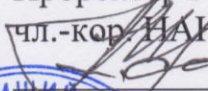


УДК 622.271.32

№ держреєстрації 0116U004620

Інв.№ _____

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
“Національний гірничий університет”
(Державний ВНЗ “НГУ”)
49005, м. Дніпро, пр. Д. Яворницького, 19;
тел./факс (0562) 47-32-09

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи
чл.-кор. НАН України, проф.
 О.С. Бешета
_____ 2017 р.



ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ БУРОГІРНИЦЬ ТА СУПУТНИХ
ПОРІД ПРИ ВІДКРИТІЙ РОЗРОБЦІ РОДОВИЩ УКРАЇНИ НАД
СОЛЬОВИМИ ШТОКАМИ
(остаточний)
ГП-483

Науковий керівник НДР
д-р техн. наук, проф.



А.Ю. Дриженко

2017

Рукопис закінчено 27 грудня 2017 р.

Результати цієї роботи розглянуто секцією науково-технічної ради,
протокол від “ 15 ” 01 2018 р. № 1/18

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР,
професор кафедри ВГР
д-р техн. наук, професор



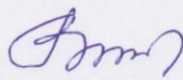
А.Ю. Дриженко
(вступ; розділи 1, 2, 4,
висновки, рекомендації)

Відповідальний виконавець,
канд. техн. наук



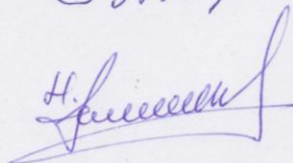
О.О. Шустов
(розділи 3, 4, висновки)

Провідний науковий співробітник,
д-р техн. наук, професор



В.А. Ропай
(підрозділи 1.1, 2.6, 2.7)

Старший науковий співробітник,
канд. техн. наук, доцент



Н.А. Нікіфорова
(підрозділи 1.2, 1.3)

Старший науковий співробітник
канд. техн. наук, доцент



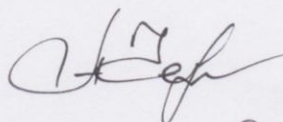
А.А. Юрченко
(підрозділи 1.3, 2.6.)

Старший науковий співробітник



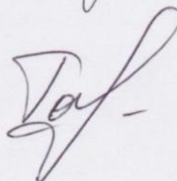
О.П. Белов
(підрозділи 1.3, 4.1)

Старший науковий співробітник



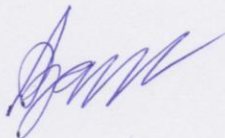
А.М. Чернорай
(підрозділи 1.4, 2.1-2.5)

Старший науковий співробітник



Л.О. Токар
(підрозділ 1.2)

Науковий співробітник



А.А. Адамчук
(підрозділи 2.6-2.8, 3.1-
3.3, 4.2-4.3)

Фахівець I категорії



Л.А. Носенко
(побудова графіків,
рисуноків)

Фахівець I категорії



А.О. Шустова
(графічне
оформлення звіту)

У дослідженнях приймали участь студенти групи ГРг-13-7 Захаренко С.Д., Глазкова К.О., Пустовар М.С., Волченко Д.С., Савенков М.М., а також студентка групи ГРг-13-5 Строга І.С.

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 190 с., 22 табл., 62 рис., 5 дод.; 76 джерел.

БУРЕ ВУГІЛЛЯ, ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ БУРОВУГІЛЬНОГО КАР'ЄРУ, КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ ГІРНИЧОЇ МАСИ, ПАРАМЕТРИ РОЗКРИТТЯ ТА СИСТЕМИ РОЗРОБКИ, ПОРОДИ РОЗКРИВУ.

Об'єкт дослідження – нові буровугільні родовища над сольовими штоками (Північно-Західний Донбас).

Мета роботи – створення методології й концептуальних підходів до високопродуктивних, економічних й екологічно безпечних технологій з розробки бурого вугілля відкритим способом в умовах надсольових депресійних западин.

Методи дослідження: аналітична оцінка ресурсів буровугільних покладів, геологічний та інженерно-гідротехнічний аналіз, системне і техніко-економічне обґрунтування показників добувних і розкривних робіт.

