання (флангова схема дегазації).

Застосовуються при наявності газоносних пластів і порід в частині масиву, розвантаженого від гірського тиску, які залягають вище 15 мв, де мв - виймаємо потужність пласта.

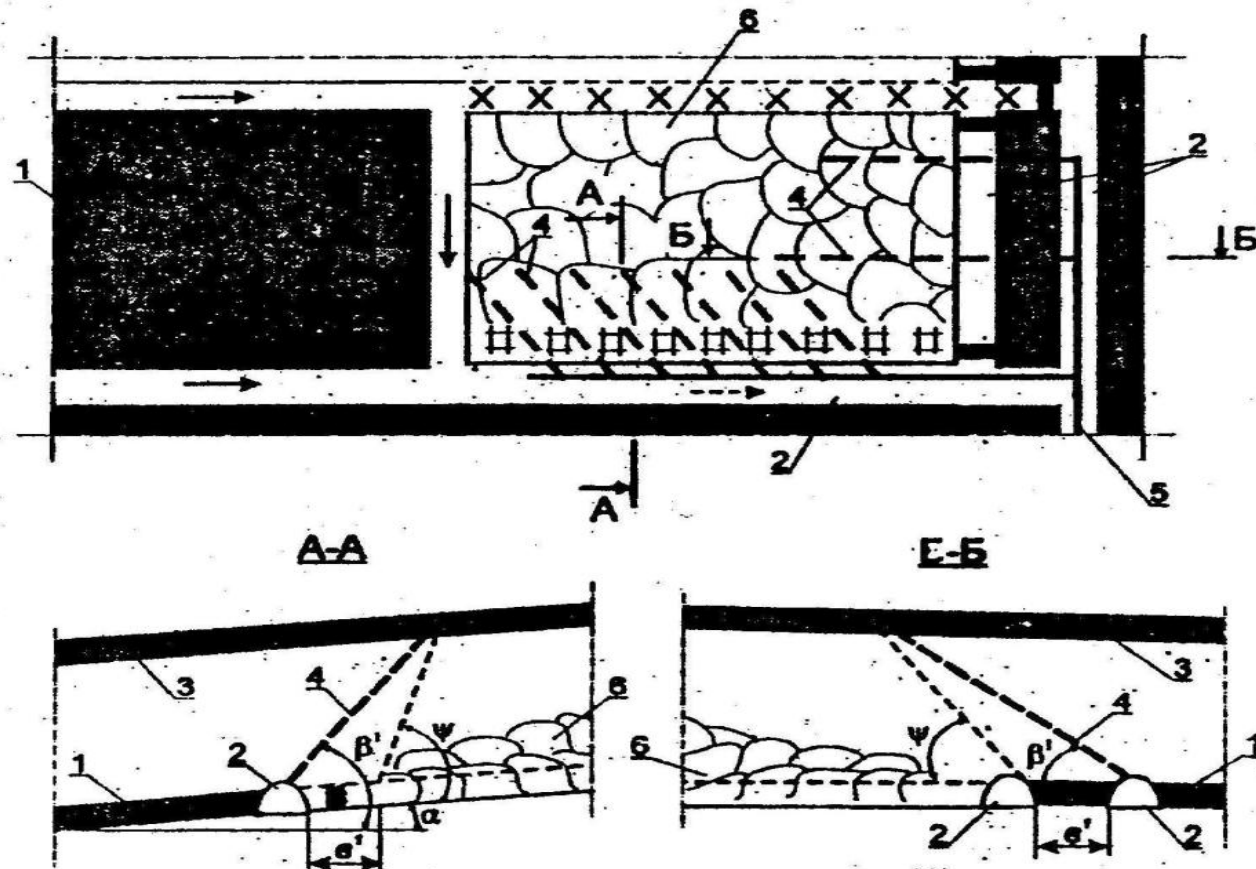
Дегазацію здійснюють свердловинами, які перетинають найбільш потужний з підробних пластів в інтервалі $15 \text{ мв} < M < 30 \text{ мв}$, де М - найменша відстань від місця буріння свердловини до пласта, на який бурять свердловину.

Якщо в цьому інтервалі вугільних пластів немає, свердловини слід бурити до перетину найближчого підробного пласта або контакту з породами щільністю $f \geq 7$ (за шкалою проф. М.М.Протодьяконова).



Типові технологічні схеми дегазації підробних пологих пластів свердловинами, пробурених з виробок

Схема 1 - застосовується при відпрацюванні виїмкових ділянок лавами по простяганню, падінню або повстанню з збереженням вентиляційної виробки за лавою. Застосовується при суцільній і стовповій системі розробки. Найбільший ефект досягається при забезпеченні хорошої охорони свердловин від руйнування (залишення ціликів, викладка широких бутових або спеціальних охоронних смуг). Коефіцієнт ефективності дегазації досягає 0,7.



- 1 – підробні пласти;
- 2 - відпрацьований простір;
- 3 – дегазаційна свердловина;
- 4 – розробний пласт

1. Схема дегазації підробних пологих пластів свердловинами, пробурених з вироблення, підтримуваної за лавою



- Дегазацію свердловинами, пробурених з поверхні, застосовують як додаткову міру, яка забезпечує необхідну ефективність дегазації або якщо утилізація каптованого ними метану окупає витрати на спорудження свердловин. Дегазація виїмкових ділянок тільки свердловинами, пробурених з поверхні, допускається у виняткових випадках за рекомендаціями МакНІІ. Тема 5

- Схему дегазації вертикальними свердловинами, пробурених з поверхні, рекомендується застосовувати на глибинах розробки до 600м, коли підземні способи дегазації зближених пластів недостатньо ефективні, а умови на поверхні дозволяють розмістити бурове і дегазаційне обладнання.

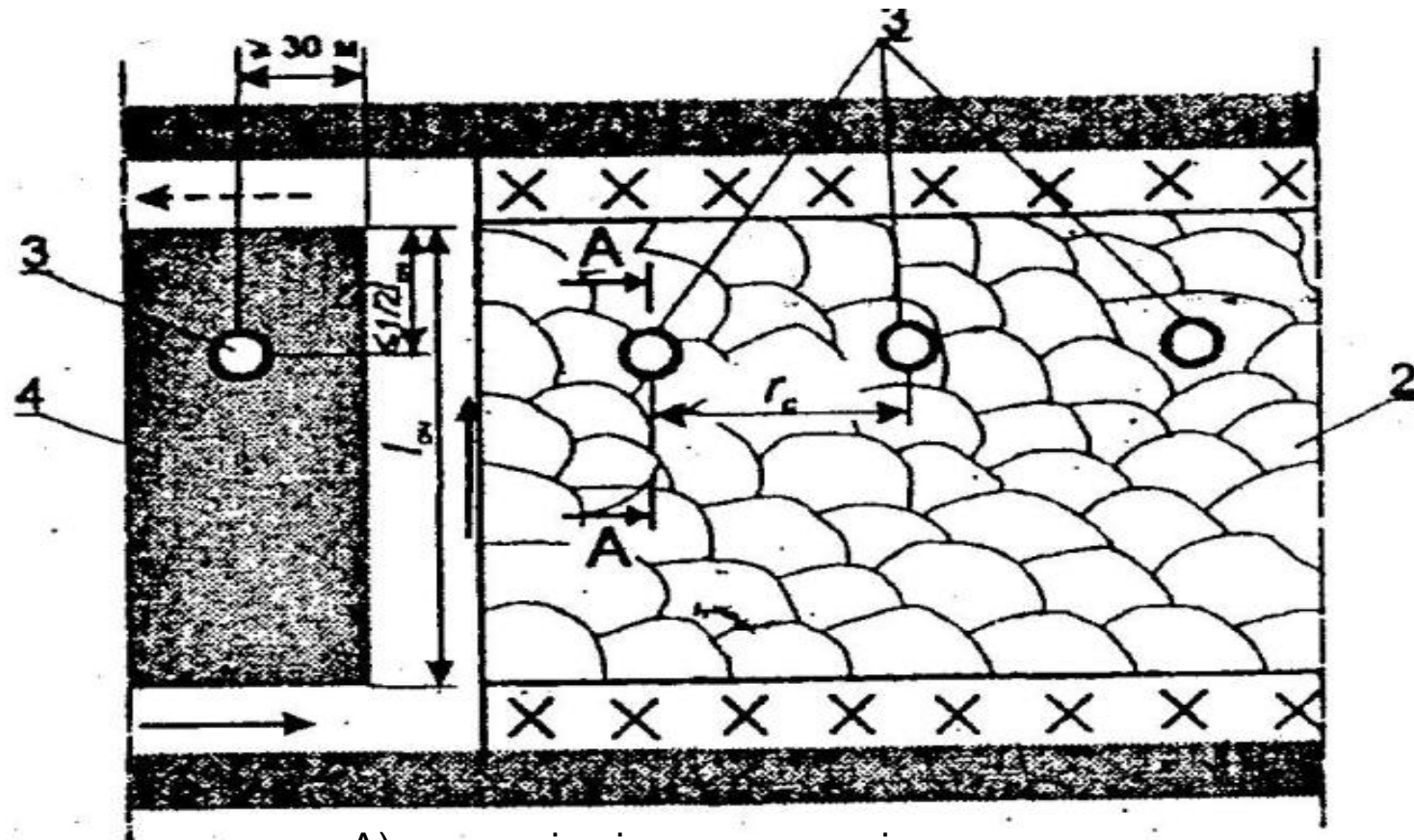
- Схему, за якою свердловини не добуріваються до покрівлі розроблювального пласта на 10 мв, доцільно застосовувати коли пласти залягають на видаленні від розроблюваного пласта понад 15 мв, Якщо підробляв товща гірських порід обводнена, то слід застосувати схему з перебудування пласта на 5-10 м

- Коефіцієнт ефективності дегазації в першому випадку досягає 0,5, у другому - 0,6.

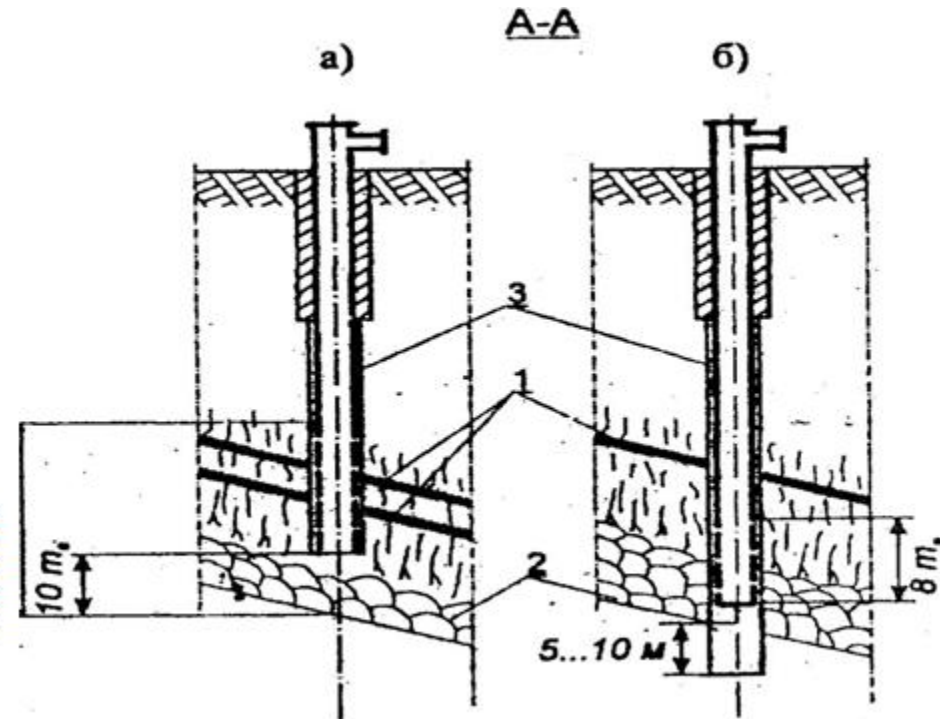
У всіх випадках необхідно передбачити свердловини над монтажними ходками лав з підготовчих виробок, пройдених за ходки не менше ніж на 5 м. Такі свердловини зменшують небезпеку газовиділення під час первинного обвалення порід основної покрівлі.

Типові технологічні схеми дегазації підроблюваних пологих пластів свердловин, пробурених з виробок





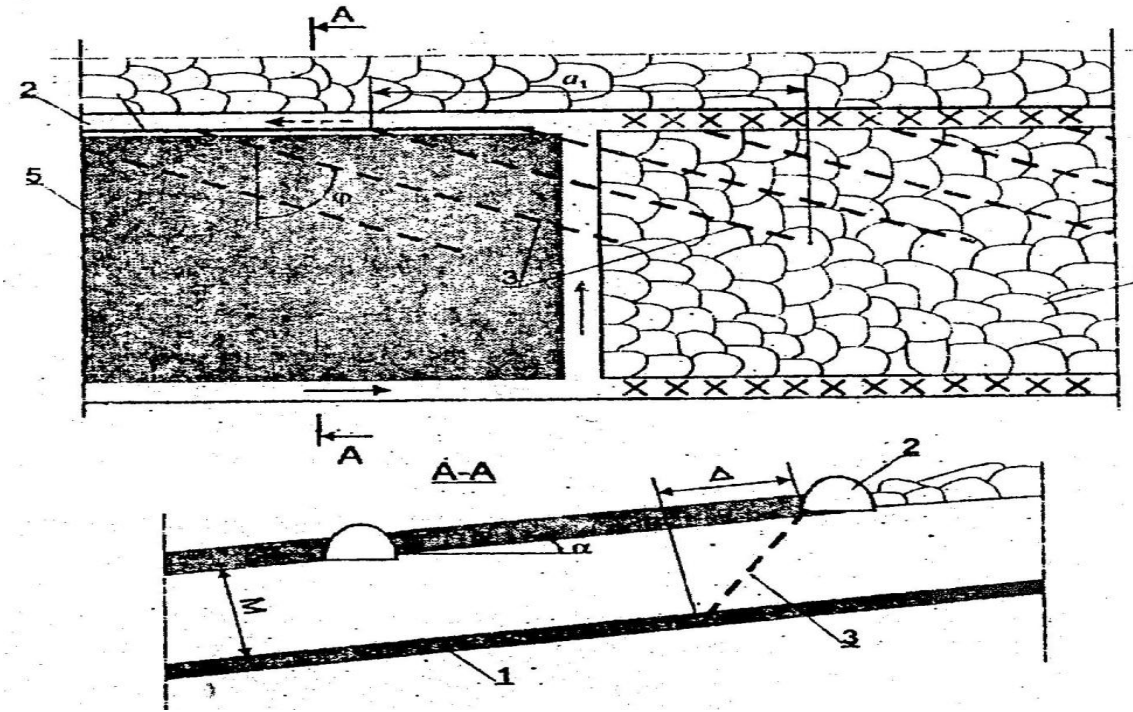
газоприймальна частина



- А) дегазація підронних пластів;
- Б) дегазація відпрацьованого простору;
- 1 – підробні пласти;
- 2 - відпрацьований простір;
- 3 – дегазаційна свердловина;
- 4 – розробний пласт

Схема дегазації підробних пологих пластів свердловинами, пробуреними з поверхні

Схема дегазації надрабного пласта свердловинами, пробуреними з вироблення, яка погашається за лавою



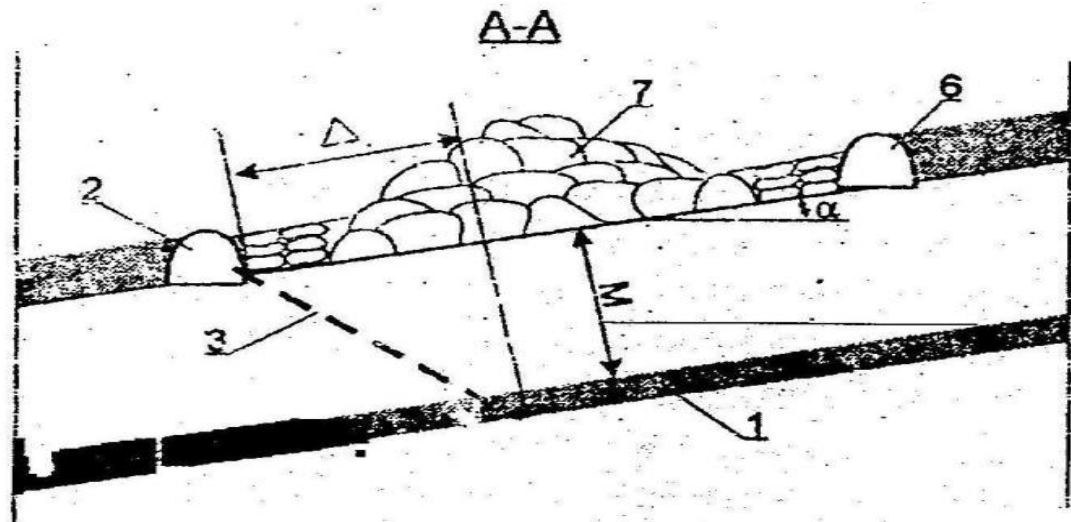
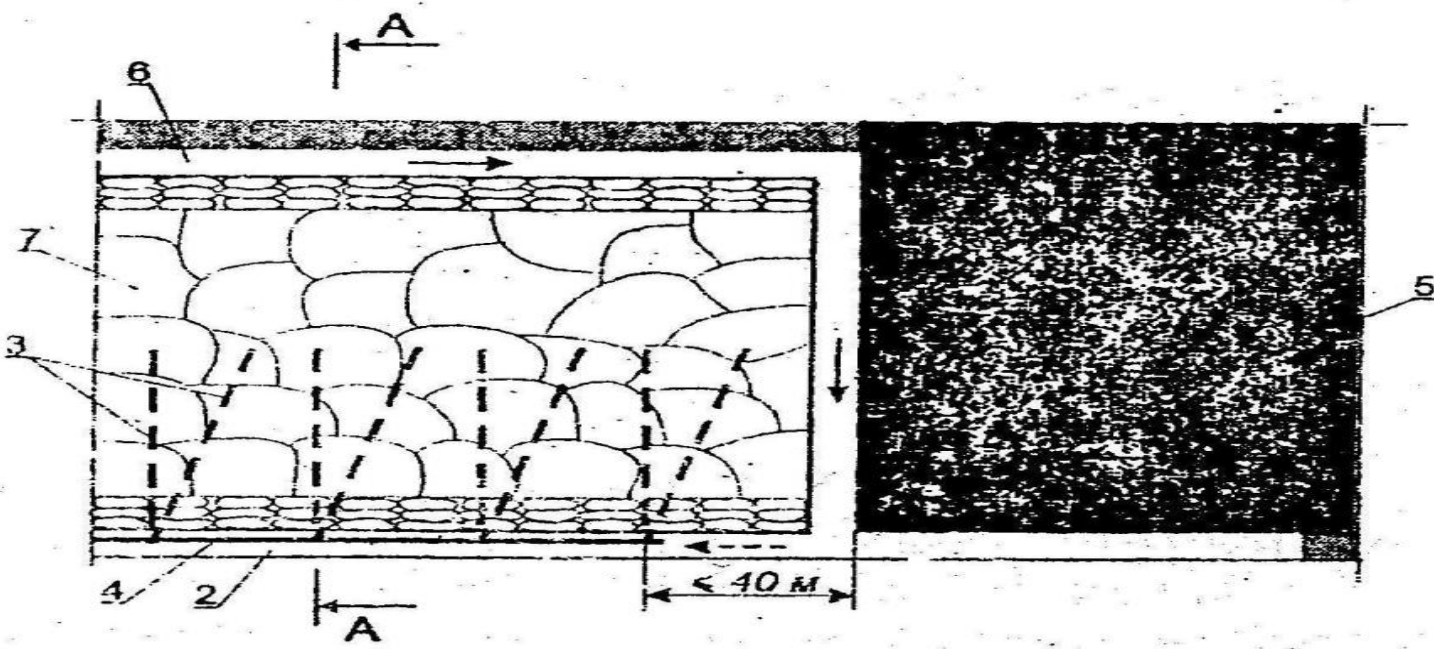
Дегазацію напрацьованих пологих і похилих пластів свердловинами здійснюють при відстані до них не більше 40 м з перебудування всіх пластів, які залягають в цьому інтервалі. Свердловини буряться з виробок пласта: з виробок, що погашаються за лавою (рис.8) (коэф. ефективності - 0,3) або з виробок, підтримуваних за лавою (рис.9) (коэф. ефективності - 0,4).

Дегазація надрабних пологих та похилих пластів

1. Буріння свердловин з перекриттям відпрацьованих пластів, обсадка і цементация
2. Закачування води (500 м³ і більше) з метою розкриття тріщин в радіусі 120-150 м без порушення структури вугільного пласта і супутніх порід
3. Консервація свердловин на 12 міс
4. Спуск води і добування метану з свердловин за допомогою верстата направленого буріння з гірських виробок.
5. Добування метану з підземних свердловин в зонах впливів ГРП

Параметри	Показники
Діаметр свердловин	93-132 мм
довжина свердловин	37 - 146 м
Відстань між свердловинами	70-100 м
темп закачування	5-10 л/с
обсяг закачування	20-100 м ³





1 - Надробний пласт; 2 – відкатний штрек; 3 – дегазаційна свердловина; 4 - газопровід; 5 – розробний пласт; 6 – конвейерний штрек; 7 – вироблений простір; очисний вибій; α - кут падіння пласта.

Схема дегазації надрабного пласта свердловинами, пробуреними з виробки, підтримуваної за лавою



Дегазація виробленого простору чинного ділянки застосовується поряд з дегазацією зближених вугільних пластів, вміщуючих порід та розроблювального пласта, а також як самостійний метод зниження метанообільності при значному виділенні метану (більше 3-4 м³/хв.) з виробленого простору. Коли іншими способами дегазації неможливо забезпечити зниження вмісту метану на ділянці до допустимого ПБ рівня.

Залежно від гірничо-геологічних умов, системи розробки та газорясності ділянки можуть застосовуватися такі схеми дегазації виробленого простору:

- дегазація відведенням метану відростками газопроводу;
- дегазація свердловинами, пробурених з поверхні.

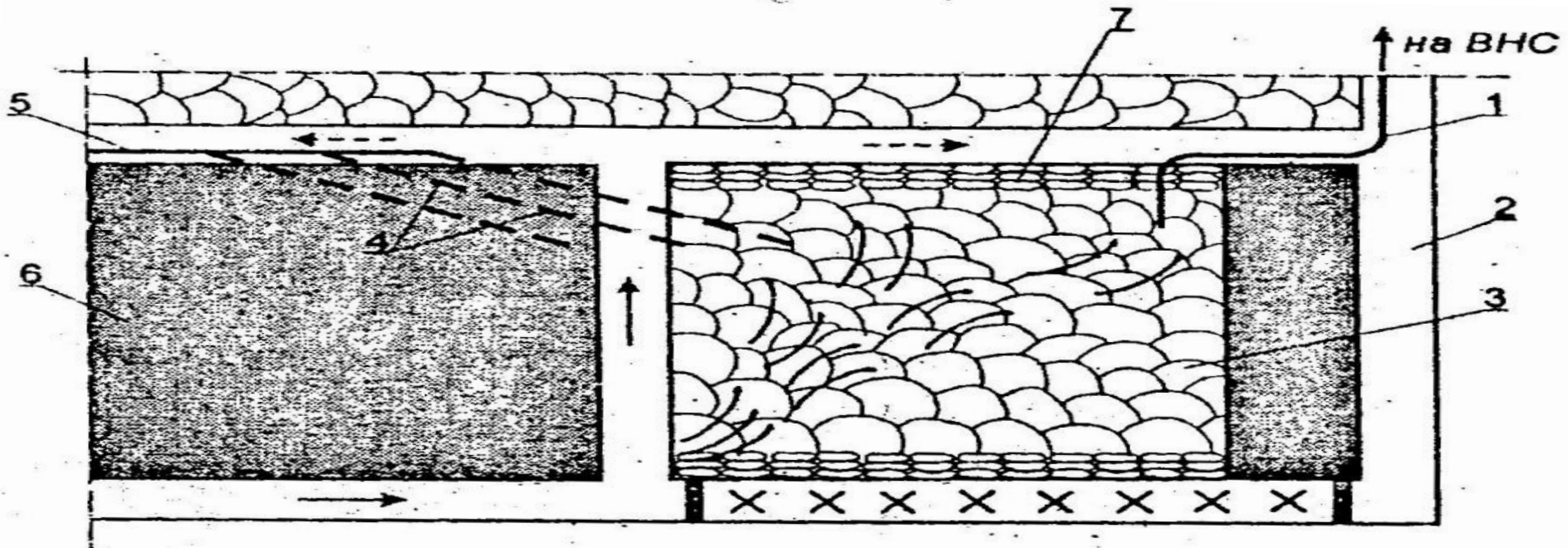
Перший спосіб застосовують при стовповій системі розробки і возвратноточном провітрюванні виїмкових дільниць, коли вироблення за очисним забоєм не зберігаються і дегазація зближених пластів не забезпечує потрібної ефективності.