Довивчені геологічні та інженерно-технічні особливості родовищ бурого вугілля України. Встановлені їх геологічні будови, вугленосність та якість вугілля, загальні запаси і промислове значення. Обґрунтовані параметри уступів і робочих площадок, що дають змогу зменшити поточні обсяги виймання порід розкриву та перенести максимальні їх значення на завершальний період розробки кар'єру. Обґрунтовані раціональні комплекси гірничо-транспортного обладнання для розробки кар'єрного поля за критеріями потужності, продуктивності та енергоємності з урахуванням різних вантажопотоків переміщення гірничої маси в кар'єрах і на поверхні. Видані рекомендації на проектування розробки Ново-Дмитрівського родовища бурого вугілля. На базі досліджених родовищ Північно-Західного району Донбасу доцільно створити єдиний вугледобувний комплекс з переробки бурого вугілля та супутніх корисних копалин, які будуть використовуватись у якості основної сировини заводами будівельних матеріалів і конструкцій, підприємствам хімічної та металургійної промисловості.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Встановлення якісних показників добування бурого вугілля за умовами їх залягання у продуктивних шарах.....	7
1.1 Аналіз умов залягання, технологій добування та переробки бурого вугілля у світі.....	7
1.2 Світова тенденція видобутку та переробки бурого вугілля.....	21
1.3 Роль бурого вугілля в економіці України.....	25
1.4 Встановлення якісних показників добування бурого вугілля.....	37
2 Встановлення характеристик порід розкриття за різновидами відповідно до їх розробки на протязі усього терміну експлуатації кар'єру.....	50
2.1 Діатоміти.....	50
2.2 Будівельні, формувальні та скляні піски.....	51
2.3 Вуглисті та керамічні глини.....	52
2.4 Самородна сірка.....	56
2.5 Гіпс та металеві корисні копалини.....	57
2.6 Аналіз непаливного використання бурого вугілля.....	60
2.7 Гідрогенізація та виготовлення синтетичного палива з бурого вугілля...	66
2.8 Застосування мінеральної частини бурого вугілля при виготовленні будівельних матеріалів.....	74
3 Оцінка варіантів будівництва Ново-Дмитрівського кар'єру.....	83
3.1 Методика розрахунку параметрів капітальної траншеї при розкритті горизонтів буровугільного родовища з урахуванням рельєфу місцевості	83
3.2 Дослідження схем внутрішньокар'єрного транспортування корисної копалини при розробці буровугільних родовищ.....	91
3.3 Дослідження параметрів доробки глибоких кар'єрів відкритим способом	99
3.4 Обґрунтування економічної ефективності будівництва Ново-Дмитрівського кар'єру.....	105

4 Розробка рекомендацій на проектування освоєння Ново-Дмитрівського родовища бурого вугілля.....	115
4.1 Розробка рекомендацій щодо комплексного освоєння Ново-Дмитрівського родовища.....	115
4.2 Напрямки рекультивації порушених земель при розробці буровугільних родовищ.....	131
4.3 Нові технологічні рішення з розкриття й відпрацювання глибоких буровугільних родовищ.....	139
Висновки	165
Перелік джерел посилання.....	165
Додаток А Витяг з протоколу кафедри відкритих гірничих робіт.....	174
Додаток Б Витяг з протоколу засідання науково-технічної ради.....	175
Додаток В Звіт про патентні дослідження.....	177
Додаток Г Лист підтримки щодо подальшого впровадження результатів НДР від ТОВ “Інститут ДніпроВНПЕнергопром”.....	189
Додаток Д Лист підтримки щодо подальшого впровадження результатів НДР від Української науково-промислової асоціації “Укркокс”....	190

ВСТУП

Одним із ключових питань стратегічного розвитку паливно-енергетичного комплексу України є промислове освоєння нових вугільних родовищ. Якщо в структурі світових запасів вуглеводневої сировини вугілля становить 67%, а нафта і газ відповідно 18% і 15%, то в Україні їх обсяги розподіляються по іншому – вугілля 95,4%, нафта – 2%, газ 2,6%. При цьому лише вугілля, завдяки уже розвіданим запасам, здатне у майбутньому знизити енергозалежність України від закордонної сировини. За оцінкою фахівців роль вугілля в теплоенергетиці та переробці сировини, як і у світі в цілому, буде постійно зростати.

В 2012 р. розпочато першу стадію проектування металургійного комплексу з виготовлення металізованих залізних окотишів. Основним енергетичним носієм передбачено використання бурого вугілля з Ново-Дмитрівського родовища. Оскільки значна потужність порід розкриття на цьому родовищі передбачає строк будівництва кар'єру не менше 3 – 4 років, альтернативою на першочергове постачання палива можуть бути менш потужні родовища, що розташовані поряд у промисловій зоні. Проте на цих родовищах проведено лише перший етап пошуково-розвідувальних робіт. Отримані дані дозволяють дати лише загальну оцінку цих родовищ, що не є достатнім для їх повної промислової економічної оцінки.

Метою роботи є створення методології й концептуальних підходів до високопродуктивних, економічних й екологічно безпечних технологій з розробки бурого вугілля відкритим способом в умовах надсольових депресійних западин.

Науково-практичні результати досліджень полягають в аналізі сучасного стану добування бурого вугілля в Україні; геолого-промисловій характеристиці нового генетичного типу вугілля в Україні; обґрунтуванні параметрів відкритої розробки родовищ бурого вугілля на базі Ново-Дмитрівського гірничо-промислового району; обґрунтуванні комплексного використання різнотипової гірничої маси у народному господарстві.

Дана робота виконується на підставі наказу Міністерства освіти і науки України № 158 від 25.02.2016 р. згідно з рішенням науково-технічної ради Державного ВНЗ “НГУ” № 1 від 26.02.2016 р.

Початок виконання роботи – 01.01.2016 р. Закінчення – 31.12.2017 р.

1 ВСТАНОВЛЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ДОБУВАННЯ БУРОГО ВУГІЛЛЯ ЗА УМОВАМИ ЇХ ЗАЛЯГАННЯ У ПРОДУКТИВНИХ ШАРАХ

1.1 Аналіз умов залягання, технологій добування та переробки бурого вугілля у світі

Світовий досвід розвитку енергетики показує, що основним її джерелом до останнього часу є використання вугілля. За умовами утворення вуглеводневої сировини виділяють кам'яне вугілля, антрацит, буре вугілля й лігніти. Якщо в структурі світових запасів горючих корисних копалин обсяг вугілля становить 67%, а нафта і газ – відповідно 18% і 15%, то в Україні їх обсяги розподіляють наступним чином: вугілля – 95,4%, нафта – 2%, газ – 2,6%. При цьому запаси бурого вугілля у загальному обсязі вуглеводневої сировини перевищують 2,33 млрд. т. Окрім того, вище за геологічним розрізом у надрах Землі розміщується товща вуглистих глин, що вміщують вуглеводневу сировину у 2 – 3 рази менше, порівняно із основними запасами бурого вугілля. Однак, їх спалювання у спеціальних печах дає можливість додатково підвищити запаси вуглеводневої сировини з подальшим виробництвом теплової енергії [1].

Слід відзначити, що під “вугленосною товщею” розуміють весь комплекс осадових порід, які вміщують вугільні прошарки різної якості. Частіше за все вугленосна товща складається піщано-глинистими породами: сипкими (піски), пластичними (глини), ущільненими (пісковики, сланці), а також у тій чи іншій мірі метаморфізованими породами. Значно рідше і тільки в деяких басейнах в розрізі вугленосної товщі зустрічаються вапняки і конгломерати. Вивчення літологічних розрізів вугленосних товщ окремих родовищ показує, що накопичення осадків в них відбувалося не безперервно, а періодично. При цьому майже завжди вдається встановити закономірну повторюваність в осадконакопиченні гірничої маси, яка одержала назву “циклічної седиментації” [2]. Повний цикл, якщо розглядати його в історичній послідовності знизу вверх, складають: глини, що підстилають вугілля; пласти вугілля; морські вапняки або глинисті сланці; піщаники континентального характеру.

Як правило, континентальні пісковики залягають на розмитій поверхні розташованих нижче вапняків або глинистих сланців. Далі наступає тривалий період вивітрювання, утворення глини та розвитку торф'яників на великих болотистих просторах уздовж морського берега з подальшим утворенням вугільних шарів. Наявність вапняку та глинистих сланців у покрівлі вугільних пластів вказує на трансгресію моря в результаті опускання берега, яким і закінчується цикл. Таким чином, цикл седиментації містить в собі свиту континентальних утворень, які залягають неузгоджено на розмитій поверхні морських осадків, і відповідає циклу коливальних рухів земної кори. Фактичні розрізи вугленосних товщ, як правило, підтверджують наведену схему, причому кількість циклів осадконакопичення в деяких басейнах доходить до декількох десятків.