Ефективність способу залежить від частки витоку повітря, через вироблений простір каптованого дегазації системою. Максимальний ефект досягається в умовах добре обвалюються і ущільнюють порід покрівлі в межах 8 тв

При наявності флангової виробки вентиляційну виробку закривають ізолюючої перемичкою, через який прокладають окремий дегазаційний газопровід, який з'єднує вироблений простір з ВНС. Всмоктуючий кінець газопроводу розташовують у верхній частині вироблення

Коефіцієнт ефективності дегазації досягає 0,8.



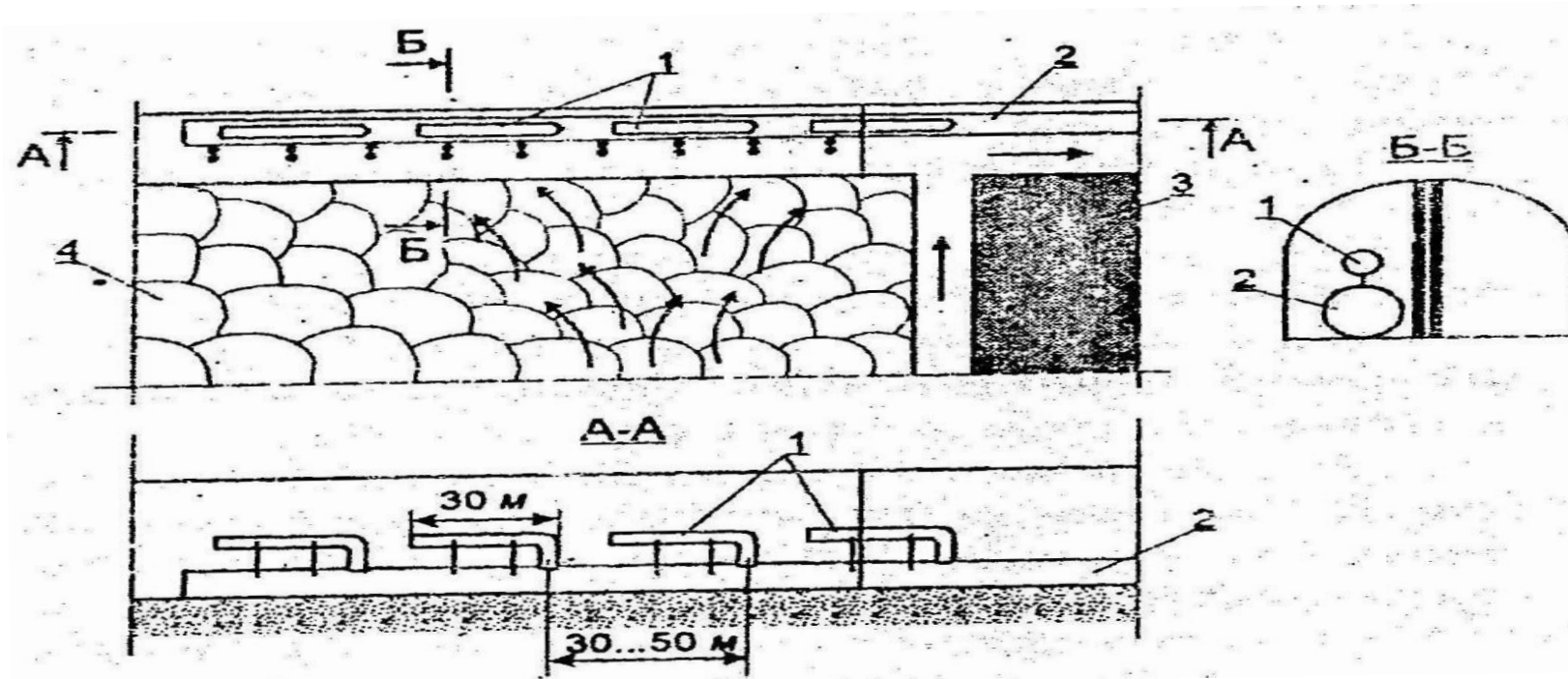


- 1 – Газовідний трубопровід;
- 2 – польова виробка;
- 3 – вироблений простір;
- 4 – дегазаційна свердловина;
- 5 – газопровід;
- 6 – розробний пласт

Відведення метану з ізольованого виробленого простору на флангову виробку

При міцних важкообрушних породах покрівлі ($f \geq 7$), коли коефіцієнт витоків повітря через вироблений простір, перевищує 1,5, необхідну ефективність виробленого простору досягають шляхом ізоляції його від обох підготовчих виробок. Всмоктуючий кінець газопроводу вводять в вироблений простір через ізолятор. Коефіцієнт ефективності дегазації досягає 0,4.

Відведення метану відростками газопроводу, систематично встановлюються у міру просування очисного забою



- 1 – відросток газопроводу;
- 2 – газопровід;
- 3 – розробний пласт;
- 4 – відпрацьований простір

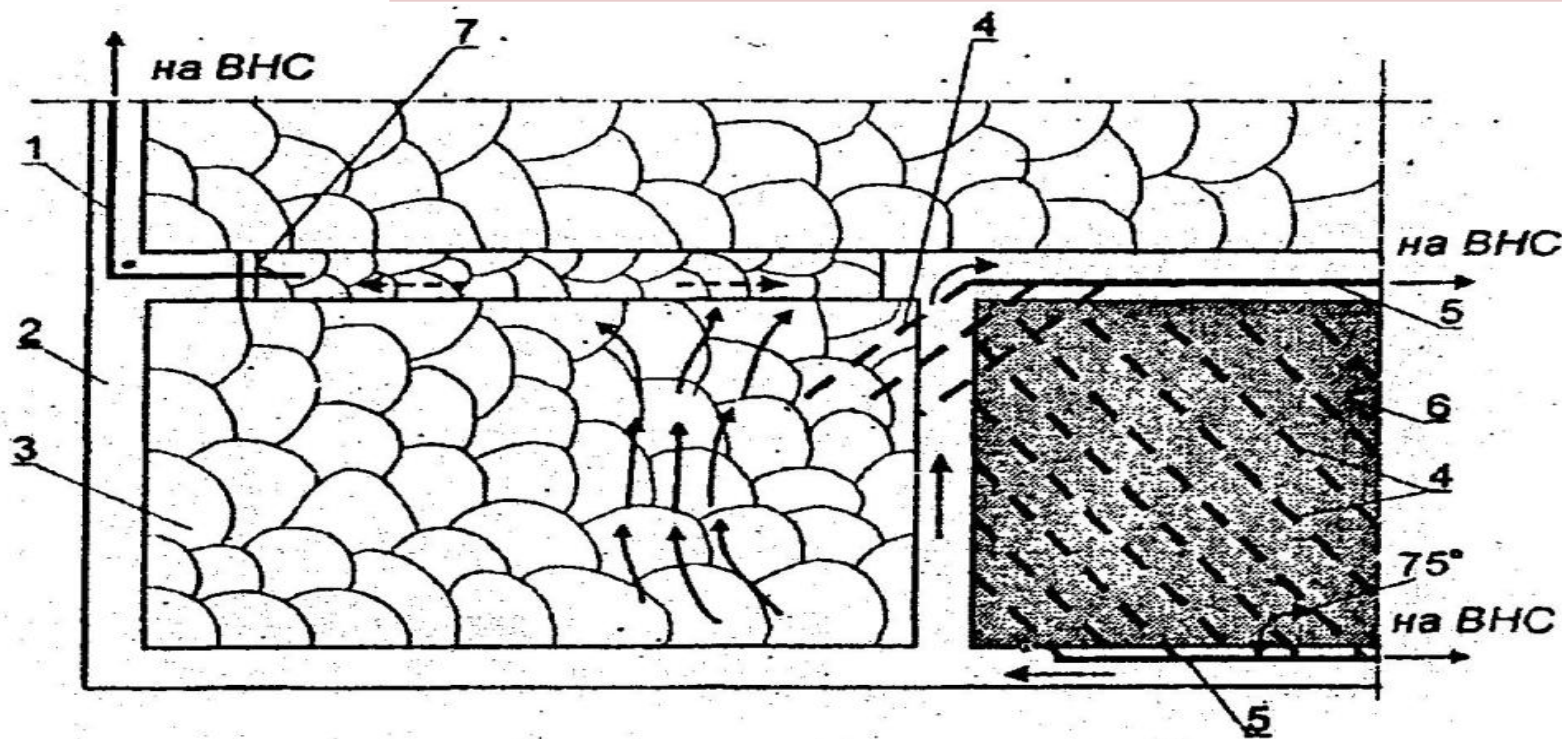


При відсутності флангових виробок газовідвідний трубопровід прокладають у вентиляційному штреку до початку очисних робіт.

Дегазаційні свердловини не приєднують до газовідвідного трубопроводу, для забезпечення необхідного розрідження в їх гирлах.

Метан з свердловин відводять по окремому газопроводу.

Коефіцієнт ефективності дегазації досягає 0,6



- 1 – газовідвідний трубопровід;
- 2 – флангова виробка;
- 3 – вироблений простір;
- 4 – дегазаційні скважини;
- 5 – газопровід;
- 6 – розробний пласт;
- 7 – перемичка.

Схема комплексної дегазації виїмкової ділянки з відведенням метану з виробленого простору на флангову виробку

Другий спосіб (свердловинами, пробурених з поверхні) застосовують в умовах, коли спорудження та експлуатація свердловин обходиться дешевше, ніж спорудження підземної системи дегазації виробленого простору.

Схему дегазації вертикальними свердловинами, пробурених з поверхні, рекомендується застосовувати при глибинах розробки до 600м і при газовиділенні з виробленого простору більше 5 м³ / хв. коли підземні способи дегазації зближених пластів недостатньо ефективні або важкоздійсненним, а умови на поверхні дозволяють розмістити бурове і дегазаційне обладнання.

Дегазаційні свердловини повинні перетинати розробляється пласт поблизу вентиляційної виробки попереду очисного вибою не менше, ніж за 30м і заглиблюватися в породи ґрунту на 5-10м.

Коефіцієнт ефективності дегазації досягає 0,6.

- 1 – підробні пласти;
- 2 - відпрацьований простір;
- 3 – дегазаційна свердловина;
- 4 – розробний пласт

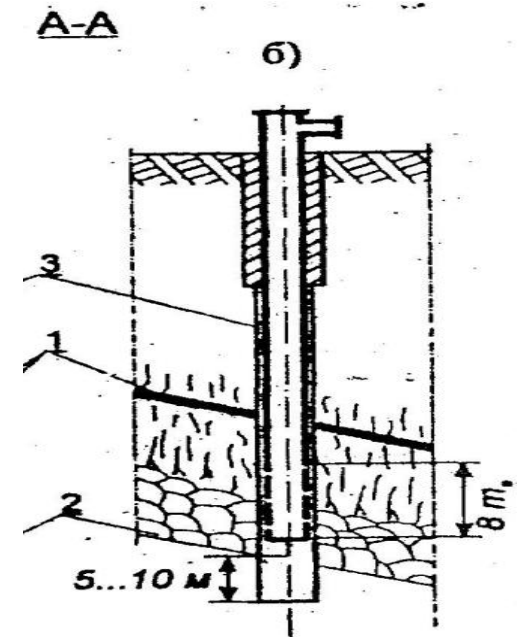
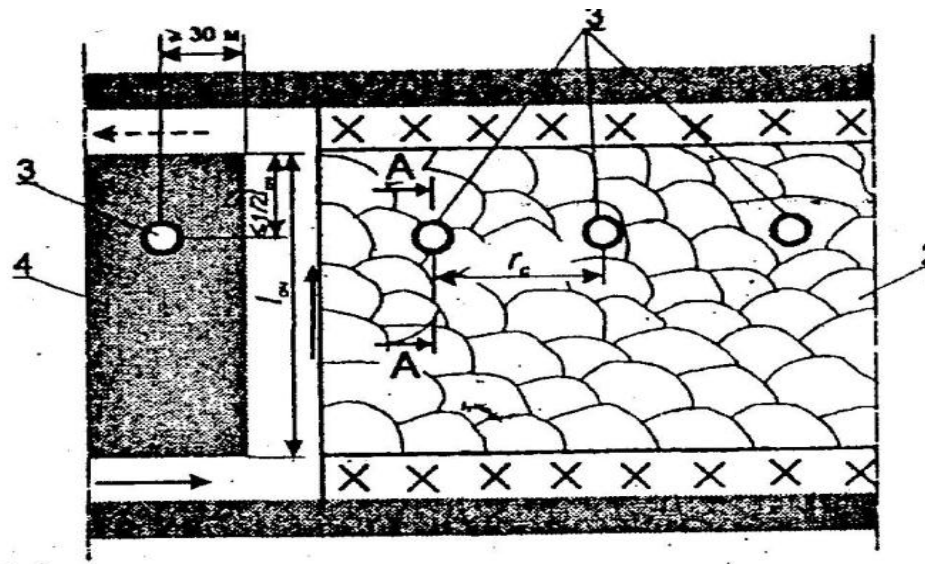


Схема дегазації свердловинами, пробурених з поверхні

Відносну метанообільність визначають щорічно не пізніше 15 січня за результатами щомісячних вимірювань у минулому році абсолютної метанообільності шахти (ділянки) і видобутку вугілля за той же період часу:

$$q_{\text{ш}} = 1440 \left(\sum_{i=1}^n I_{ci} * N_i \right) * k_{\text{э}} / \sum_{i=1}^n A_i$$

Де n - число місяців роботи даного об'єкта (шахти, ділянки) в році; I_{ci} - середня абсолютна метанообільність об'єкта в i - му місяці, $\text{м}^3 / \text{хв}$; N_i - число фактично відпрацьованих днів в місяць по видобутку вугілля; $k_{\text{э}}$ - коефіцієнт, що враховує зольність видобутої гірничої маси, для виїмкових дільниць $k_{\text{э}} = A_{\text{гм}} / A_{\text{пл}}$, для інших об'єктів $k_{\text{э}} = 1$ ($A_{\text{гм}}$ - зольність гірської маси, %; $A_{\text{гм}}$ - зольність вугільних пачок пласта, %); A_i - кількість видобутого вугілля в i - му місяці

Метанообільність пласта ($\text{м}^3/\text{т}$) з глибиною змінюється за гіперболічним законом

$$X_{\text{пл}} = \left(\frac{c(H - H_{\text{м}})}{1 + b(H - H_{\text{м}})} \right),$$

де c , b - постійні для даного пласта коефіцієнта; H - глибина залягання пласта, м ;
 $H_{\text{м}}$ - глибина кордону (поверхні) метанової зони, м .

ефективність застосування того чи іншого способу дегазації визначають по зменшенню метанообільності гірничих виробок і позначають через коефіцієнт ефективності дегазації $K_{\text{ед}}$ або дегазації $K_{\text{д}}$:

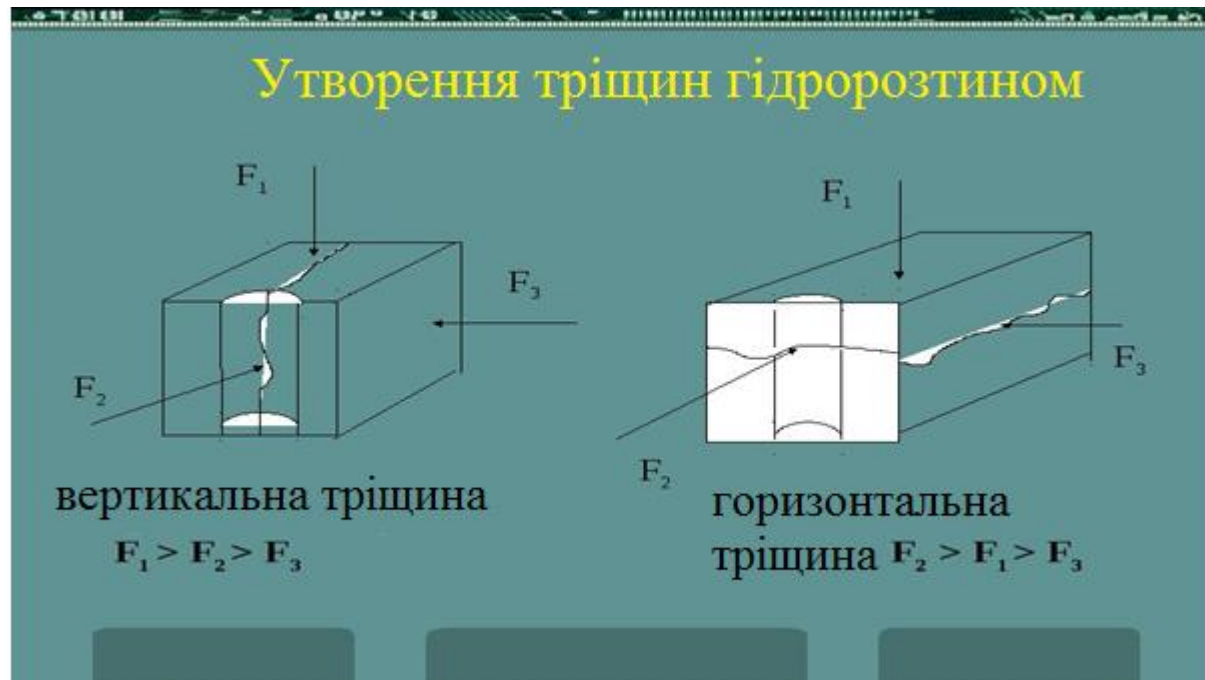
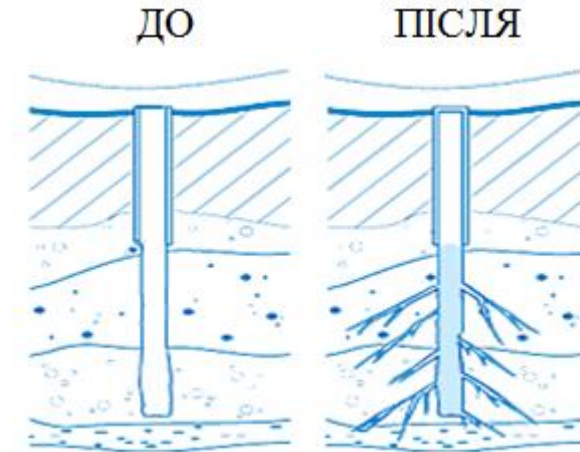
$$k_{\text{е.д}} = \frac{(q - q^I)}{q}; \quad k_{\text{д}} = \frac{(x - x_o^i)}{x},$$

Де q і q^I - метанообільність виробки відповідно до і після дегазації джерел виділення метану в даній виробки, $\text{м}^3/\text{т}$;
 $x - x_o^i$ - метанообільність вугільного пласта відповідно до і після дегазації $\text{м}^3/\text{т}$

ЭФЕКТИВНІСТЬ ЗАХОДІВ ПО ДЕГАЗАЦИИ

- Гідророзтин;

- гідроімпульсними дія з використанням ефекту гідроудару;
- пневмодії з використанням гідроклина;
- циклічне пневмо-гідродії в режимі кавітації;
- знакозмінні гідродії в режимі кавітації;
- з використанням геоенергії вуглегазоносного масиву



Способи впливу на углегазоносний масив

Параметри технології підземного гідророзриву

- темп нагнітання робочого агента;
- тиск його нагнітання;
- режим закачування
- ефективна довжина свердловин гідророзриву;
- обсяг нагнітання
- радіус гідророзриву

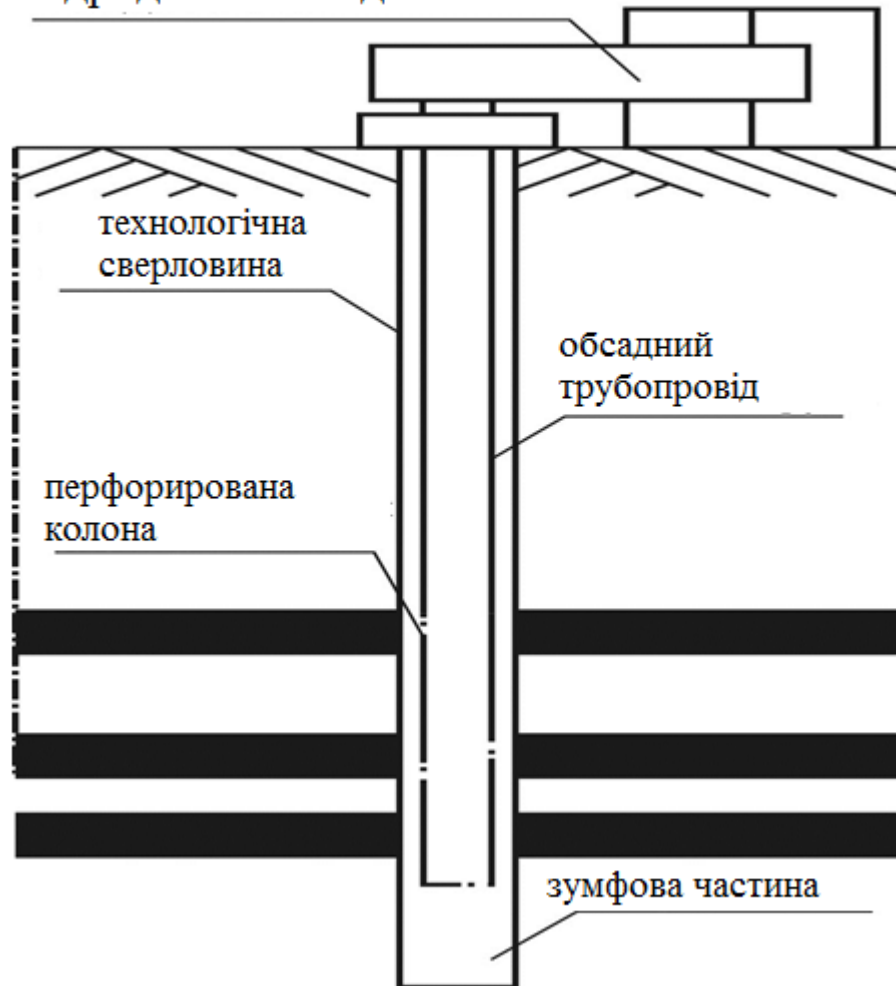


1. Буріння свердловин з перекриттям відпрацьованих пластів, обсадка і цементация
2. Закачування води (500 м³ і більше) з метою розкриття тріщин в радіусі 120-150 м без порушення структури вугільного пласта і супутніх порід
3. Консервація свердловин на 12 міс
4. Спуск води і добування метану з свердловин за допомогою верстата направленого буріння з гірських виробок.
5. Добування метану з підземних свердловин в зонах впливів ГРП

Параметри	Показники
Діаметр свердловин	93-132 мм
довжина свердловин	37 - 146 м
Відстань між свердловинами	70-100 м
темп закачування	5-10 л/с
обсяг закачування	20-100 м ³



Основні технологічні операції:

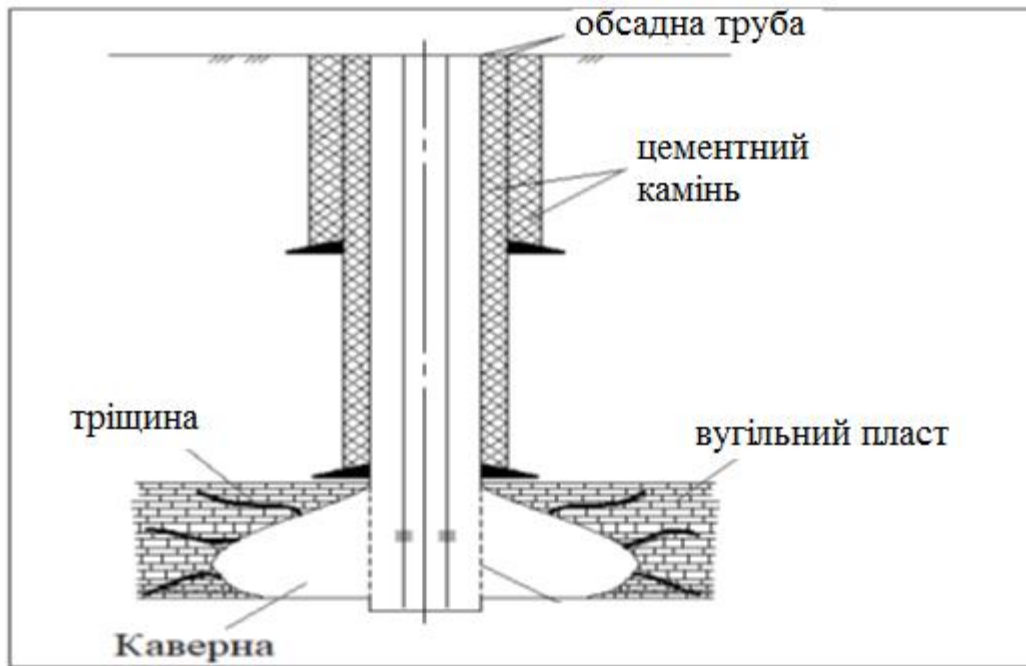
Обладнання для
гідродинамічної дії

Основні параметри технології:

- вибір робочої рідини і концентрацій добавок ХАВ, що забезпечують ефективне разупрочнення монолітних порід;
- вибір варіанта обробки породного масиву (обробка основної покрівлі, обробка ґрунту або спільна їх обробка);
- розташування перфораційних отворів і вибір способу перфорації породної товщі;
- режим гідродинамічного впливу, обсяг робочої рідини і вибір відстаней між свердловинами;
- час витримки робочої рідини в масиві

Технологія гідродинамічного впливу на газонасичених гірський масив для інтенсифікації видобутку метану

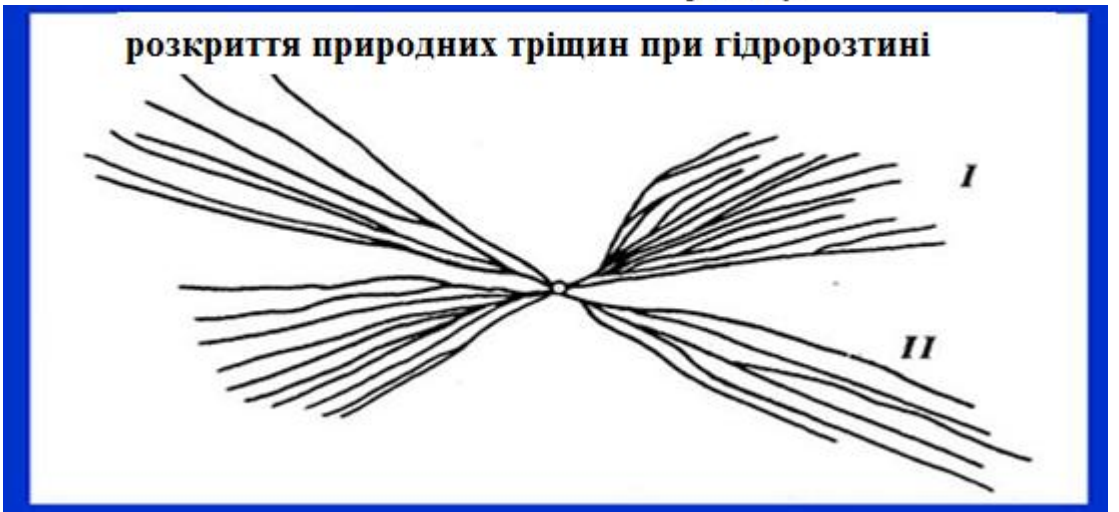
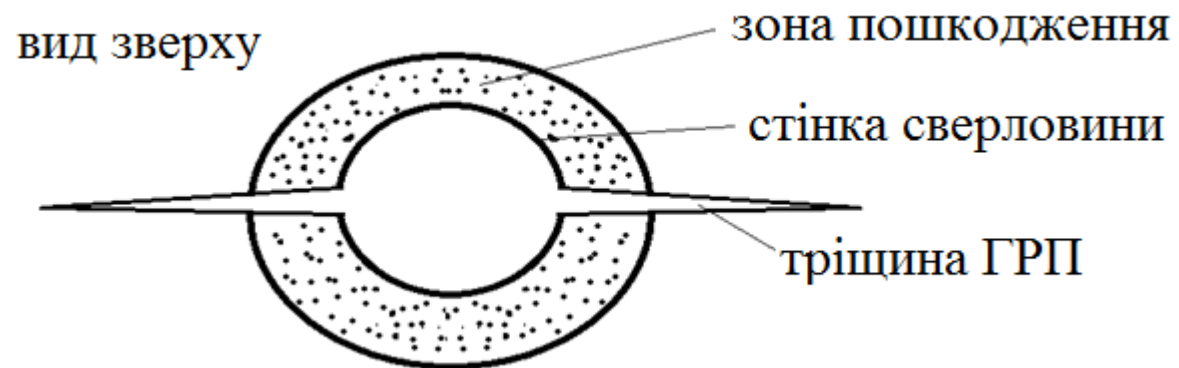
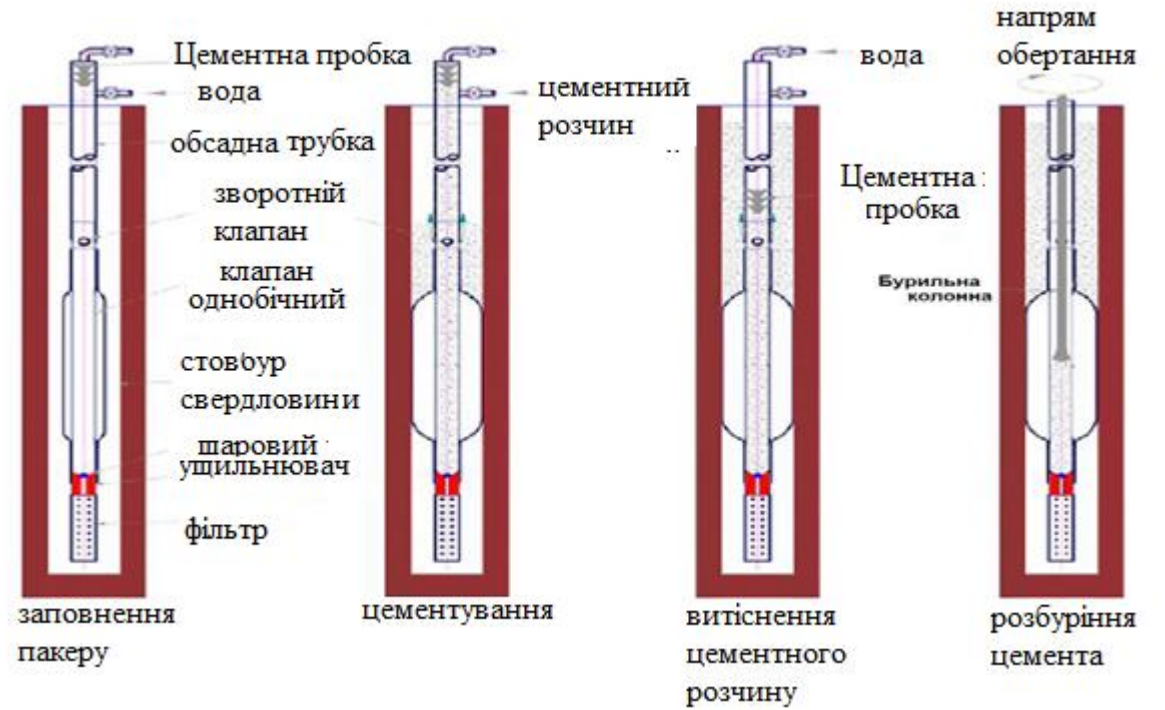




Параметрами гідрообробки породної товщі

- вибір робочої рідини і концентрацій добавок ХАВ, що забезпечують ефективне разупрочнення монолітних порід; вибір варіанта обробки породного масиву (обробка основної покрівлі, обробка ґрунту або спільна їх обробка);
- розташування перфораційних отворів і вибір способу перфорації породної товщі;
- режим гідродинамічного впливу, обсяг робочої рідини і вибір відстаней між свердловинами;
- час витримки робочої рідини в масиві

Умови закладення метанодобичних свердловин з поверхні



Технологія гідрорасчленення поверхневими свердловинами



Для розшарування пласта, а саме для утворення в пласті горизонтальної тріщини, необхідно всередині пористого простору створити тиск P_r , що перевищує гірське на величину опору гірських порід на розрив, так як треба подолати сили зчеплення частинок породи,

$$P_r = P_g + \sigma_z$$

На пласт в вертикальному напрямку діє сила, рівна вазі верхніх порід. Щільність гірських осадових порід зазвичай приймається рівною 2300 кг/м^3 . Тиск гірських порід дорівнюватиме

$$P_g = P_p * g * H$$

Суть методу

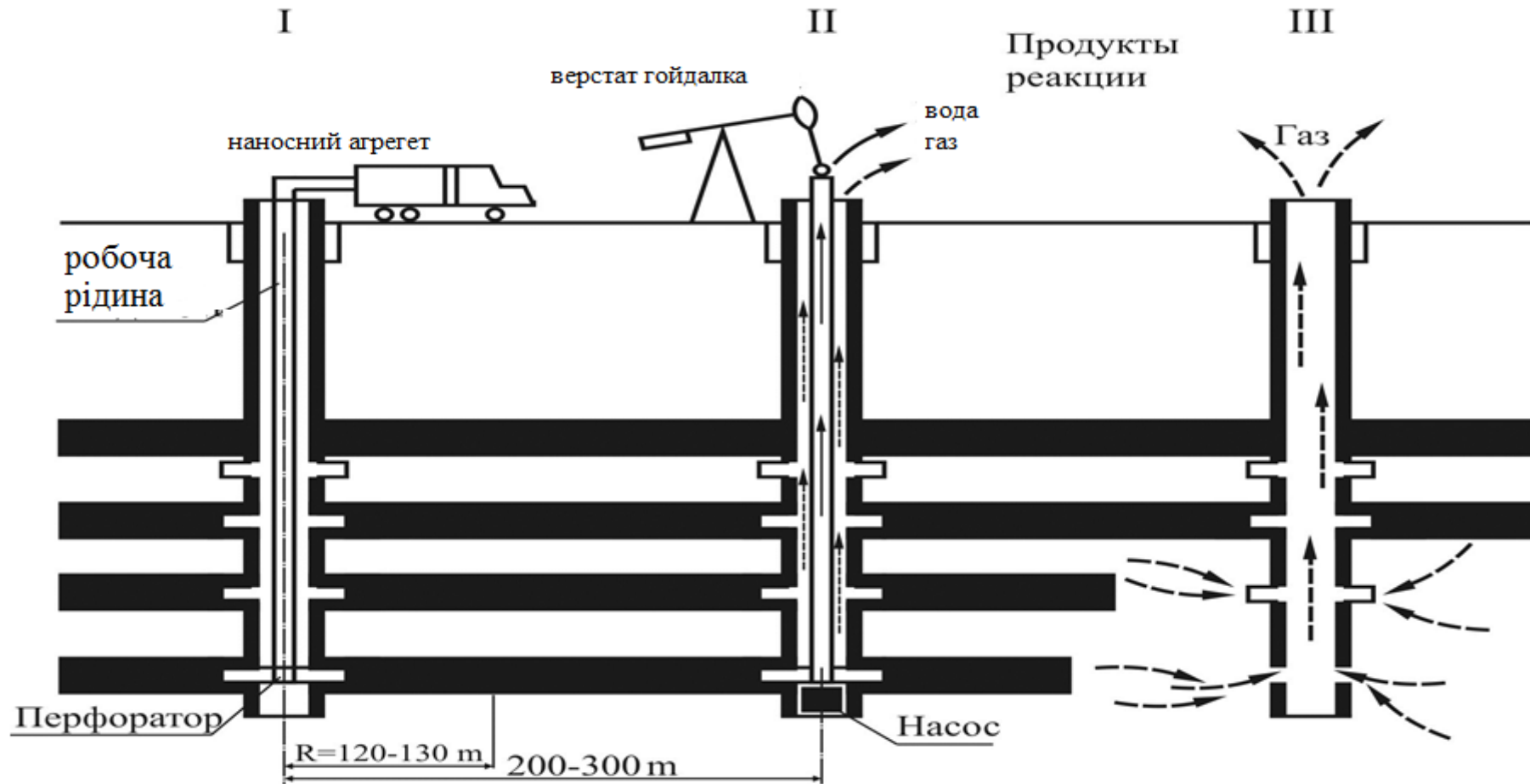
полягає в нагнітанні в проникний пласт рідини при високому тиску (до 100 Мпа), під дією якого пласт розщеплюється, по площинах нашарування, або уздовж природних тріщин.

для попередження змикання тріщин при знятті тиску в них, разом з рідиною закачується крупний пісок (проппанта), який зберігає проникність тріщин, в тисячі раз перевищуючу проникність ненарушеного пласта.

На ступінь вдавнення проппанта впливають:

- розмір часток проппанта;
- міцність проппанта;
- твердість проппанта.

Технологія гідророзриву газовугільної пласта свердловинами з поверхні



I - гідродинамічний вплив на пласт;

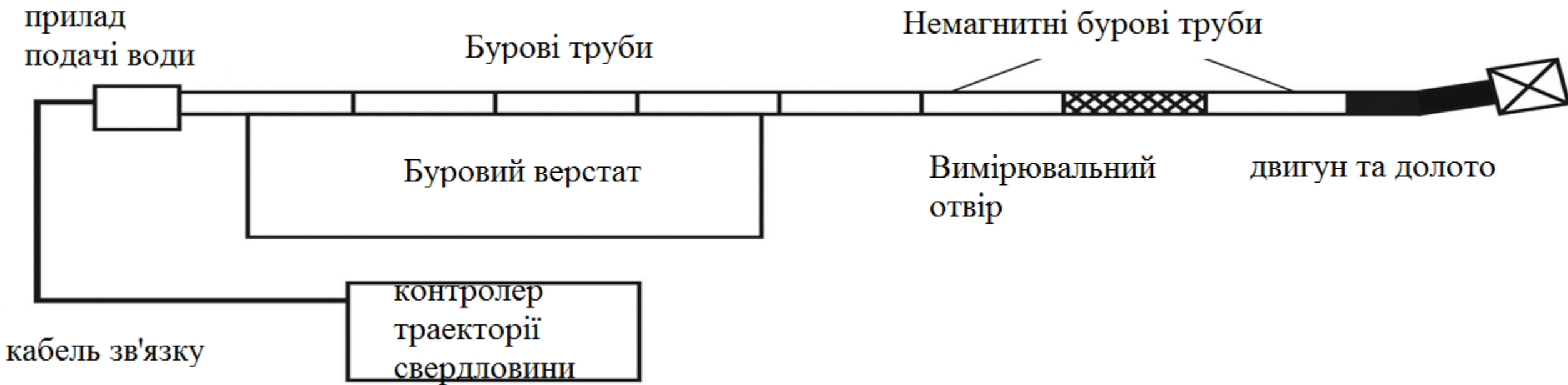
II - відкачка води та газу з імпорту, без розвантаження пласта;

III - відкачка газу з виробленого простору після підробки свердловини

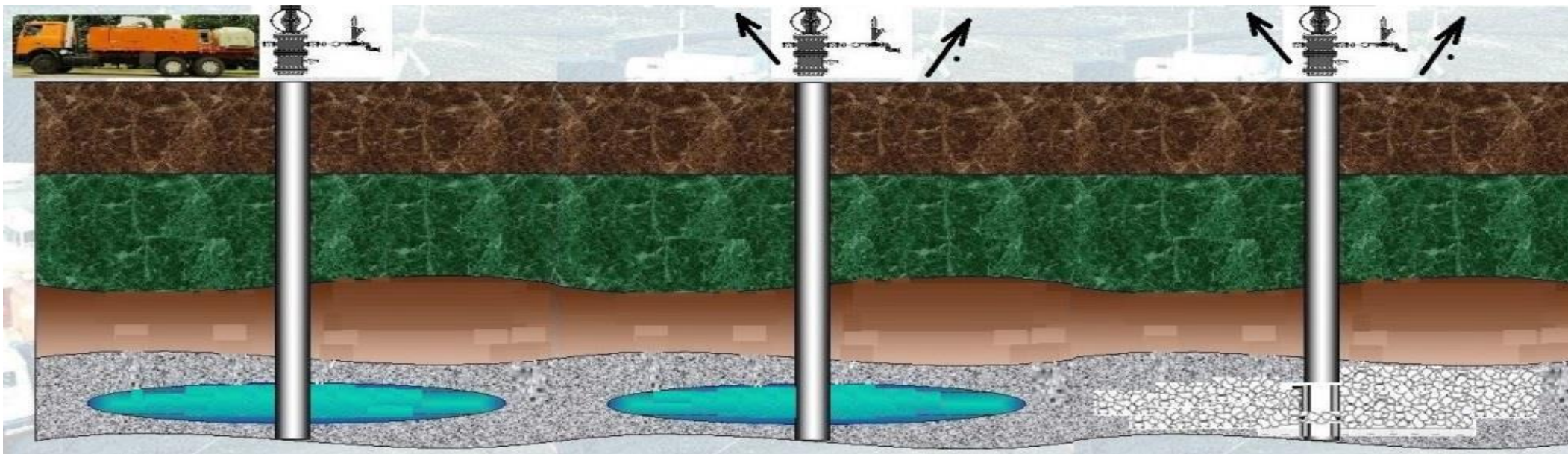
Технологія попутного видобутку метану з вугільних пластів свердловинами з поверхні



Технологія спрямованого буріння системи підземних горизонтальних свердловин в виїмковій стовпі



Комплект обладнання для спрямованого горизонтального буріння дегазаційних свердловин



I - ГРП на незвантажений вугільний пласт;

II - освоєння свердловин (відкачка на поверхню або видалення води в гірничі виробки, добування метану);

III - дегазація підробленого масиву

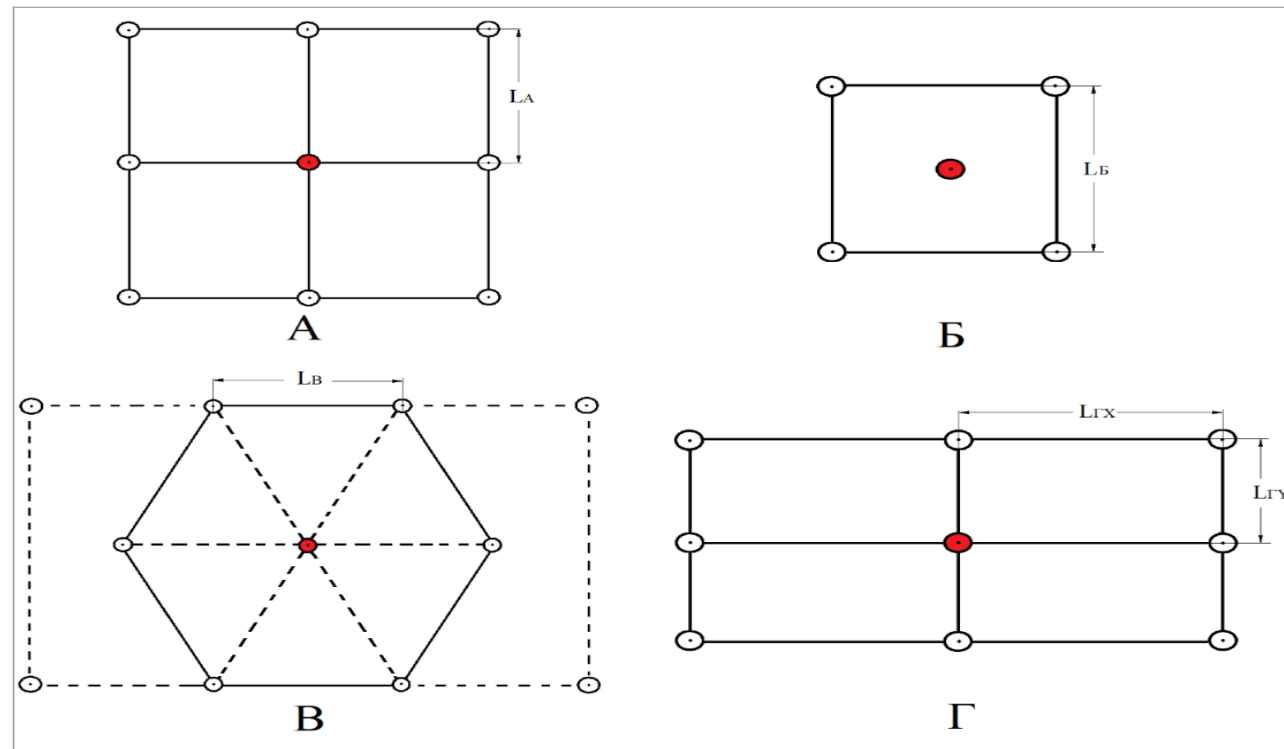
Переобладнання геологорозвідувальних свердловин на ділянках шахтних полів з високою природною газоносністю з метою організації виробництва завчасної дегазації формує комплексний підхід до освоєння метановугільну родовища шляхом створення єдиного газопроводу для мережі переобладнаних дегазаційних свердловин.



Економічна ефективність даного підходу буде складатися з чотирьох основних складових:

- 1) будівництво багатофункціональних свердловин, що дозволяють виконувати геологічне вивчення і завчасну дегазацію без додаткового буріння зони метановивітрювання і безвугільної товщі;
- 2) забезпечення подальшої безпечної видобутку вугілля за рахунок проведення завчасної дегазації високогазоносних ділянок шахтного поля і досягнення високопродуктивної роботи очисного забою без зупинок по газовому фактору;
- 3) використання метану на технологічні потреби споруджуваного вугледобувного підприємства (виробництво енергії і пара, заправка автомобілів);
- 4) зниження плати за викиди метану в атмосферу за рахунок використання і спалювання надлишків в спеціалізованих установках або їх реалізації довколишніх споживачам.





Розташування свердловин по площі встановлюють, виходячи з форми поклади, геологічної будови родовища, характеристики колекторів і т.д

Варіанти А, Б і В - рівномірні сітки. Відстані між усіма свердловинами однакові.

Варіант Г - рівномірно-змінні сітки. Відстань між свердловинами в рядах більше або менше відстані між рядами свердловин.

Умови закладення сітки метановидобувних свердловин

- екологічна чистота (прилади ПІВ працюють в природних геологічних умовах свердловин без добавок реагентів);
- використовується при будь-обводненні вугільних пластів, для впливу приладу на пласт необхідний флюїд в свердловині;
- покращує проникність прискважинної зони видобувних і нагнітальних свердловин та продуктивних пластів в цілому;
- кратно збільшує прийомистість нагнітальних свердловин незалежно від їх попереднього призначення;
- впливає на сусідні свердловини, які відгукуються позитивним дебітом;
- технологія дає позитивні результати на родовищах в колекторах будь-геологічної складності; - безпечний в експлуатації;
- скорочує період освоєння нової свердловини і термін виведення її на режим експлуатації.