Колівальні рухи земної кори завжди мали дуже складний характер, бо швидкі переміщення часто змінювалися уповільненими, а короткочасний період коливань – тривалим і навпаки. Складність посилювалася і тим, що дрібні цикли коливальних рухів відбувалися на фоні загального занурення чи загального підняття земної кори. Колівальні рухи на окремих площах земної кори проявлялися неоднаково, тому що в одних випадках такими площами були геосинклінальні області, а в інших – платформи. Тим самим відмінними виявились в них і умови утворення вугленосних товщ та вугільних пластів. У залежності від цього серед вугленосних відкладень виділяють такі основні типи як геосинклінальний, платформний і перехідний. Але для всіх типів басейнів характерне те, що вони змогли утворитися тільки в умовах загального опускання даної ділянки земної кори.

Геологічні закономірності розподілу вугленосності на земній кулі пов'язані з безперервним процесом змінювання її кори, викликаний впливом як глибинних процесів, так і атмосфери, гідросфери та інших факторів. Все це зумовило істотні відмінності будови, форм і складу окремих її частин. Протягом дуже тривалого часу при певних умовах на різних етапах розвитку, у земній корі утворилося багато родовищ різних корисних копалин і серед них – такі важливі для сучасного

життя людства, як родовища горючих корисних копалин – вугілля, нафти, газу, горючих сланців і торфу.

Для утворення родовищ торфу, вугілля і горючих сланців було необхідне поєднання певних кліматичних, палеогеографічних і тектонічних умов, за яких стали можливими виникнення й розвиток органічного (переважно рослинного) світу, його територіальне розповсюдження та виростання, а також подальше відмирання, накопичення достатньо великих мас, їх захоронення та перетворення в корисні копалини.

Тектонічні чинники привели до виникнення басейнів, де накопичувались осадові породи і рослинний матеріал, з якого потім утворилось вугілля. Згодом ці причини обумовили формування структур басейнів та їх сучасне розміщення в земній корі. Тому тектонічні закономірності є найважливішим фактором утворення вугільних родовищ [2].

Геологічна історія формування, а також руйнування родовищ твердих горючих копалин відрізняється різноманітністю складних природних процесів, які пов'язані з тривалими за часом періодами розвитку Землі. Наукові дослідження дали змогу вченим встановити ряд важливих закономірностей вугленакопичення і розміщення твердих горючих копалин. Так, академік П.І. Степанов ще у 1937 р. встановив, що в осадочній оболонці земної кори, починаючи з девону, коли з'явилися перші великі скупчення вугілля, які становлять промисловий інтерес, виділяються три максимуми і три мінімуми вугленакопичення [3].

Перший максимум співпадає з верхнім карбоном і пермю. Кількість запасів вугілля, що підраховане на той період для цієї частини стратиграфічного розрізу, складає 38,1% загальної кількості світового запасу. Другий максимум вугленакопичення відноситься до відкладень юрського періоду (4% світового запасу). Третій – припадає на верхню частину верхньокрейдового періоду і третинний період. Тут зосереджено 54,4% запасів вугілля. На рис. 1.1 наведено схему розміщення вузлів вугленакопичення в стратиграфічній послідовності за П.І. Степановим.

Встановлено [4], що загальні геологічні запаси вугілля в земній кулі до глибини 1800 м оцінюються в межах 12000–23000 млрд.т. Величина їх, за винятком

екстремальних та недостатньо надійних оцінок, визначається в 14000–16000 млрд.т. Розходження в оцінках обумовлені різними нормативами, які приймаються при розрахунках (глибина підрахунку, мінімальна потужність пластів, гранична якість вугілля тощо), неідентичністю методів прогнозування та вимог, що висуваються до достовірності запасів в різних країнах. За офіційними національними даними загальні геологічні запаси вугілля, яке міститься у вугленосних формаціях всіх геологічних систем за станом на 1980 р., оцінюють в 14311 млрд.т [4].