Процес виведення
проектованих свердловин
на режим експлуатації
підрозділяється на 4
етапи:

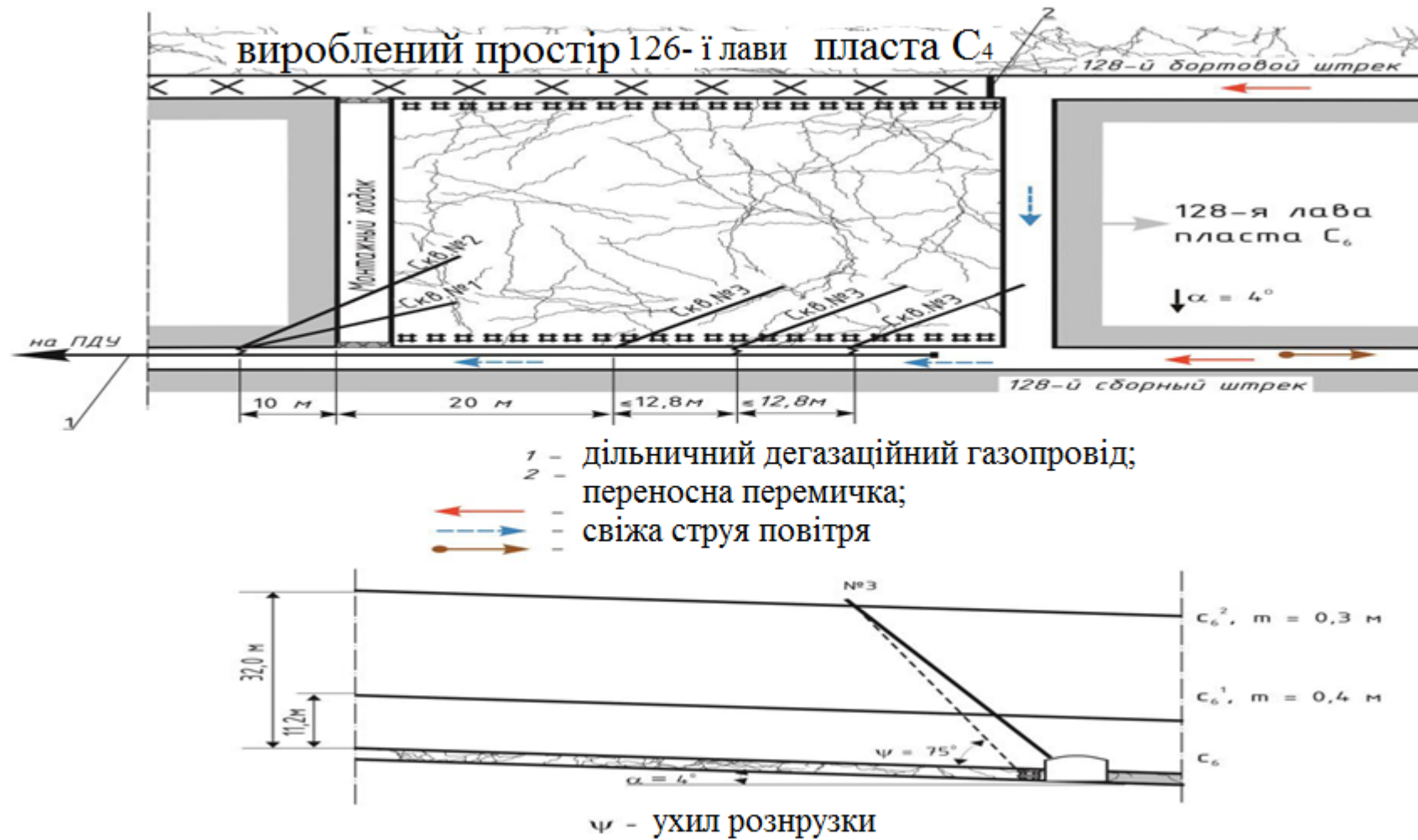
етап відбору води і
зниження пластового
тиску

етап початкового
надходження газу

етап максимального
дебіту

етап відносно стабільною
експлуатації

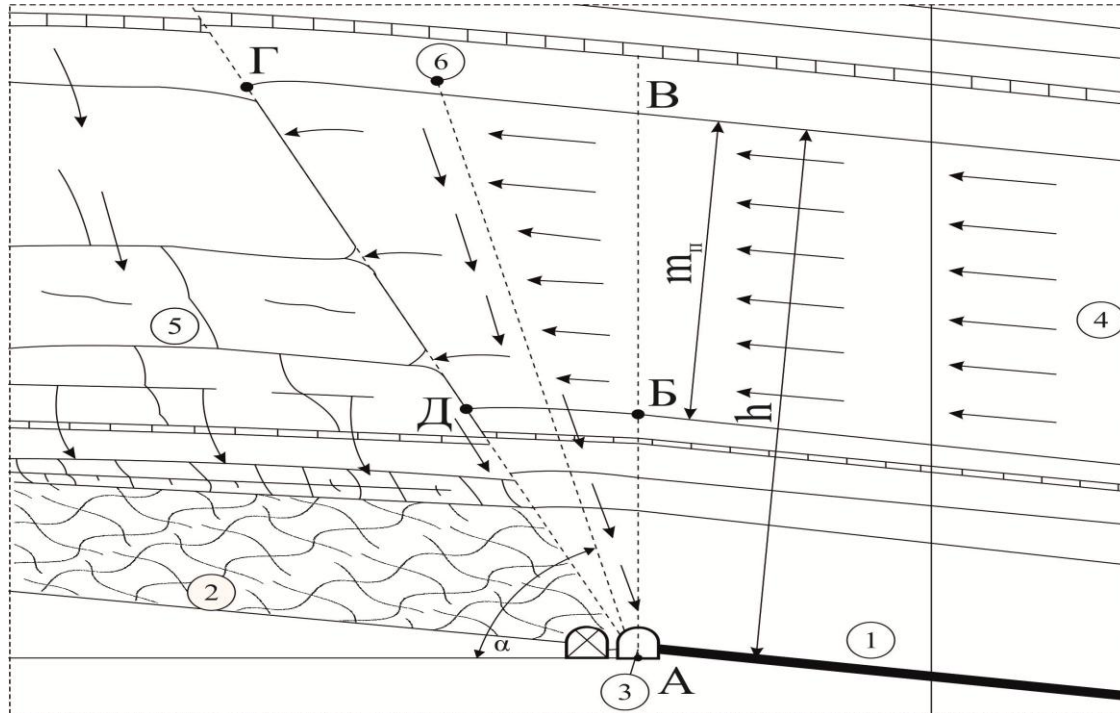




ш-та «Степна», 128 лава пласта С₆,)

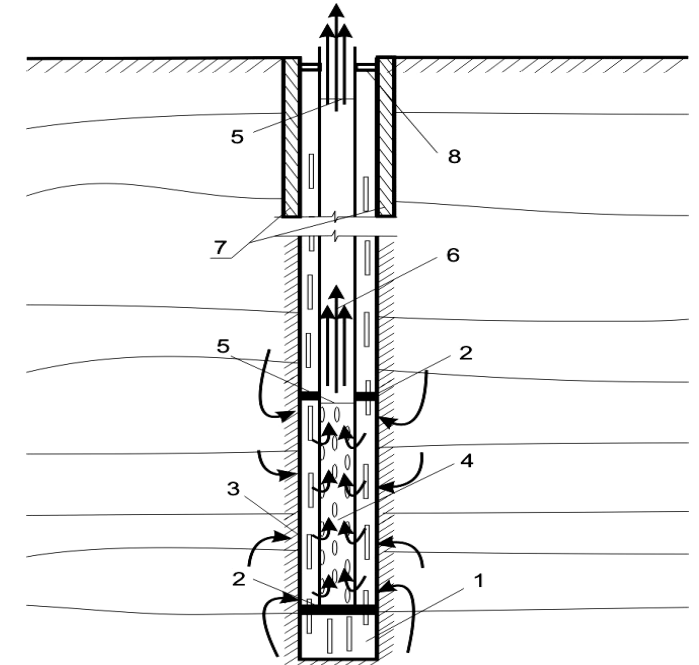
Технологія розробки газоносного пласта С₆ з дегазацією виробленого простору свердловинами

**Потоки метану
при випереджаючій дегазації
(Патент України)**



- 1 - вугільний пласт нової лави;
- 2 - відпрацьований простір суміжній старої лави;
- 3 - підготовча виробка;
- 4 - геологічний об'єкт дегазації;
- 5 - перетин зони найбільшого прогину порід;
- 6 - дегазаційна свердловина

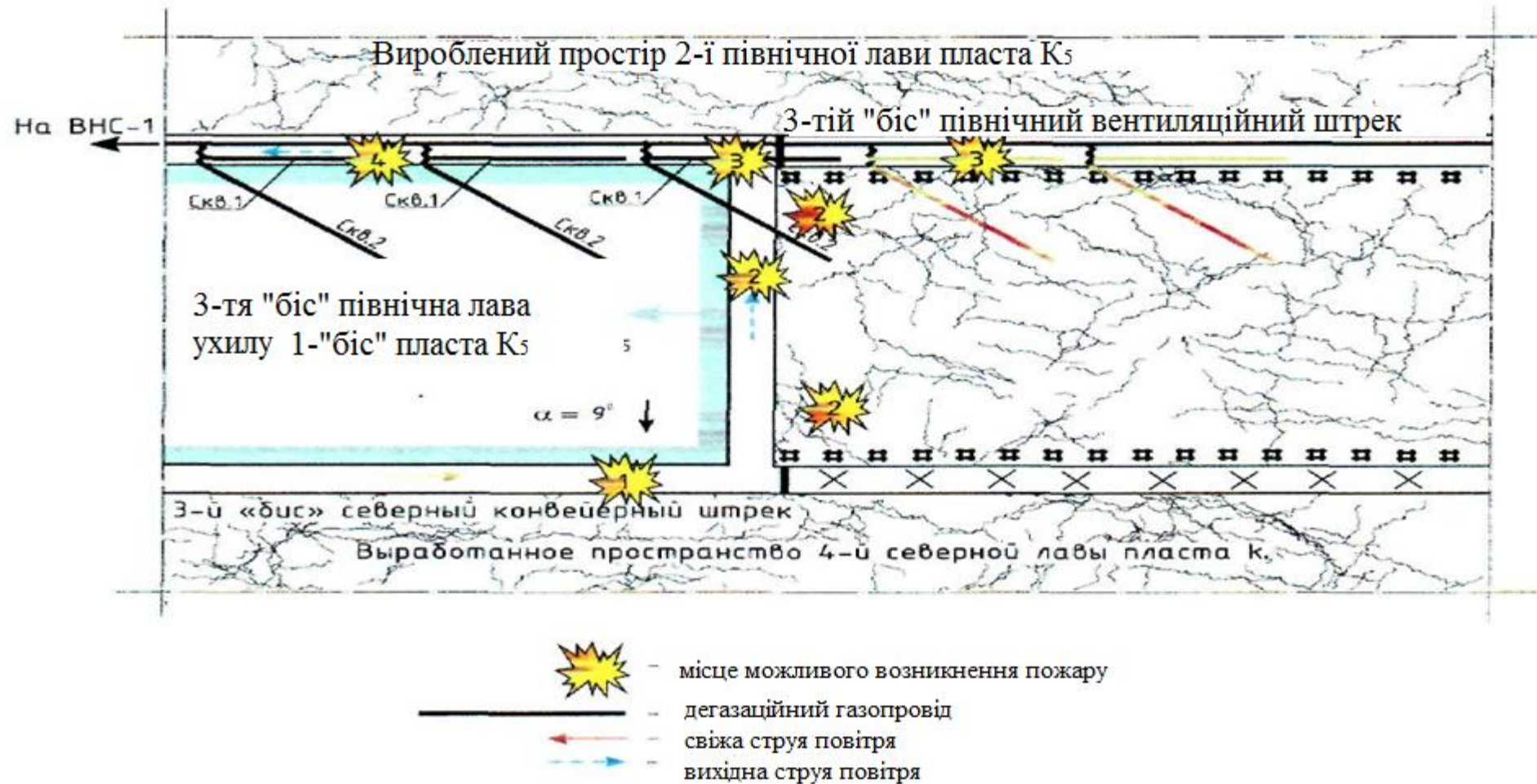
**Добування метану з масиву із застосуванням
еластичного герметизатора
(НТУ «ДП», Патент України)**



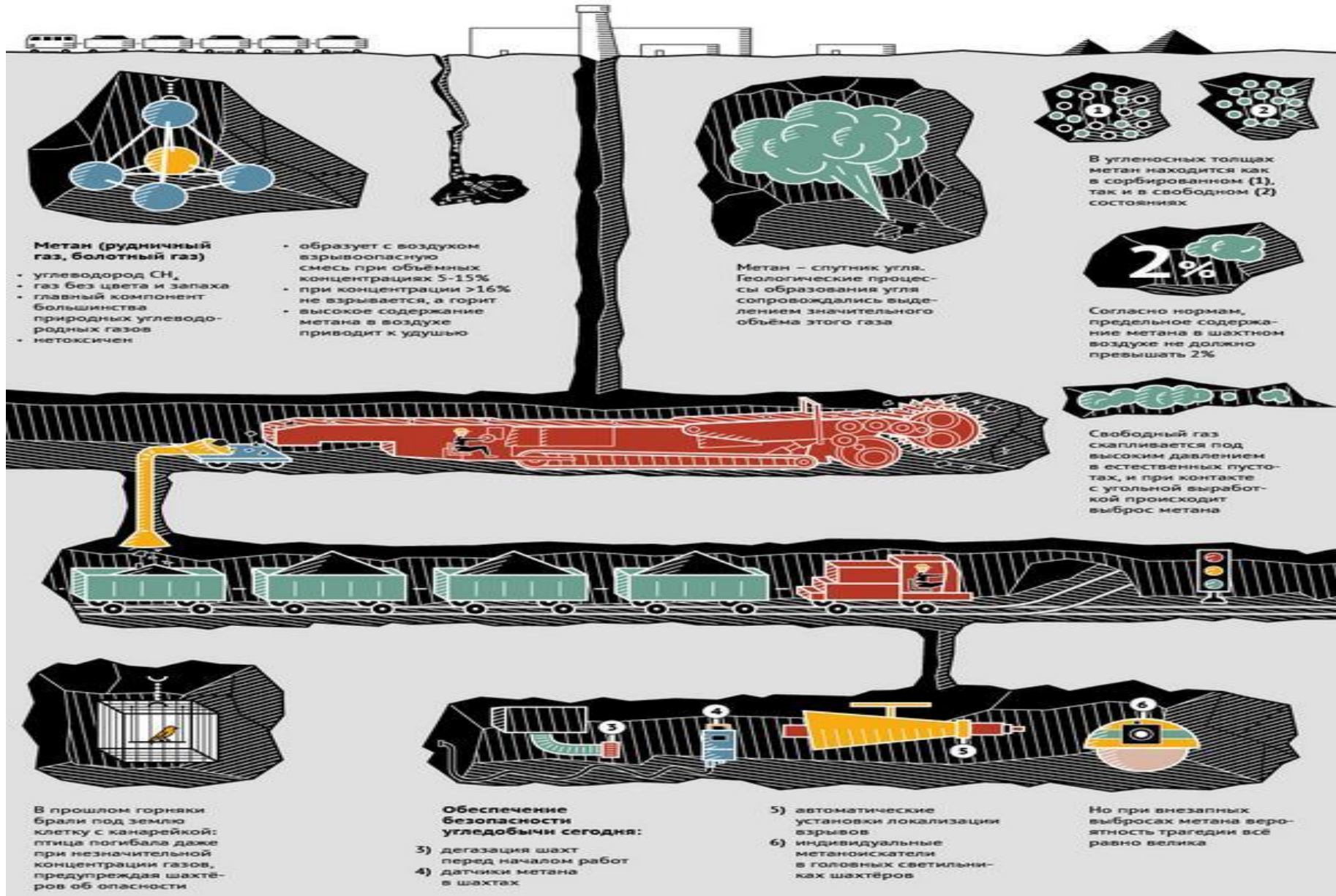
- 1 - дегазаційна свердловина;
- 2 - еластична манжета;
- 3 - перфорована обсадная труба;
- 4 - перфорована секція відсмоктує труби;
- 5 - різьбове з'єднання відсмоктує труби;
- 6 - збірна відсмоктуюча труба;
- 7 - герметизоване устє свердловини;
- 8 - еластичне ущільнення

Технологія вилучення метану з вуглепородного масиву (шахта «Степова»)

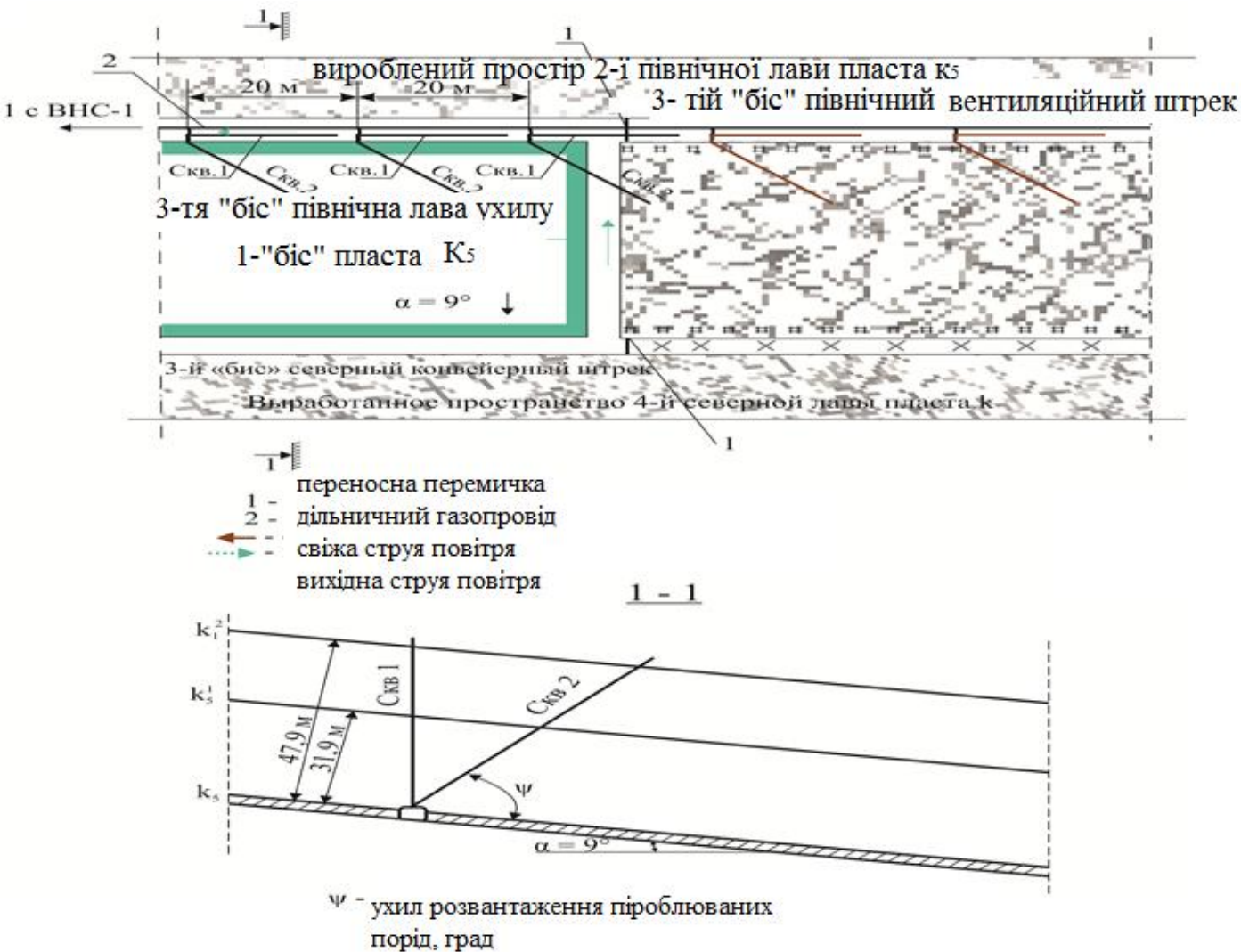
Розташування місць можливого виникнення пожежі



Особенности разработки газоносного пласта k₅ (Ш-та «Краснолиманська», північна лава ухилу 1 «біс»)



Комплексна дегазації порід покрівлі і виробленого простору лави



Середнє очікуване метановиділення на виїмковій ділянці

де $l_{уч, ф.}$ - пор. абсол. метановість виїмкової ділянки, $m^3/хв$;
 $L_{оч, р.}$ - довжина очисної виробки, для якої розраховується
 очікуване метановиділення, м;

$L_{оч, ф.}$ - довжина очисної виробки, для якої визначено
 фактичне метановиділення, м;

$Ar.$ - планована видобуток вугілля, т / добу;

$AF.$ - середня видобуток вугілля, при якій визначалося
 фактичне метановиділення, т / добу;

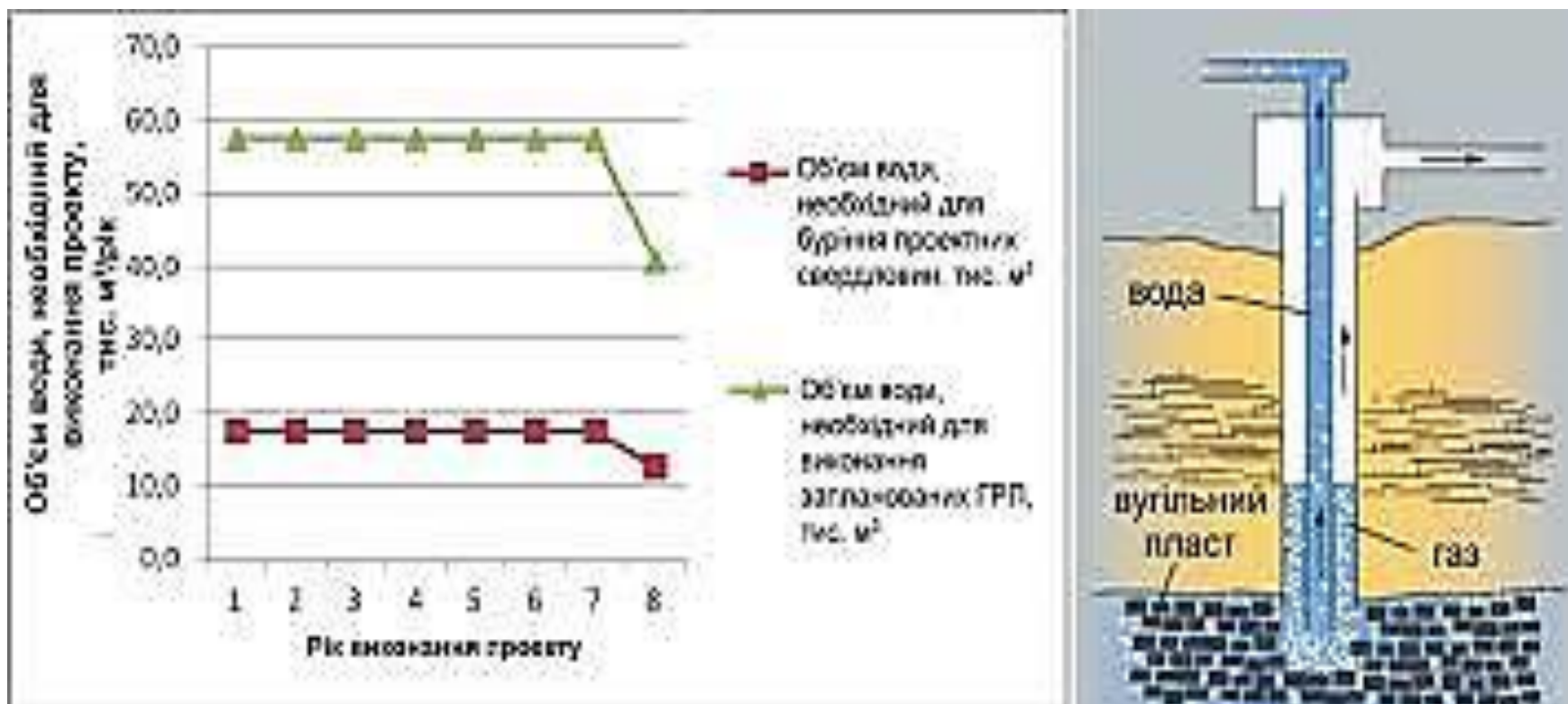
$k_{с.р.}$ - коефіцієнт, що враховує зміну системи розробки;

$k_{г.ф.}$ - коефіцієнт, що враховує зміну метанообільності
 виробок з глибиною розробки.

**Технологія комплексної дегазації виїмкової ділянки (Ш-та «Краснолиманська»,
 північна лава ухилу 1 «біс»)**

- пневморозчленування (ПРП);
- пневмодія на водонасичений вугільний пласт (ПВ);
- ГРП з використанням зрідженого азоту (Криоген ГРП);
- тепловий вплив (ТБ);
- гідроімпульсний вплив з використанням порохових генераторів тиску (ПГД);
- вплив на пласт хімічно активними газами (ГРП + CO₂);
- пневмогідродинамічний вплив на вугільний пласт в режимі кавітації;
- плазмово-імпульсний вплив (далі ПІВ) і





**Складові
економічної
ефективності**

1. Будівництво багатофункціональних свердловин, що дозволяють виконувати геологічне вивчення і завчасну дегазацію без додаткового буріння зони метановиветріння і безвугільної товщі

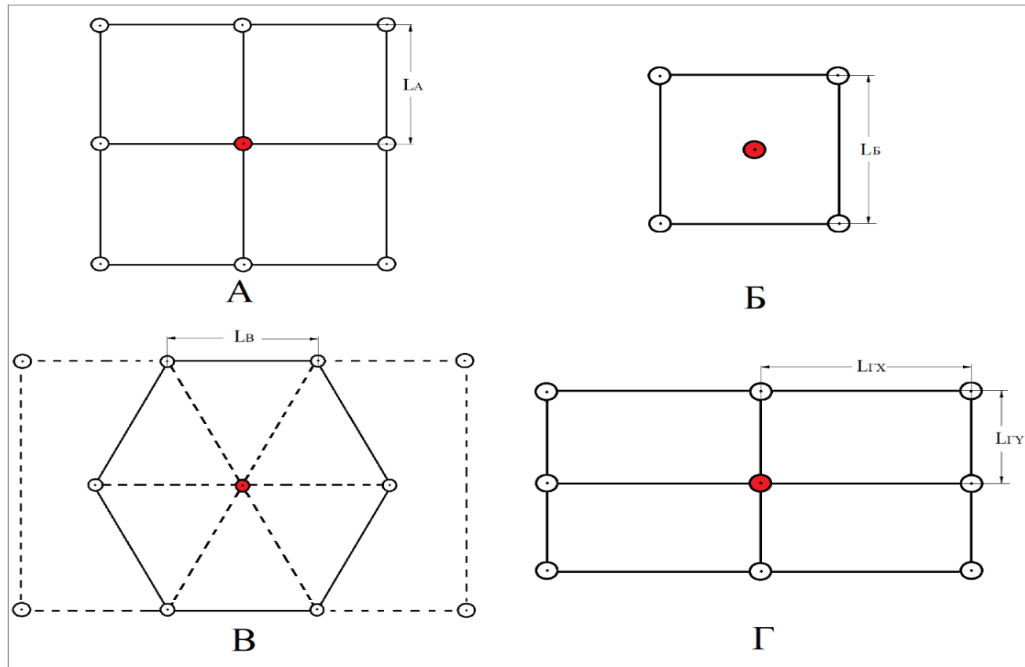
2. Забезпечення подальшого безпечного видобутку вугілля за рахунок:
- проведення завчасної дегазації високогазоносних ділянок шахтного поля;
- досягнення високопродуктивної роботи очисного забою без зупинок по газовому фактору

3. Використання метану на технологічні потреби споруджуваного вугледобувного підприємства (виробництво енергії і пара, заправка автомобілів);

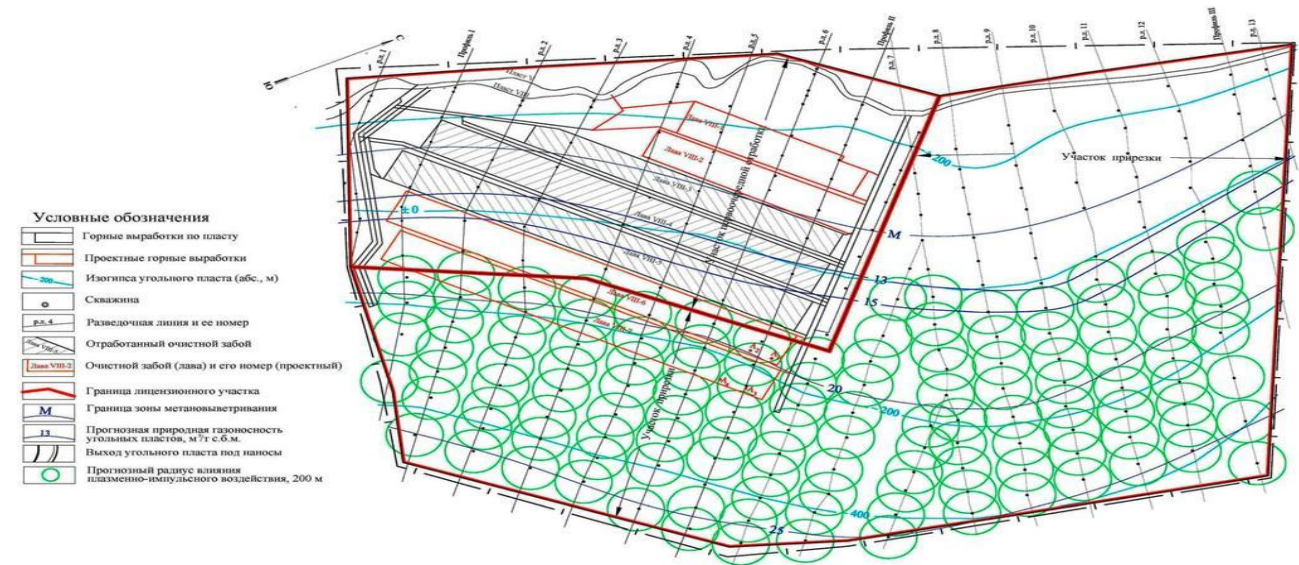
4. Зниження плати за викиди метану в атмосферу за рахунок:
- використання і спалювання надлишків в спеціалізованих установках;
- реалізації довколишнім споживачам



Сітки метанодобувних свердловин



Розташування поверхових метанодобувних свердловин в межах шахтного поля



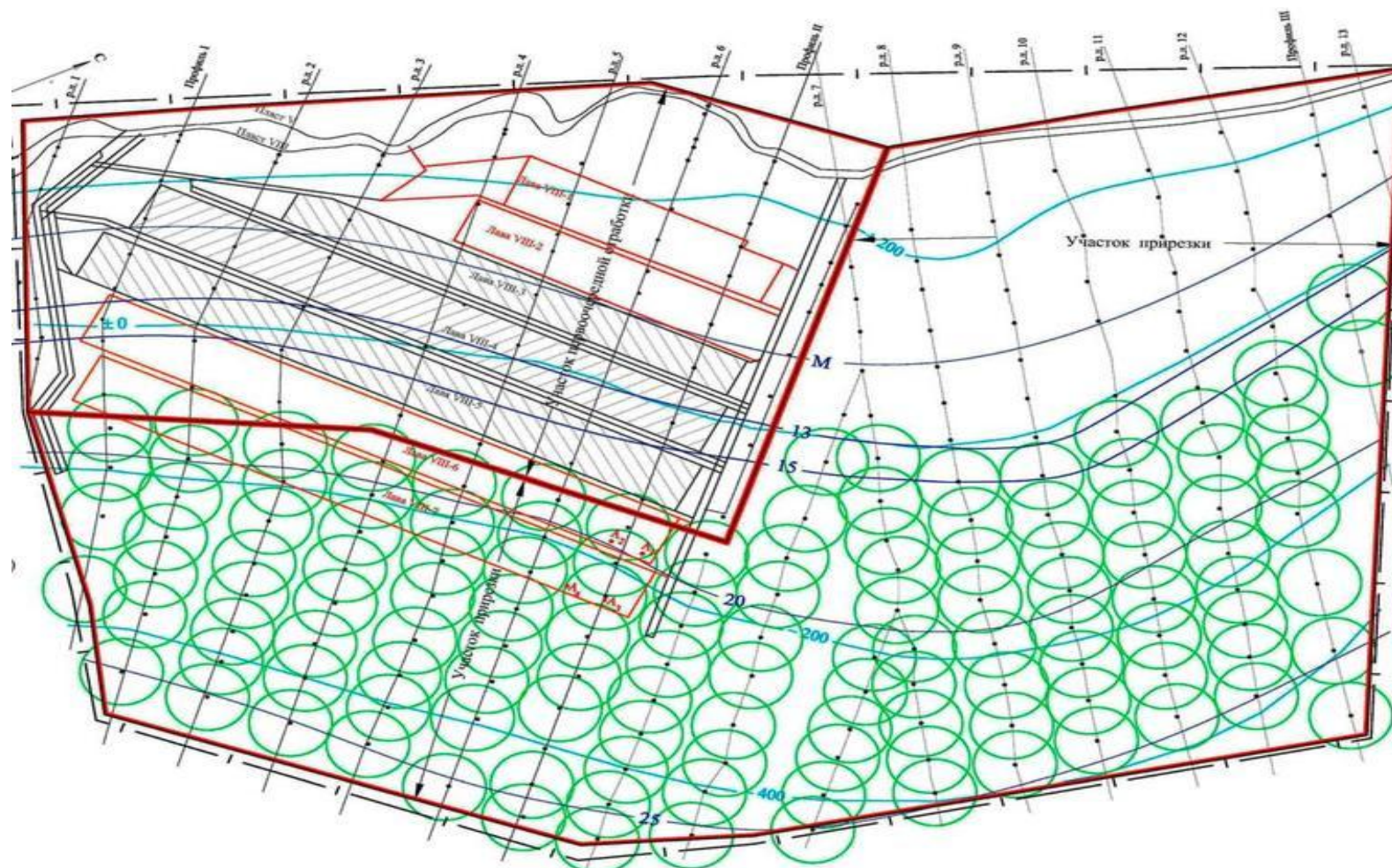
Розташування свердловин по площі встановлюють, виходячи з форми покладу, геологічної будови родовища, характеристики колекторів і т.д

Варіанти А, Б, В – рівномірні сітки. Відстані між всіма свердловинами однакові

Варіант Г - відстані між свердловинами в рядах більше або менше відстані між рядами свердловин

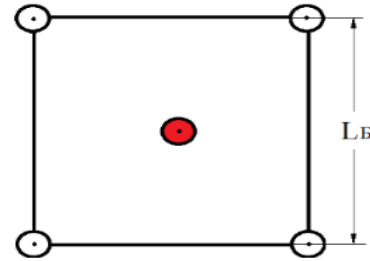
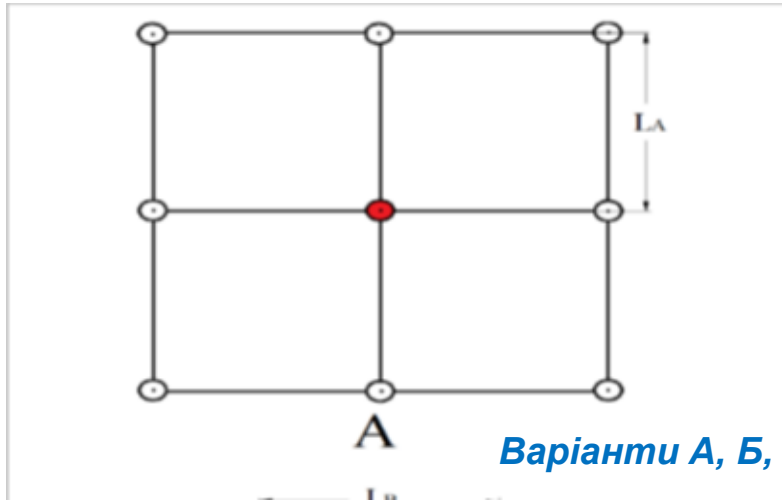


Переобладнання геологорозвідувальних свердловин на ділянках шахтних полів з високою природною газоносністю з метою організації виробництва завчасної дегазації формує комплексний підхід до освоєння метановугільних родовищ шляхом створення єдиного газопроводу для мережі переобладнаних дегазаційних свердловин.

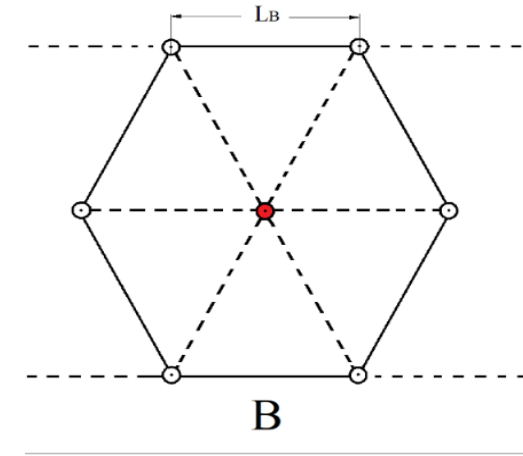


Розташування свердловин по площі встановлюють:
виходячи з форми покладу; геологічної будови родовища; характеристики колекторів і тд.

Рівномірні сітки



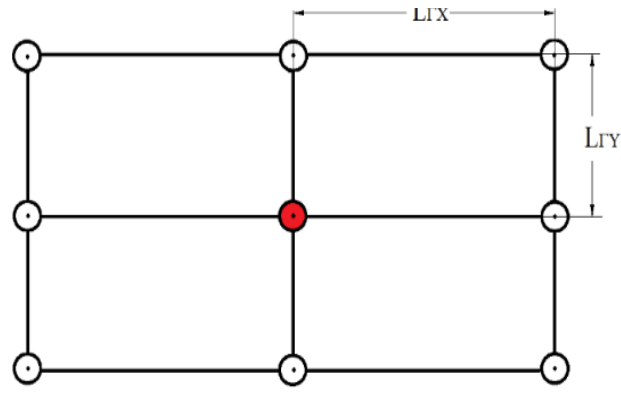
Б



В

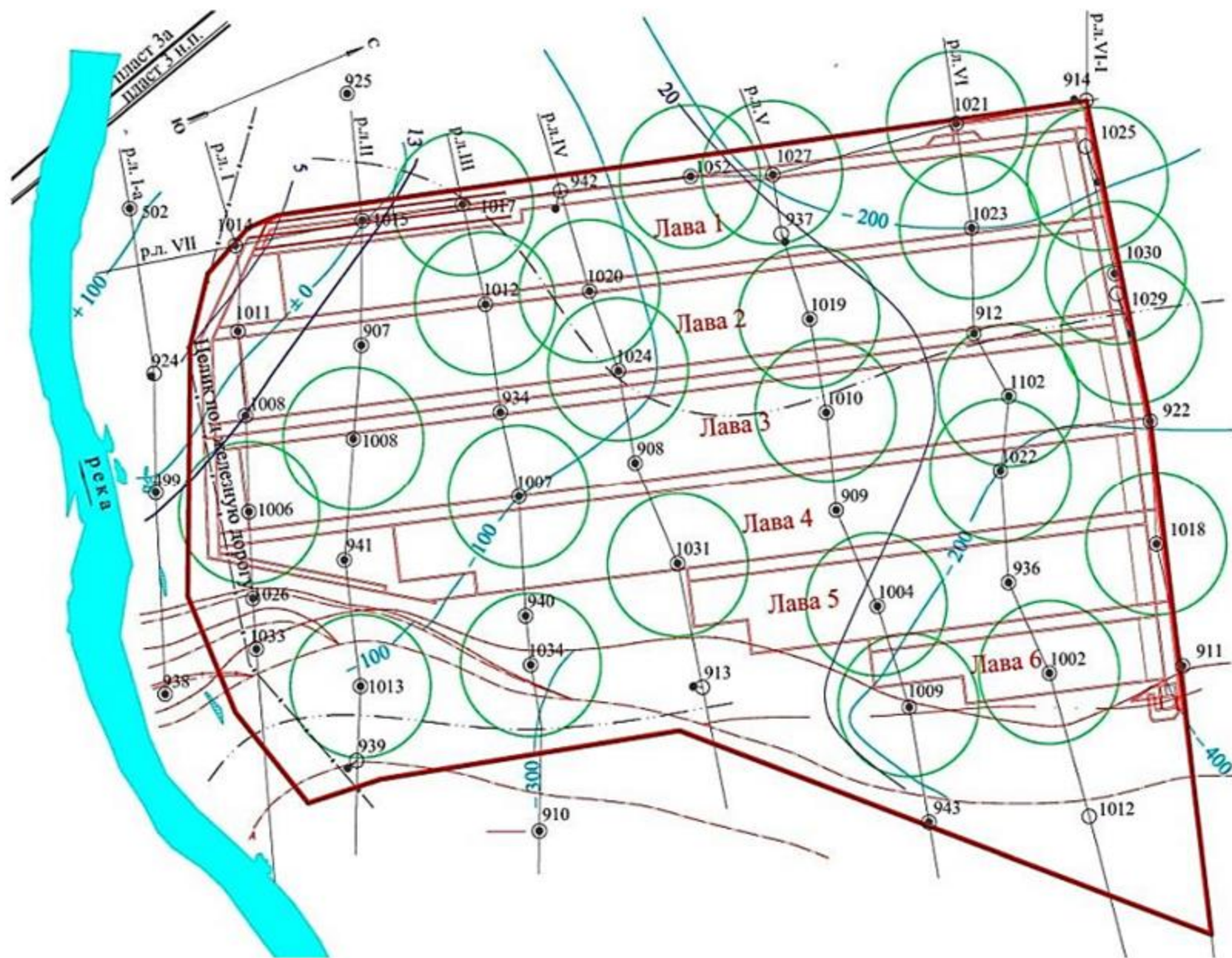
Варіанти А, Б, В - відстані між всіма свердловинами однакові

Рівномірно-змінні сітки



Варіант Г - відстані між свердловинами в рядах більше або менше відстані між рядами свердловин

УМОВИ ЗАКЛАДАННЯ СІТКИ МЕТАНОДОБУВНИХ СВЕРДЛОВИН



Умовні позначення

	Цілик під залізницю
	Диз'юнктивні порушення
	Вісь синклінальної складки
	ізогіпса вугільного пласту
	свердловина та її номер
	розвідувальна лінія та її номер
	проектні гірничі виробки
	вибій (лава) та його номер
	межа ліцензійної ділянки
	прогнозна природна газорясність вугільного пласту
	вихід вугільного пласту під насоси
	прогнозний радіус впливу плазмено-імпульсної дії, 200 м
	водні об'єкти

Радіус дії розвідувально-дегазаційної свердловини на пласт, м	Категорія запасов	Відстань між розвідувальними лініями по категоріям запасів, м	Відстань між свердловинами на лінії по категоріям запасів, м	Вплив щільності розвідувальної мережі на площу перекриття ділянки дегазації, %
200	A	600–800	200–400	45–78
	B	800–1200	400–600	20–45
	C ₁	До 2000	До 1000	15–28
300	A	600–800	200–400	72–100
	B	800–1200	400–600	35–75
	C ₁	До 2000	До 1000	15–28



Вилучення метану геолого-розвідувальними свердловинами

Кількість видобутого метану ($Q_{\text{вл. м}}$) з урахуванням виробництва завчасної дегазації переобладнаними геолого-розвідувальними свердловинами за період освоєння до 10 років

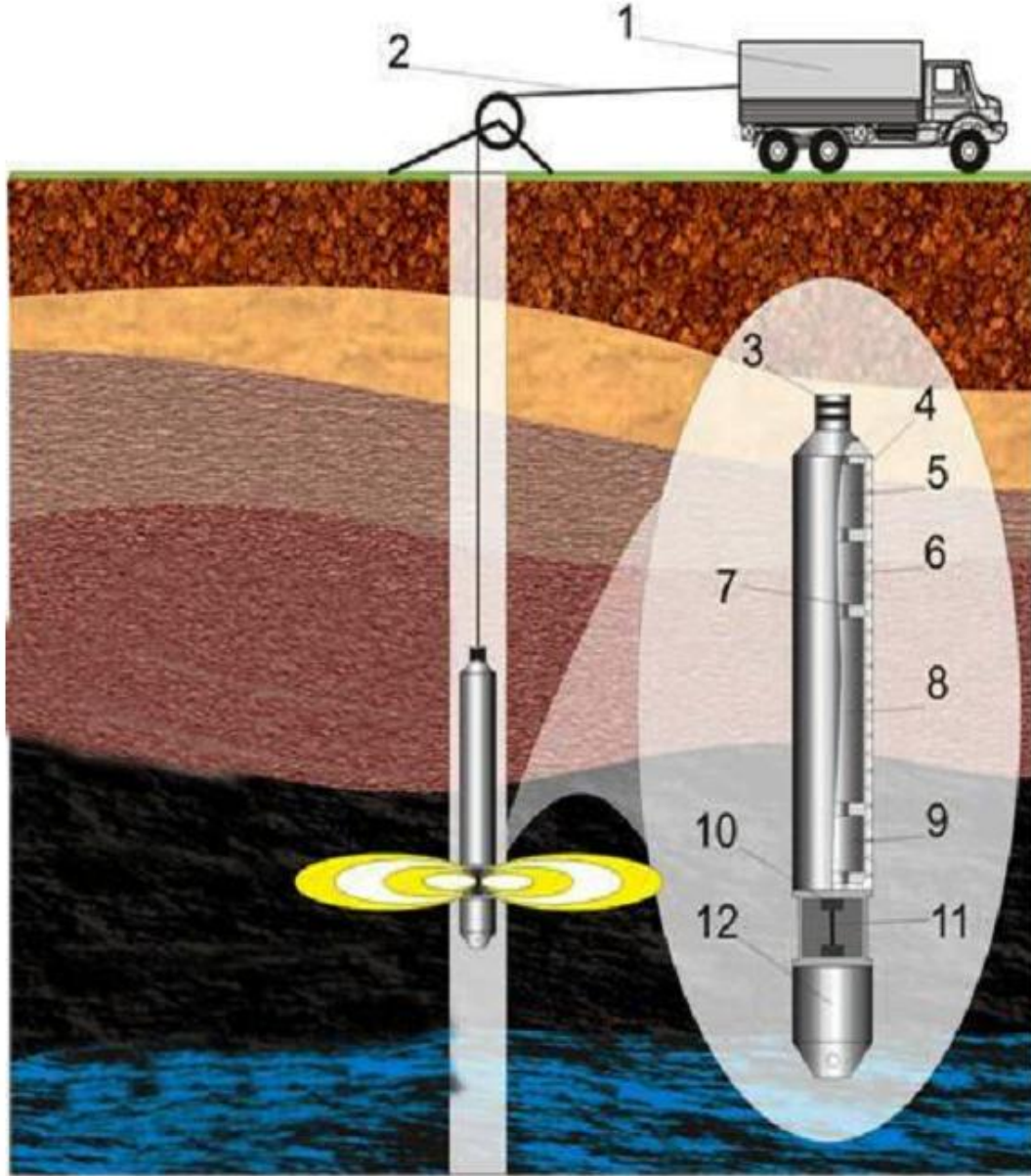
$$Q_{\text{вл. м}} = Q_{\text{св}} * n * t,$$

де $Q_{\text{св}}$ – максимально отримані дебіти метану, за даними НДДКР (розраховані пропорційно з урахуванням потужності пластів), м³/добу;

n – кількість переобладнаних геологорозвідувальних свердловин;

t - час проведення завчасної дегазації, добу.