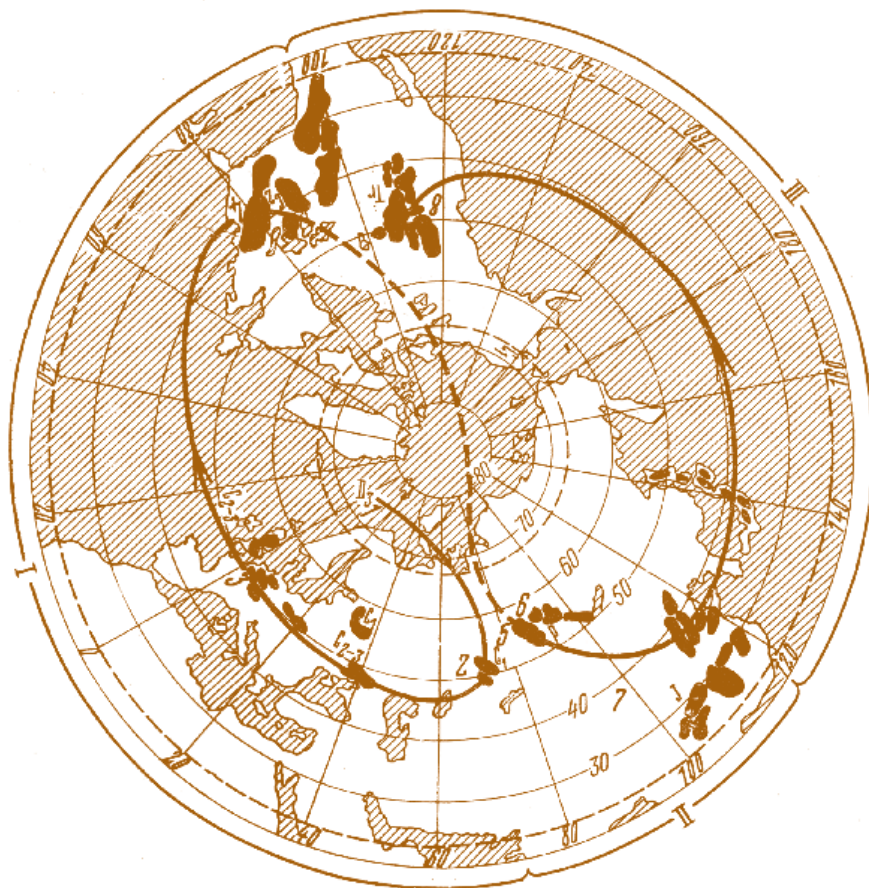


Рисунок 1.1 – Схема переміщення вузлів вугленакопичення на земному шарі в стратиграфічній послідовності за П.І. Степановим: I – площа з переважним карбонічним вугленакопиченням – 25,24% світових запасів вугілля; II – площа з переважним пермським і юрським періодами вугленакопичення – 20,17% світових запасів; III – площа з переважним верхньокрейдовим і третинним вугленакопиченням – 53,79% світових запасів; 1 – верхньодевонський вузол (Медвежий острів) – 0,001% запасів; 2 – нижньокарбонічний вузол (Караганда) – 0,64% запасів; 3 – західноєвропейський (вестфальський) вузол – 9% запасів; 4 – східний північноамериканський вузол (вестфальський) – 13% запасів; 5 – сибірський (пермський) вузол – 11,7% запасів; 6 – чулімо-кансько-іркутський (юрський) вузол – 7,47% запасів; 7 – південнокитайський вузол (пермь-юра) – 2% запасів; 8 – західний північноамериканський (верхньокрейдовий і третинний) вузол – 52% запасів

За загальними геологічними запасами вугілля перші десять місць, без урахування запасів басейну Алта-Амазона в Бразилії (2200 млрд.т), займають країни СНД (6800); США (3600); КНР (1500); Австралія (697); Канада (547); Німеччина (287); ПАР (206); Великобританія (189); Польща (174); Індія (125) (рис. 1.2).