Комплексне обладнання для виробки ПВ вугільних пластів:

- 1 - каротажний витяг;
- 2 - геофізичний кабель;
- 3 - з'єднання з геофізичним кабелем;
- 4 - корпус свєдловинного приладу;
- 5 - високовольний трансформатор;
- 6 - високовольний блок;
- 7 - з'єднувальні лінії;
- 8 - блок накопичувальних конденсаторів;
- 9 - прилад управління прибором;
- 10 - електроди випромінювача;
- 11 - плазмений канал;
- 12 - корпус

Комплексне обладнання для вилучення

Залишкова природна газоносність при завчасній дегазації вугільного пласта переобладнаними геолого-розвідувальними свердловинами

Залишкова природна газоносність ($M_{ост}$) типових ділянок з урахуванням виробництва завчасної дегазації переобладнаними геолого-розвідувальними свердловинами визначається виразом:

$$M_{ост} = Q_{ост. м} + Q_{уг},$$

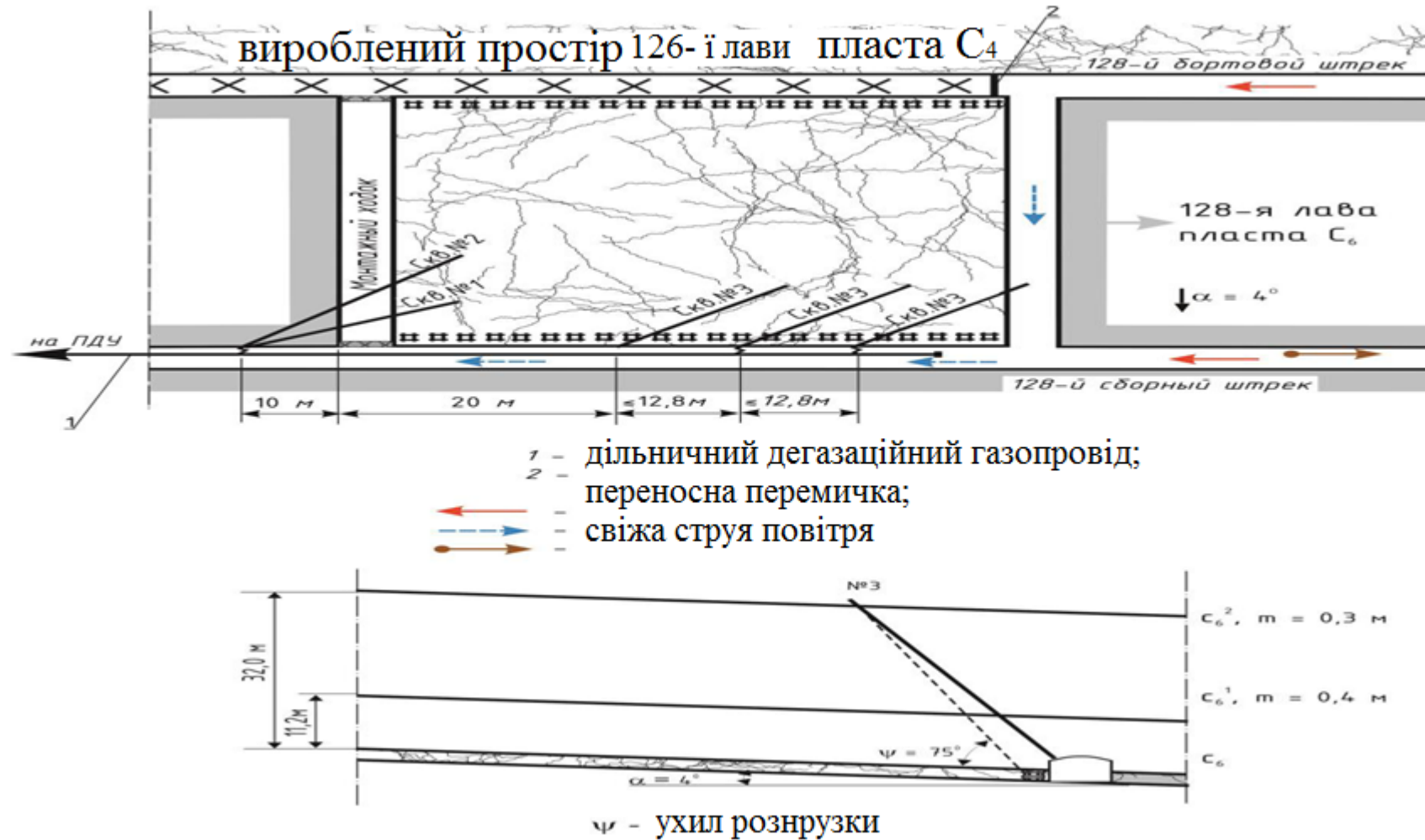
де $M_{ост}$ - залишкова природна газоносність вугільного пласта в блоці, $м^3 / т$;

$Q_{ост. м}$ - залишкові запаси метану в підрахунковому блоці, $м^3$;

$Q_{уг}$ - запаси вугілля в підрахунковому блоці, т.



Розробка газоносного пласта С6 з дегазацією виробленого простору свердловинами(Ш-та «Степова», 128 лава пласта С6,)

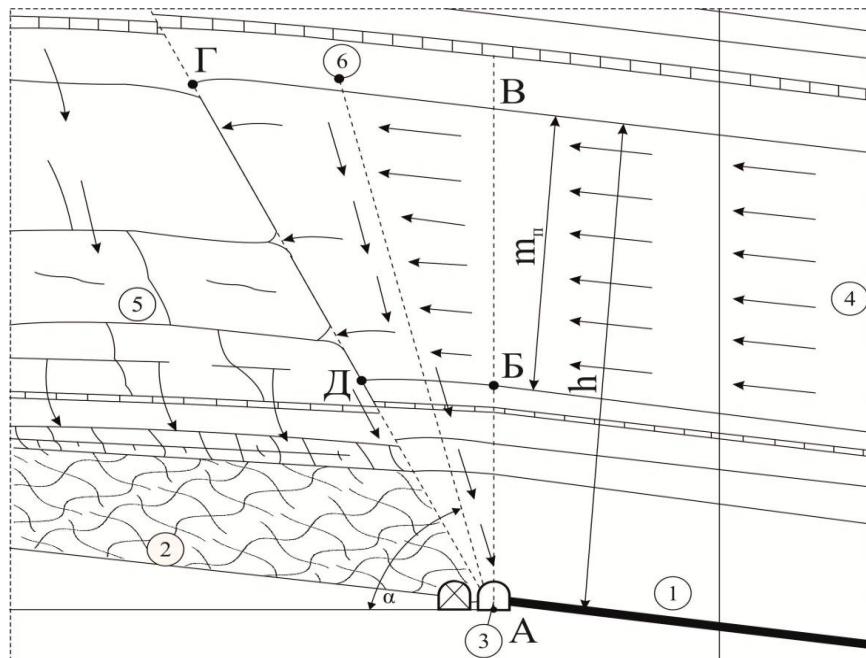


Технологія вилучення метану з вуглепородного масиву

(шахта «Степова»)

Потоки метану при випереджаючій дегазації

(Патент України)

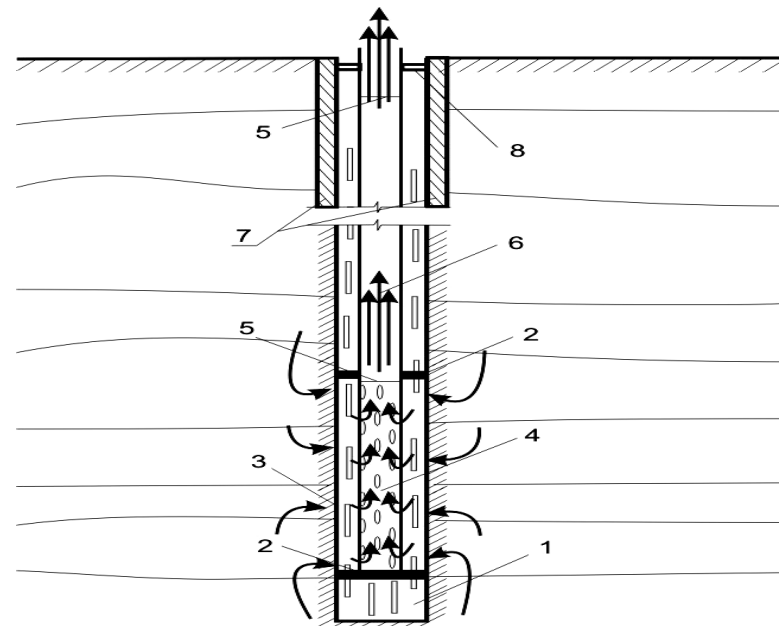


- 1 - вугільний пласт нової лави;
- 2 - відпрацьований простір суміжної старої лави;
- 3 - підготовча виробка;
- 4 - геологічний об'єкт дегазації;
- 5 - перетин зони найбільшого прогину порід;
- 6 - дегазаційна свердловина

Добування метану з масиву із застосуванням

еластичного герметизатора

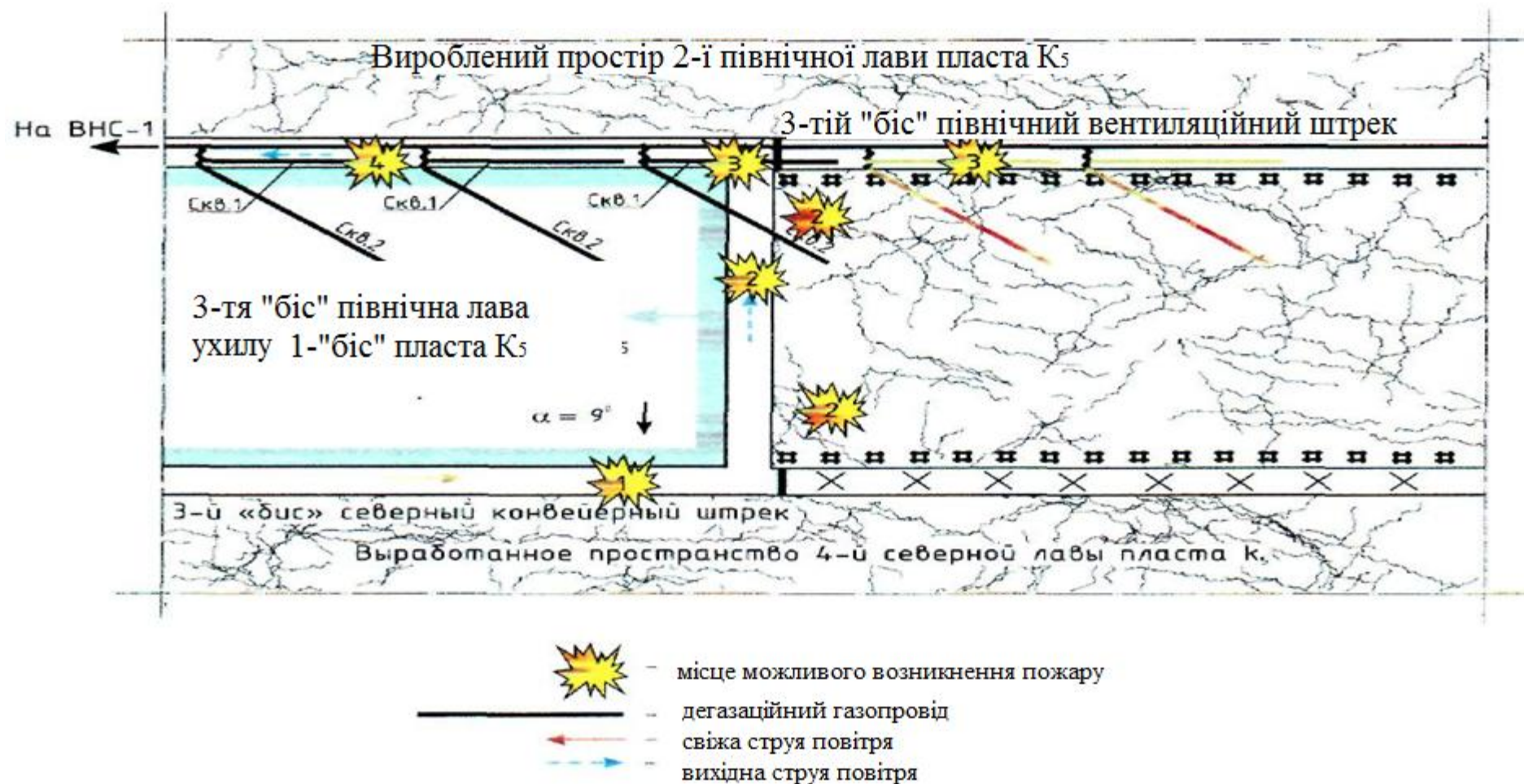
(НТУ «ДП», Патент України)



- 1 - дегазаційна свердловина;
- 2 - еластична манжета;
- 3 - перфорована обсадная труба;
- 4 - перфорована секція відсмоктуючої труби;
- 5 - різьбове з'єднання відсмоктуючої труби;
- 6 - збірна відсмоктуюча труба;
- 7 - герметизоване уст'є свердловини;
- 8 - еластичне ущільнення

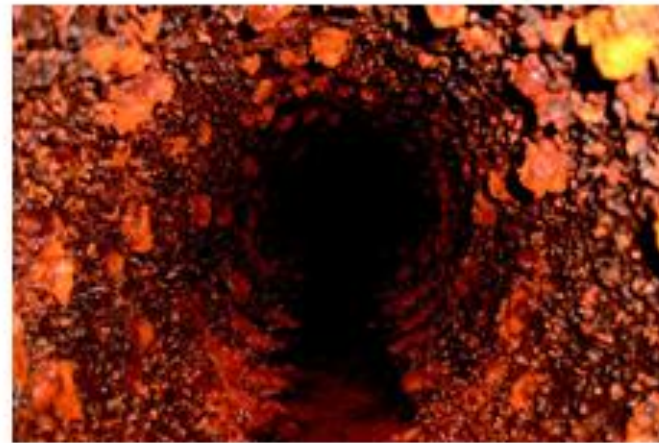
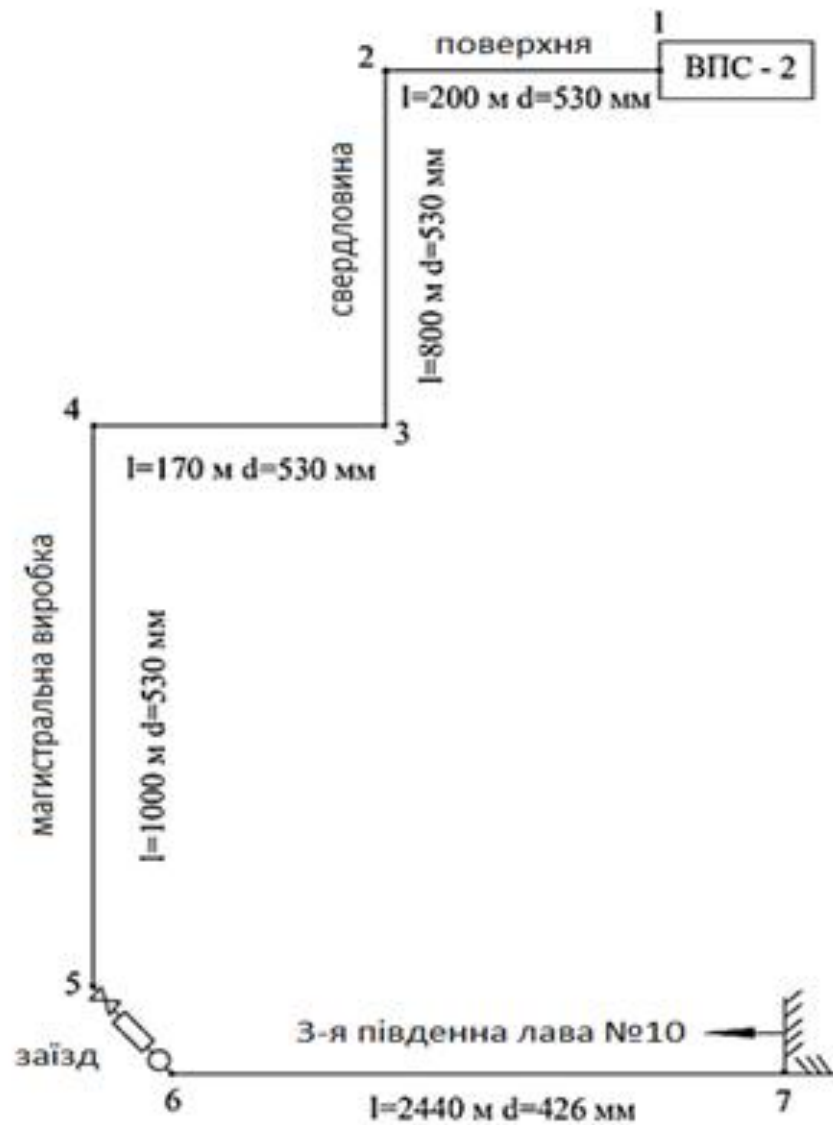
ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРОБКИ ГАЗОНОСНОГО ПЛАСТА

Розташування місць можливого виникнення пожежі при розробці газоносного пласта k5 (Ш-та «Краснолиманська», північна лава ухилу 1 «біс»)



(ШУ «Покровське» 3-тя північна лава блока № 10)

Пропускна здатність



Діаметр трубопроводу

$$d_{mp} = 0,04 \left(\frac{Q_{см.в}^2}{\Delta P_{y\phi}} \right)^{0,188}$$

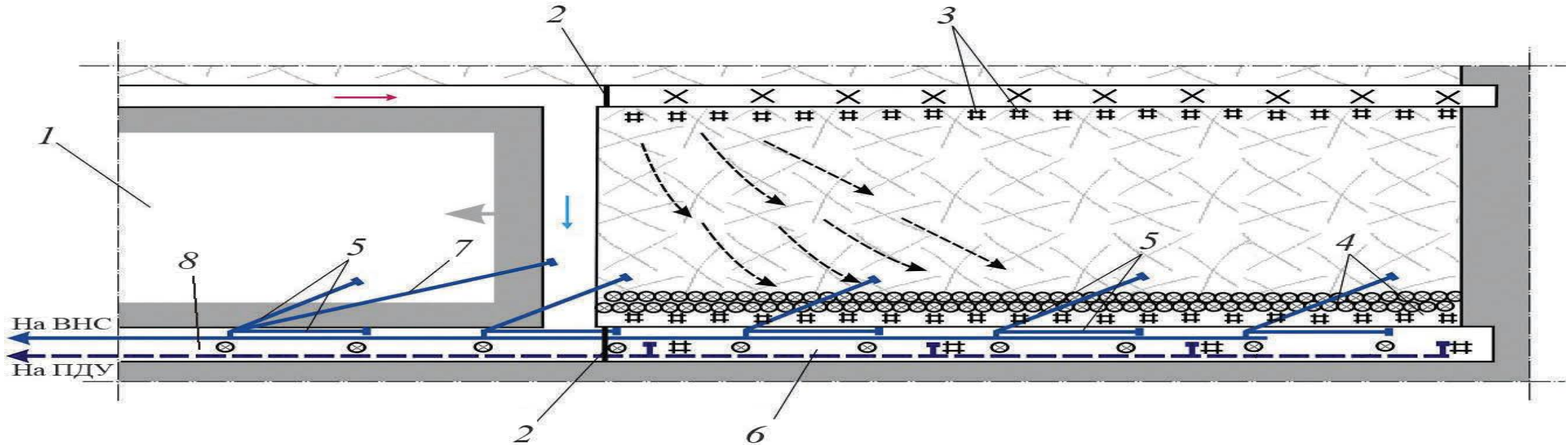
де: $Q_{см.в}$ – витрати метаноповітряної суміші, м³/хв

Тиск всмоктування на патрубку ВНС

$$P_{вс} = k_1 + \frac{k_2 \cdot Q_{см.в}}{n}$$

де: k_1 і k_2 – коефіцієнти для вакуум-насосів продуктивністю 150 м³/хв, $k_1 = 10,0$; $k_2 = 5,0$;

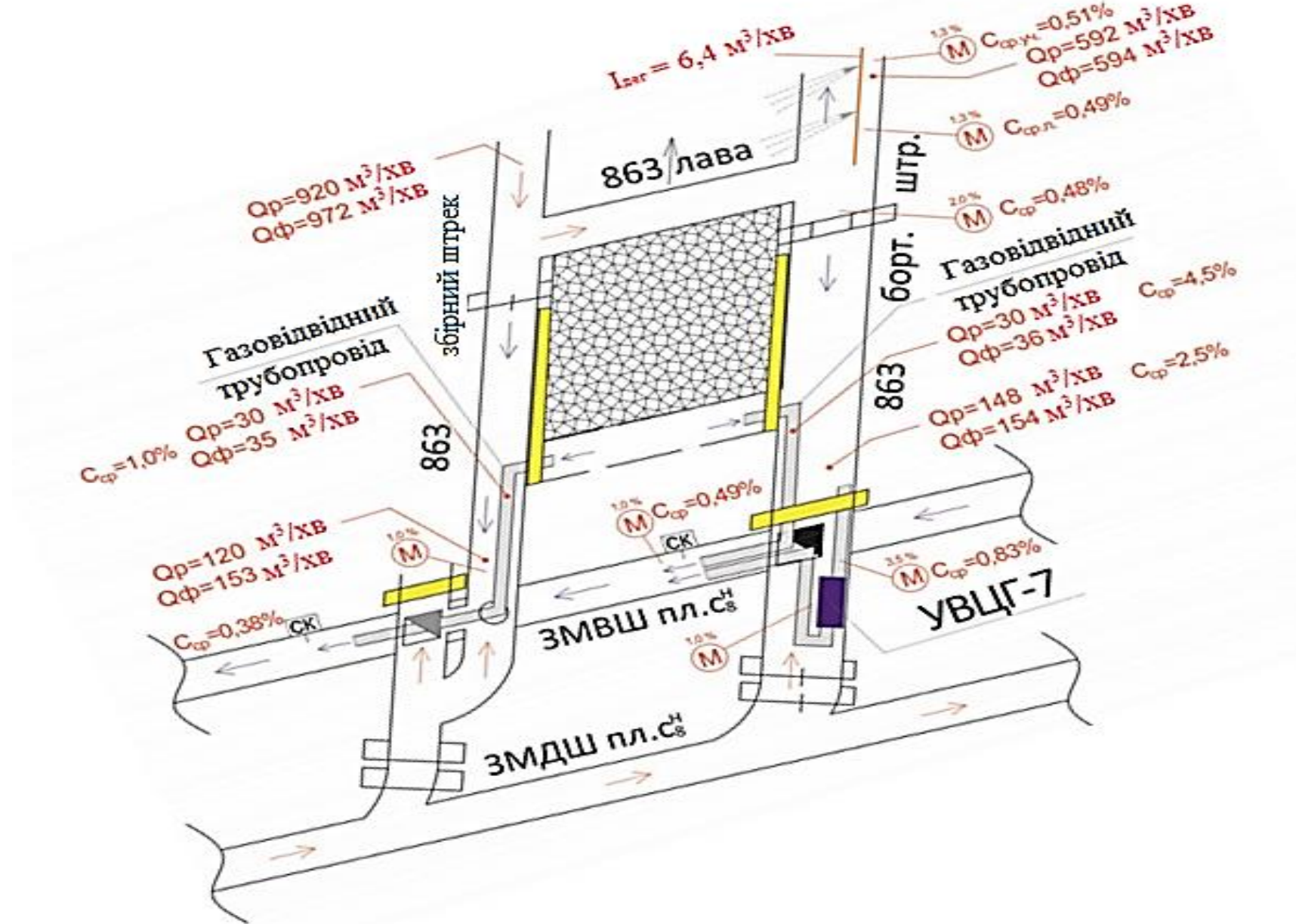
n – кількість паралельно працюючих вакуум-насосів.



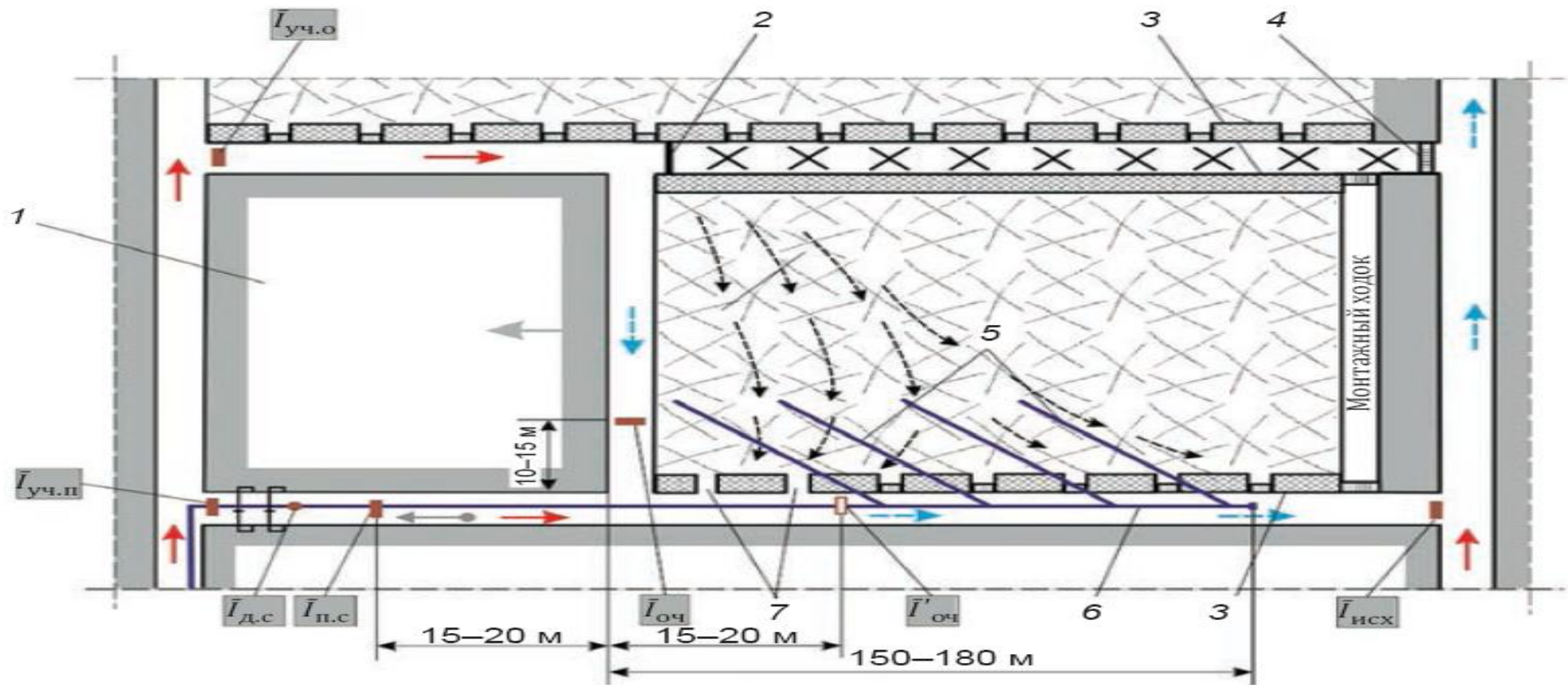
1 - пласт, що розробляється; 2 – переносна перемичка; 3 – дерев'яні костри; 4 – два ряди органного кріплення; 5 – свердловини, що залишаються підключеними до газопроводу в неконтрольованій частині вентиляційного вироблення; 6 - неконтрольована частина вентиляційного вироблення; 7 - свердловини, відключаємі від газопроводу перед очисним вибоєм; 8 – вентиляційне вироблення;

—, —, —, —, —, —, — - умовні позначення

Схема вилучення метану з неконтрольованою частини вентиляційної виробки за допомогою залишаються свердловин і газопроводу



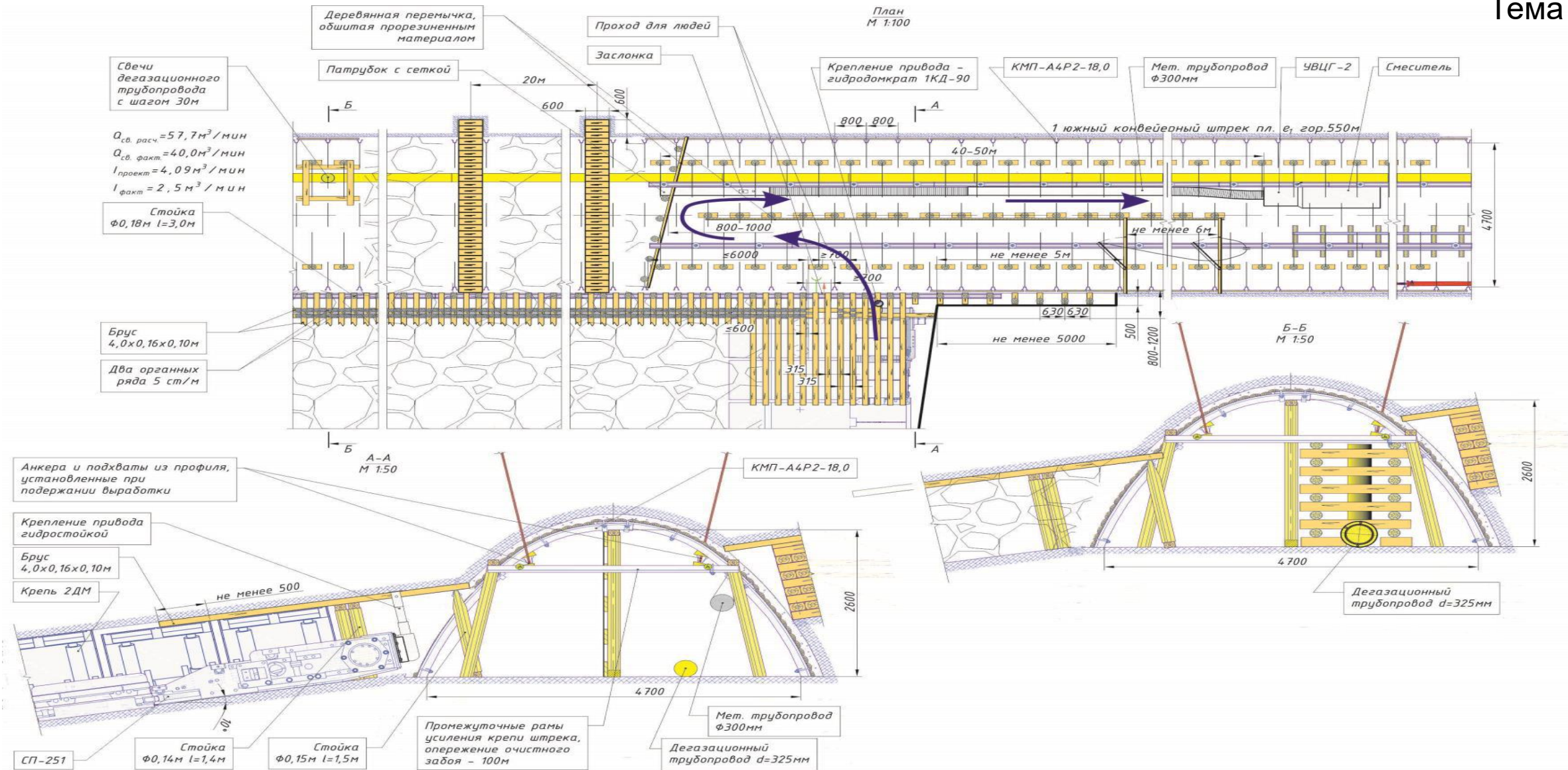
Забезпечення метанобезпечних умов роботи високонавантажених очисних вибоїв на шахтах ДТЕК



1 - пласт, що розробляється; 2 і 4 - переносна та глуха ізолюючі перемички; 3 – охоронні смуги; 5 – дегазаційні свердловини у покрівлю; 6 – дегазаційний газопровід; 7 – канали в охоронній смузі;

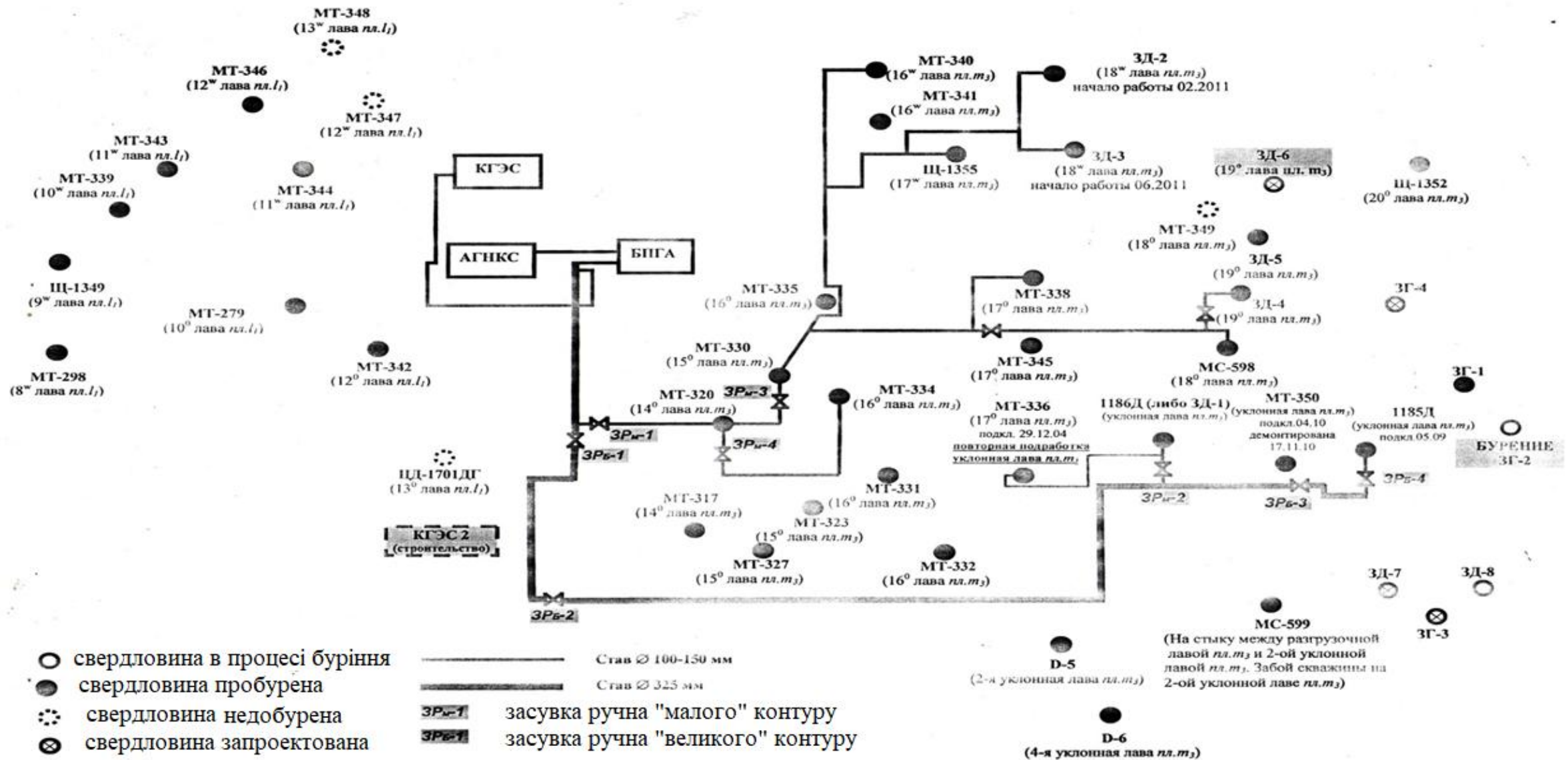
Схема розташування пунктів нагляду метановиділенням





Дегазація виїмкових діляниць із залишенням «СВІЧОК» у виробленому просторі

Схема газопроводу



Газотранспортна система шахти ім. А.Ф. Засядька

- 1 - засувка ручна;
- 2 - зворотний клапан;
- 3 - комплект телемеханіки;
- 4 - перетворювач обчислювач багатопараметричний ПМ-3В;
- 5 - діафрагма;
- 6 - фланець

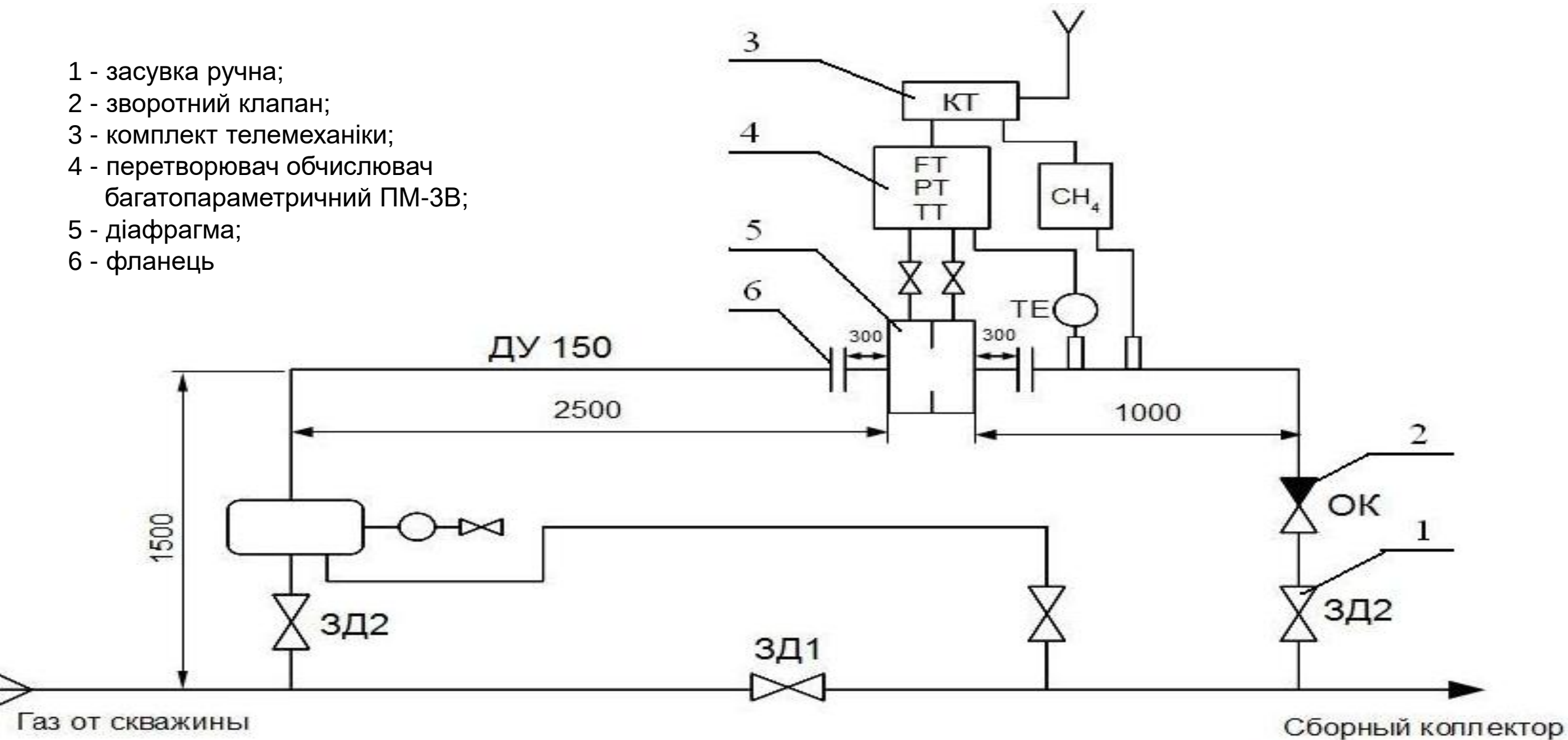
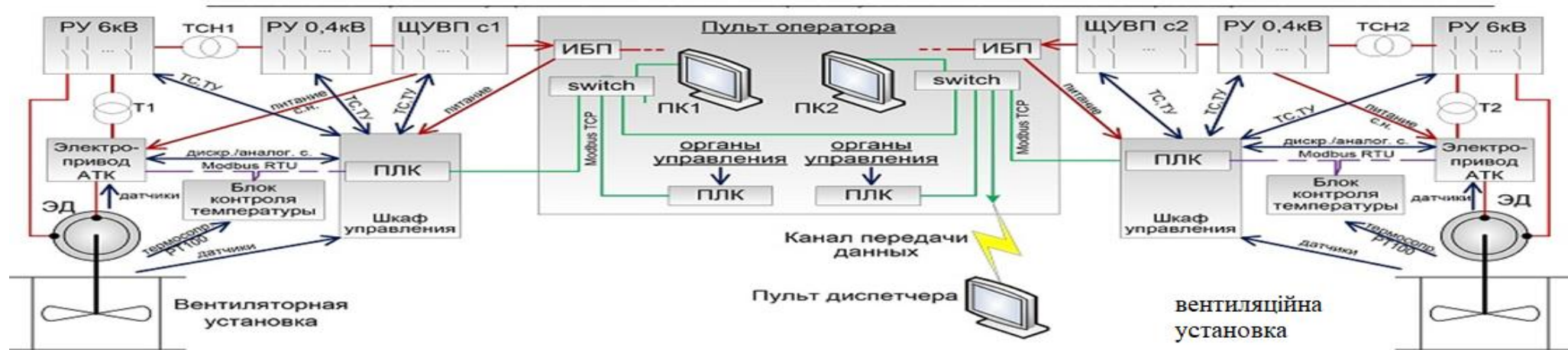


Схема запірної арматури вузла обліку дебіту і контролю параметрів газу з дегазації свердловини шахти ім. А.Ф. Засядька



Позначення та примітки:

1. ПЛК - контролер S7 - 1200 SIEMENS;
2. Switch - промисловий комутатор Moxa мережі Industrial Ethernet.
3. ТС - телесигналізація, ТУ - телеуправління РУ 6/0,4 кВ

Система забезпечує наступні інформаційні функції:

Відображення і реєстрацію параметрів системи на комп'ютерах пульта управління. Період оновлення всіх даних на екрані і в архіві становить не більше 150мс. При цьому архівація сигналів підрозділяється на журнал подій і безперервний архів дискретних і аналогових сигналів;

Інформація з усіх контролерів системи надходить одночасно на обидва комп'ютера;

На обох комп'ютерах встановлено функціонально рівнозначне програмне забезпечення, що дозволяє відкрити будь-який екран і не зупиняти роботу системи в разі виходу з ладу будь-якого комп'ютера. При цьому за замовчуванням на одному комп'ютері запускається екран з основними параметрами, а на іншому - екран з додатковими параметрами;

Можливість налаштування параметрів системи на комп'ютерах пульта управління;

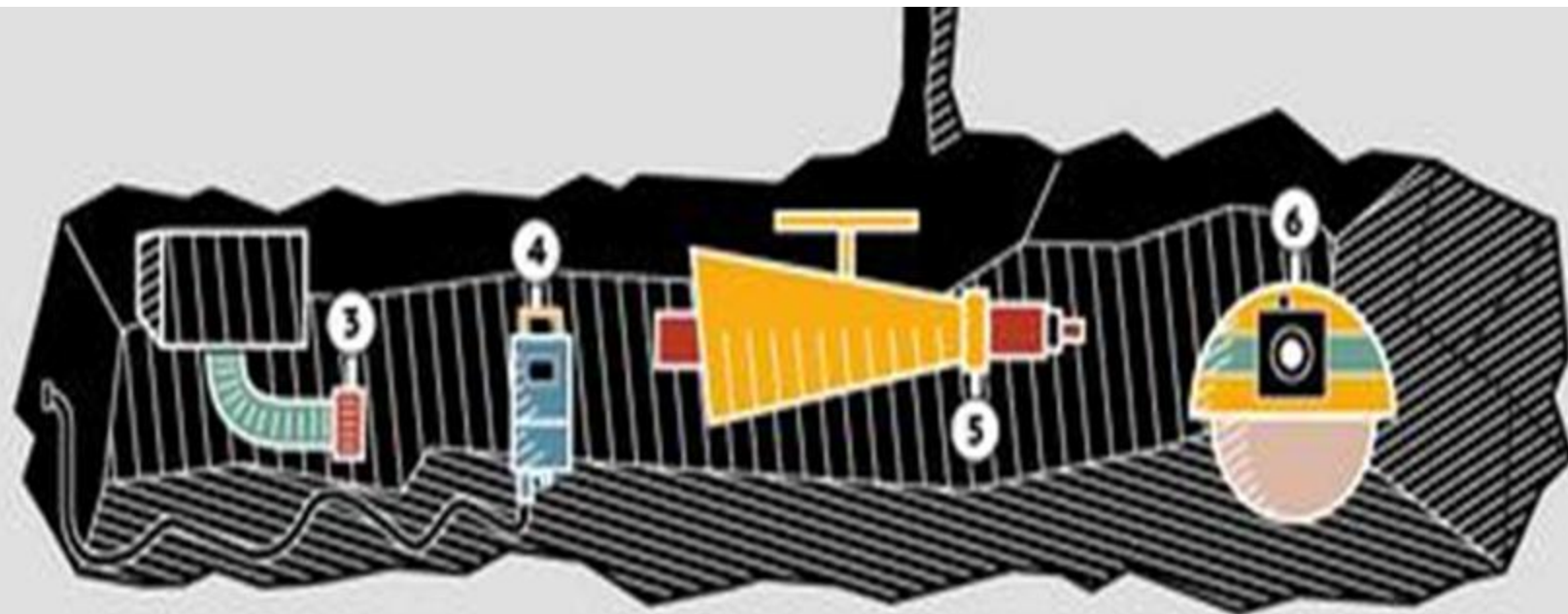
Можливість автоматизованого формування звітів про налаштування.

Багаторівневий парольний доступ (Оператор / налагоджувальник / Адміністратор) з фіксацією дій користувача в журналі подій; Необхідна спеціальне програмне забезпечення для функціонування контролерів і для відображення та архівування на комп'ютері пульта управління поставляється комплектно з Системою.





У минулому гірники брали під землю клітку з конорейкою: пташка вмерала навіть при незначних концентраціях газів, попереджаючи про небезпеку



Забезпечення безпеки сьогодні:

1) дегазація шахт перед початком роботи;
2) датчик метану в шахті;
3) автоматичні установки локалізації вибухів.

4) Індивідуальні засоби встановлення метану.

МЕТАНОБЕЗПЕКА ГАЗОВУГІЛЬНИХ ШАХТ

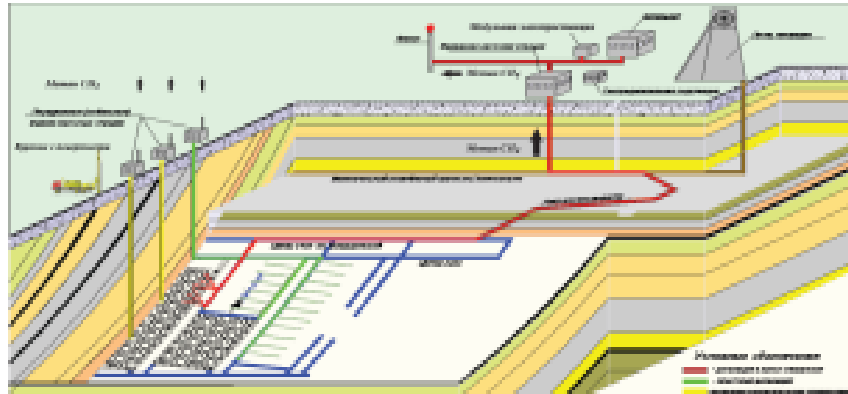


Особливості квадрокоптера та режим польоту

Батареї вистачає на 10 хвилин польоту, дальність складає 600 м (по прямій); Дальність зменшується, якщо дрон не знаходиться у зоні прямої видимості; Щоб заощадити заряд батареї, можна приземлитися та зупинити пропелери, продовжуючи користуватися камерами або котячись по землі; Дрон має безпечний режим посадки (при розрядженій батареї);

Основним принципом розробки газовугільних родовищ повинен стати принцип «від обмежень», коли послідовне усунення «вузьких місць» дозволяє вийти на максимальну продуктивність

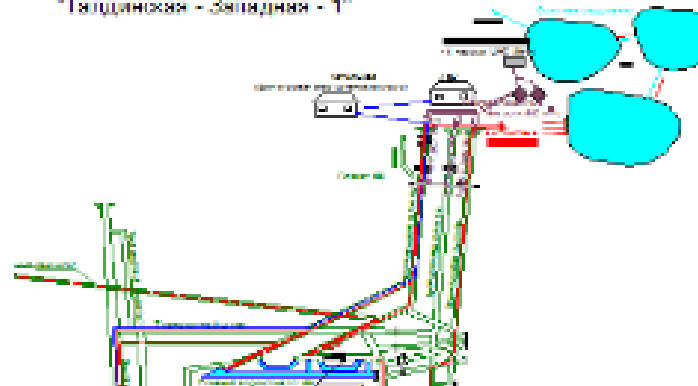
3D-модель родовища



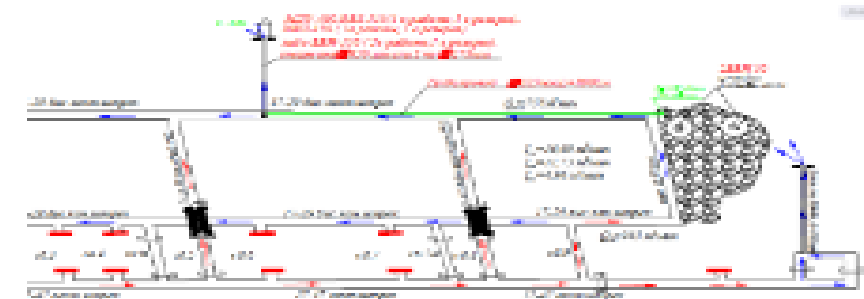
Цифрові проекти безпеки

модель диспетчеризації

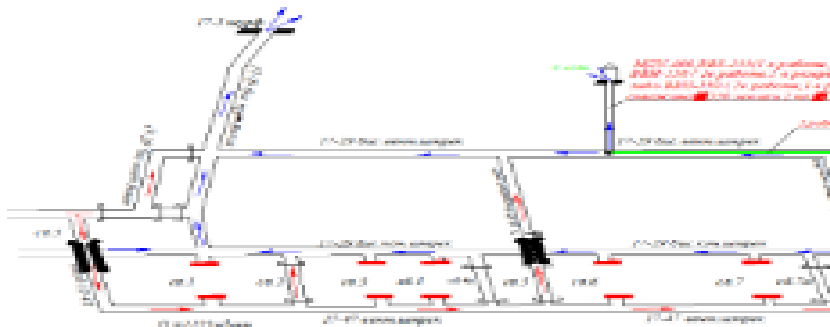
Система водопостачання по шахті
"Тялдинська - Західна - 1"



Модель дегазації



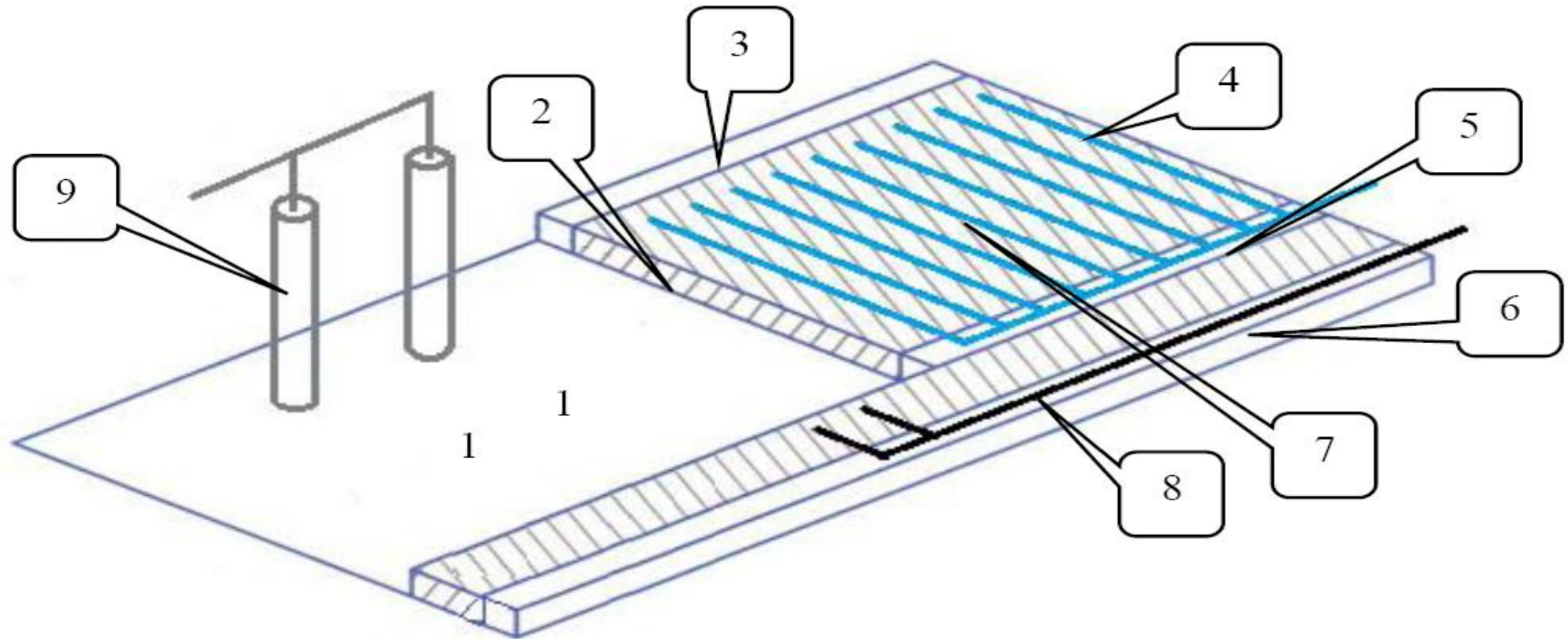
Модель вентиляції



Модель транспорту

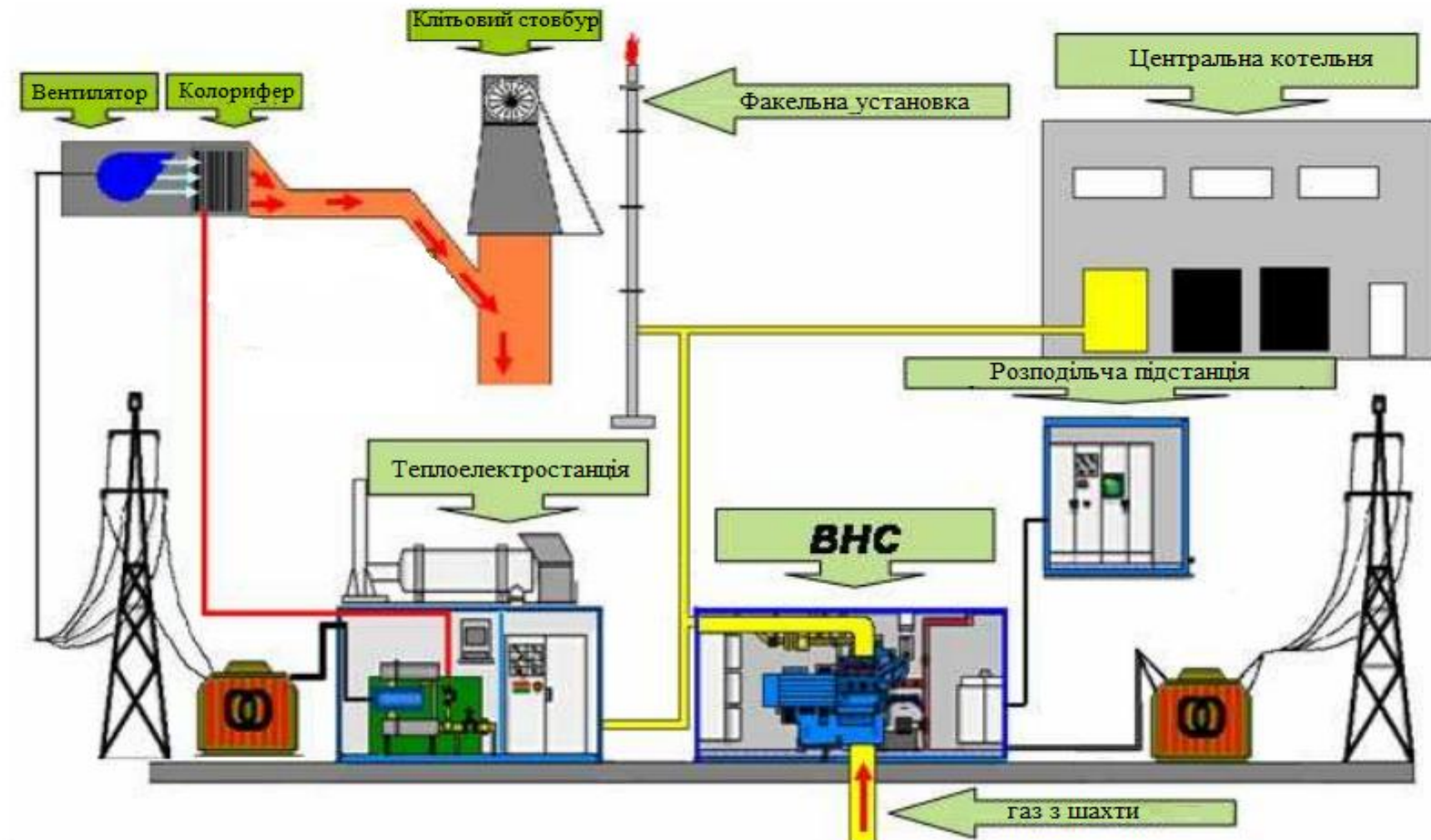


Джерела метановиділення при інтенсивному відпрацюванні газовугільного пласта

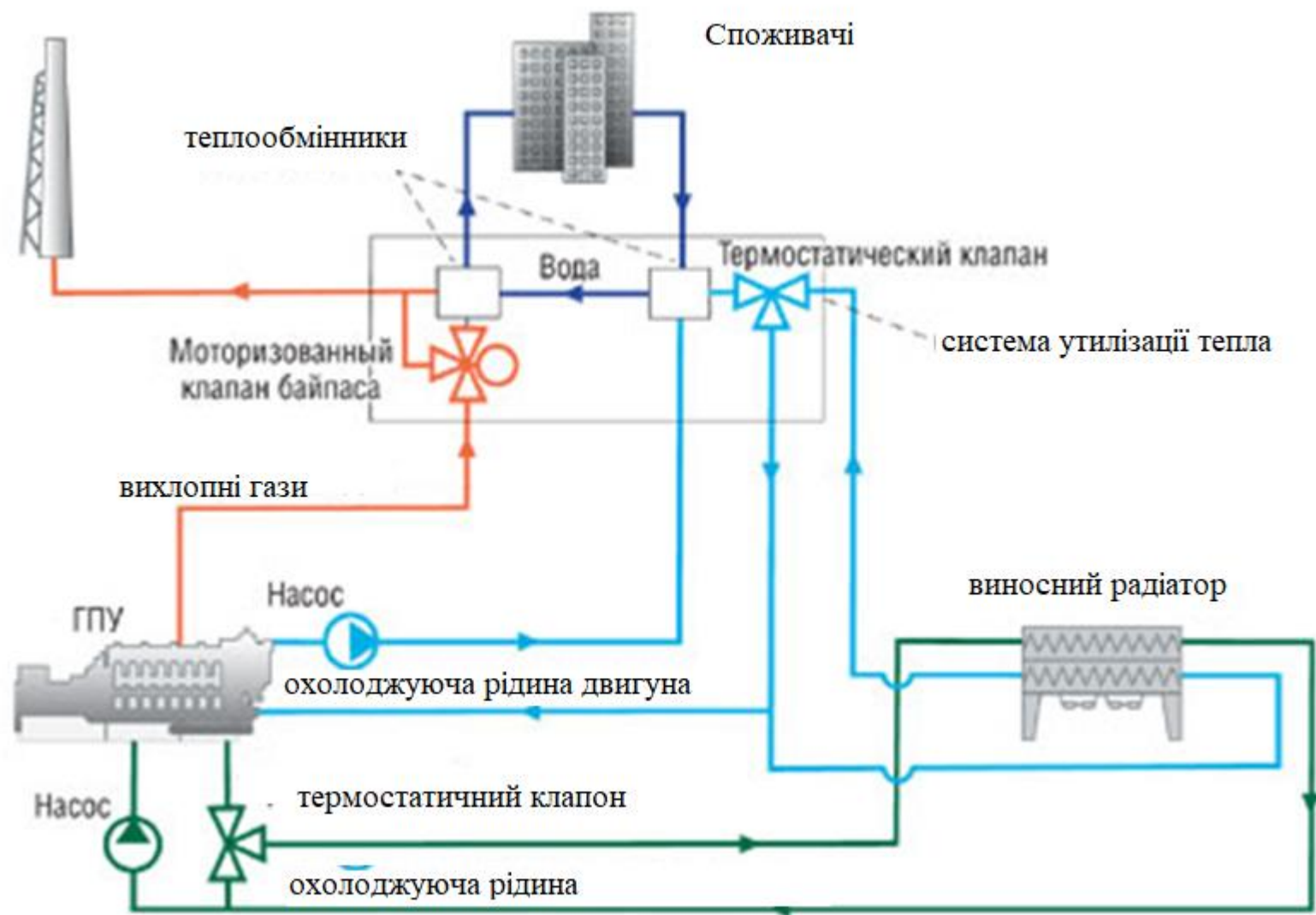


1-вироблений простір; 2-очисний вибій; 3-вентиляційний штрек; 4 відпрацьовується пласт; 5-конвеєрний штрек; 6-паралельна вироблення; 7- пластові дегазаційні свердловини; 8- сбоечные свердловини; 9- свердловини в вироблений простір.

КОМПЛЕКСНА ДЕГАЗАЦІЯ ДЖЕРЕЛ МЕТАНОВИДІЛЕННЯ



Технологічна схема установки по утілізації шахтного метану на шахті ім. С.М. Кірова



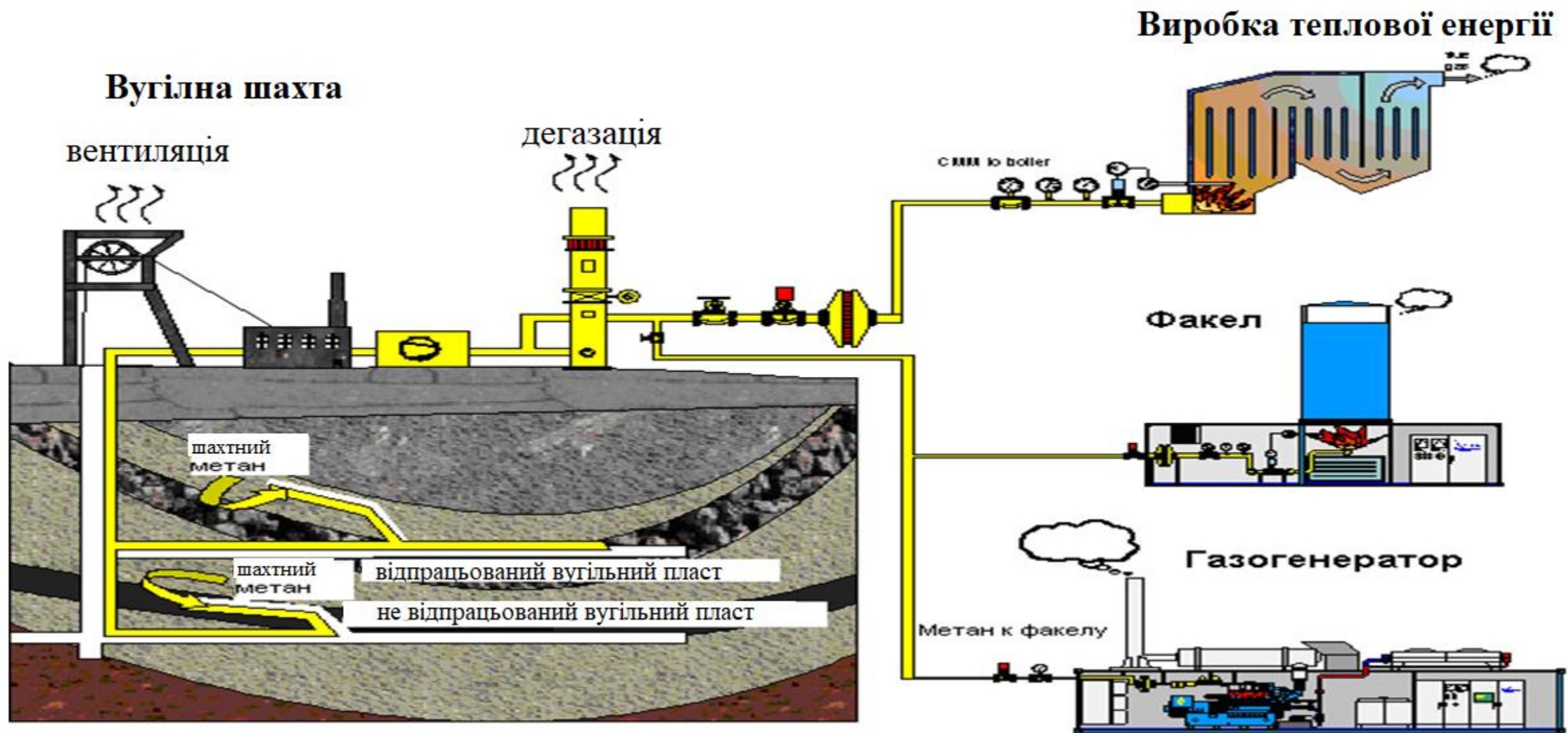
Газопоршневі установки (ГПУ) - агрегати, що працюють від двигунів внутрішнього згоряння, паливом для яких служить газ.

Фактично це аналог дизель-генераторних електростанцій, які, до речі, також можна переробити під даний вид палива.

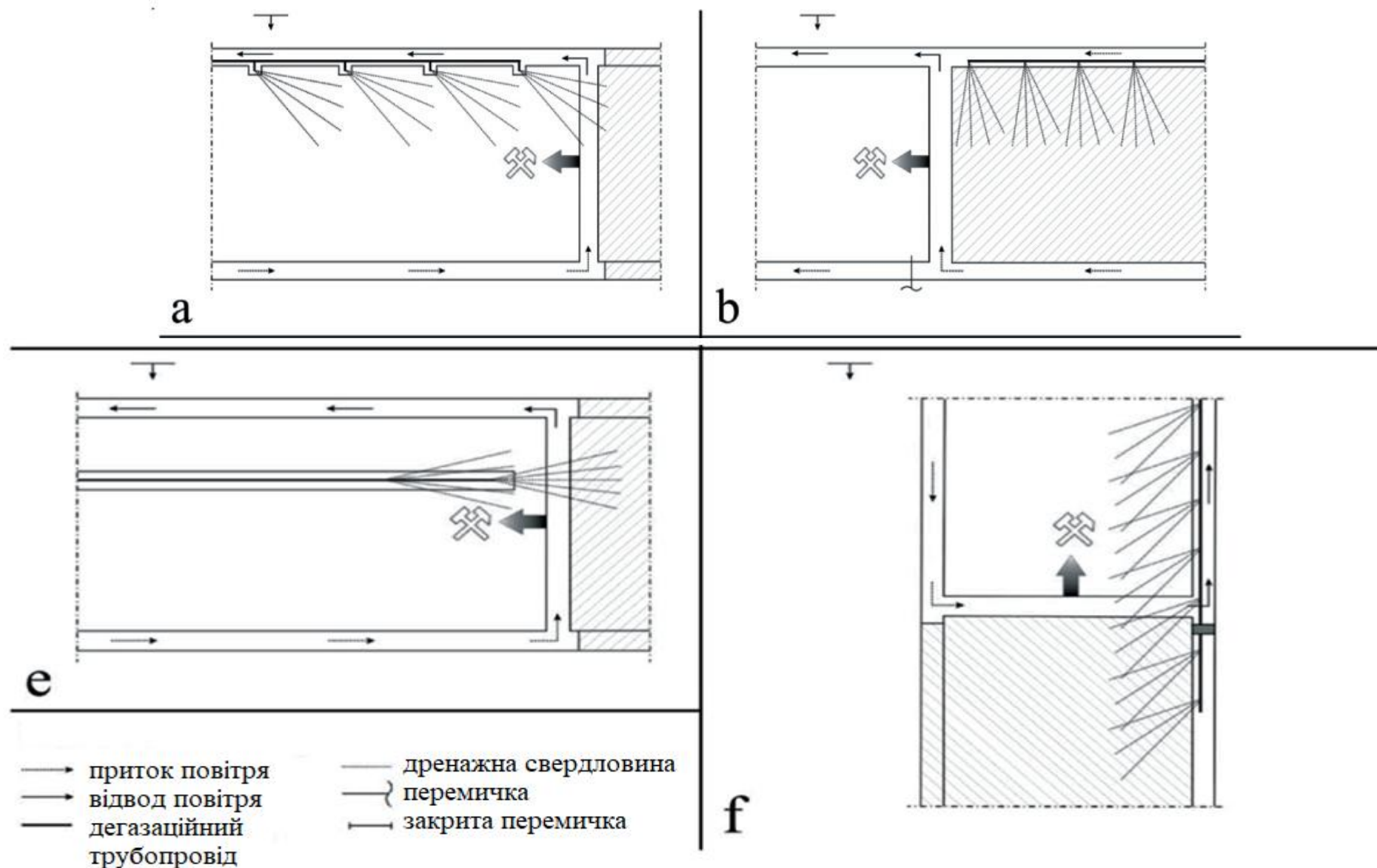
Електричний ККД газопоршневих установок досягає 40%, що трохи вище, ніж у ГТУ, а тепловий ККД нижче - 50%.

Меншим є також стелю потужності, який становить близько 9 МВт

КОГЕНЕРАЦІЙНА СИСТЕМА НА БАЗІ ГАЗОПОРШНЕВОЇ УСТАНОВКИ



Компонування обладнання з утілізації шахтного метану



ДОСВІД ДЕГАЗАЦІЇ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ ПОЛЬЩІ

1. Дудля М.А. Прогноз газоносності вугільних родовищ : підручник / М.А. Дудля, Л.Н. Ширін, Б.В. Бокій; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпропетровськ: НГУ, 2015. – 589 с.
2. Система вугілля-газ у вуглеводнях вугільного генезису : монографія / В.В. Соболев, О.С. Поляшов, В.В. Зберовський та ін. – Дніпропетровськ: АРТ-ПРЕС, 2013. – 248 с.
3. Баранов В.А. Оцінка газоносності вугільних родовищ: навч. посіб. / В.А. Баранов, Н.В. Хоменко ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпропетровськ : НГУ, 2015. – 152 с.
4. Комплексне освоєння газовугільних родовищ на основі потокових технологій буріння свердловин : монографія / В. М. Мойсишин, І. М. Наумко, В. І. Пилипець та ін. – Київ : Наук. думка, 2013. – 310 с.
5. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України : монографія : у 8 кн. Кн. 7. Метан вугільних родовищ, газогідрати, імпакті структури і накладені западини Українського щита / В.А. Михайлов та ін.; Нац. акціонерна компанія «Нафтогаз України» та ін. – Київ : Ніка-Центр, 2013. – 368 с.
6. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України : монографія : у 8 кн. Кн. 8. Теоретичне обґрунтування ресурсів нетрадиційних вуглеводнів осадових басейнів України / В.А. Михайлов та ін.; Нац. акціонерна компанія «Нафтогаз України» та ін. – Київ : Ніка-Центр, 2014. – 280 с.
7. Непапишев Є.О. Перспективи видобування шахтного метану в межах Західного Донбасу (на прикладі Павлоградсько-Петропавлівської площі). / Є.О. Непапишев, Р.К. Радул, В.О. Макєєва, П.І. Бойко - Нафтогазова галузь України. 2014. № 3. С. 19 – 23.
8. Flores R. M. Coal and Coalbed gas. Fueling the future / Flores R. M. – New York: Elsevier, 2014. – 697 p.



Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Л.Н. Ширін, Р.Р. Єгорченко

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБКИ МЕТАНОВУГІЛЬНИХ РОДОВИЩ

Навчально-наочний посібник

для магістрів спеціальності
185 Нафтогазова інженерія та
технології

Дніпро
НТУ «ДП»
2020

УДК: 622.271(075.8)

Ш 65

Затверджено Вченою радою НТУ «Дніпровська політехніка» як навчально-наочний посібник для магістрів галузі знань 18 Виробництво і технології спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології (протокол № 2 від 08.12.2020)

Рецензенти:

Софійський К.К. – д-р техн. наук, завідувач відділу проблем технології підземної розробки вугільних родовищ Інституту геотехнічної механіки ім. М.С.Полякова НАН України

Бузило В.І. – д-р техн. наук, директор інституту Природокористування Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»

Ш 65 Ширін Л.Н. Сучасні технології розробки метановугільних родовищ : навч. наоч. посіб. / Л.Н. Ширін, Р.Р. Єгорченко ; Нац. гірн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2020. – 155 с.

ISBN 978-966-350-647-0

У навчально-наочному посібнику викладені основні відомості про сучасні технології промислового видобутку метану вугільних родовищ, які застосовуються на практиці ведучими підприємствами вугільної галузі і підтверджуються зарубіжним досвідом. Висока метанонасиченість вугленосних відкладень України дозволяє визначати їх - як газовугільні родовища, а метан - як корисну копалину. Розглянуто приклади гірничих підприємств, де застосовується промисловий видобуток альтернативного енергоносія в процесі комплексного освоєння метановугільних родовищ та особливості технологій транспортування метаноповітряної суміші по підземним і наземним газопроводам до когенераційних установок для генерації електроенергії та виробництва тепла. Поданий навчально-наочний матеріал дозволяє тестовий контроль, який можна використовувати для закріплення результатів навчання.

SBN 978-966-350-647-0

УДК: 622.271(075.8)

© Л.Н. ШИРІН, Р.Р. Єгорченко, 2020

© НТУ «Дніпровська політехніка», 2020