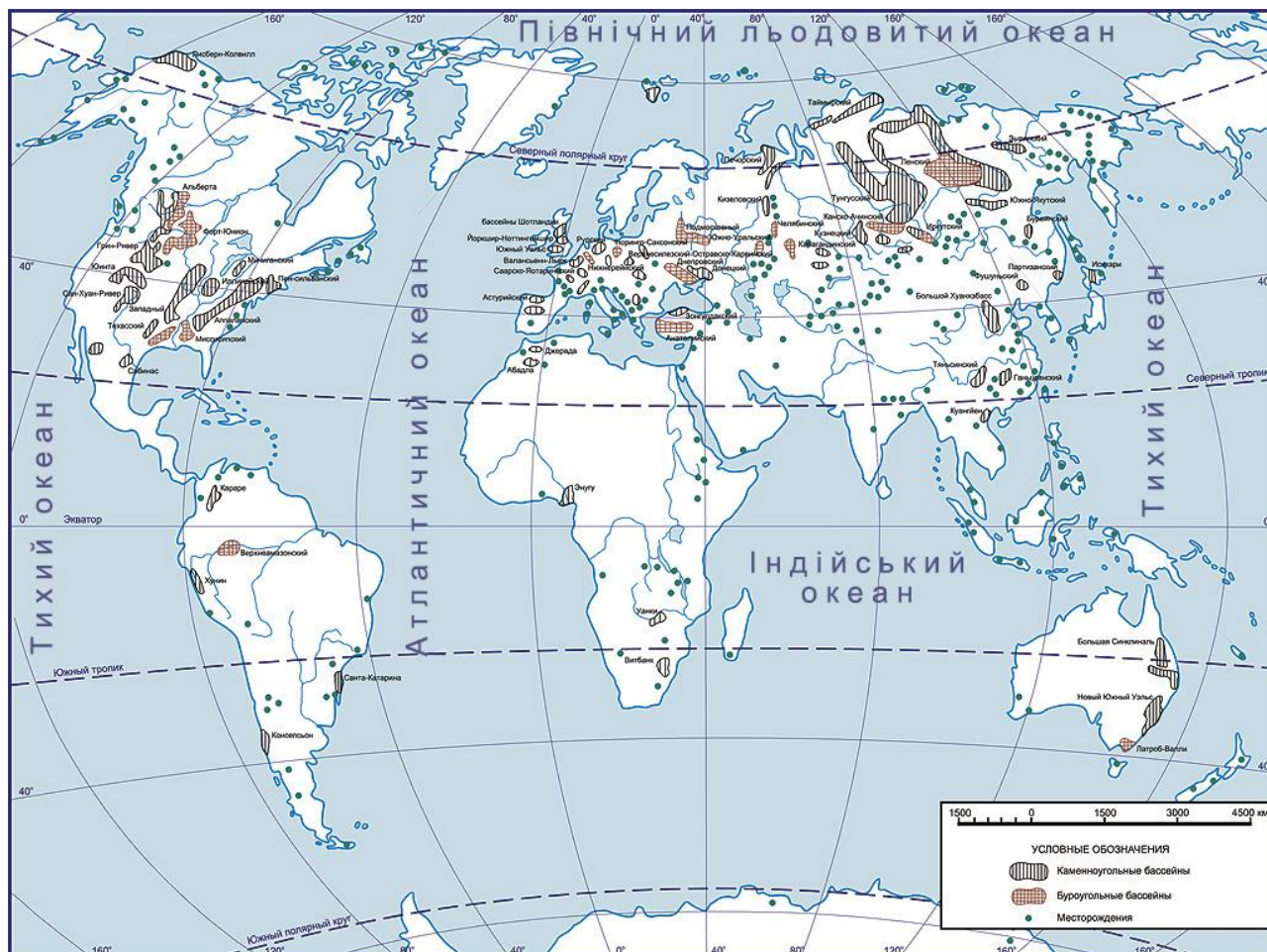


Рисунок 1.2 – Карта розміщення вугільних басейнів у світі

Із 14311 млрд.т вугілля 57% запасів зосереджені в Азії, 30% – в Північній Америці, на інші континенти припадає всього 13% запасів. Доступні до відпрацювання запаси вугілля на початок XXI століття оцінюються у 4210 млрд.т, тобто майже на 70% менше у порівнянні з уточненими геологічними запасами. Ще менші світові запаси вугілля, що видобуваються натепер. Так, за даними Міжнародного щорічника вугільної промисловості світові запаси вугілля, що видобуваються, становлять 982,7 млрд.т, у тому числі кам'яного – 518,2 млрд.т і бурого – 464,5 млрд.т.

Незважаючи на відносне зниження частки вугілля в енергоспоживанні, вугільна промисловість продовжує залишатися однією з провідних галузей світової енергетики. Вона краще за інші галузі забезпечена природними ресурсами. Натепер біля 66% вугільних ресурсів, що видобуваються, припадає на економічно розвинуті країни, у першу чергу: США, країни СНД, Великобританію, Німеччину. Провідні країни світу: Китай, США, Росія, Польща, Індія, Австралія, Німеччина, ПАР, Україна, Казахстан разом видобувають понад 80% загальносвітового вугілля. Слід відзначити, що у загальному світовому видобутку ка'мяне вугілля та антрацити становлять 76%, а інші 24% – буре.

Із семидесятого до дев'яностого року минулого століття спостерігалось систематичне зростання світового видобутку вугілля. За цей час видобуток збільшився з 3222 млн.т (1975 р.) – до 4757,4 млн.т (1990 р.). У дев'яностих роках темпи зростання уповільнилися через скорочення видобутку у країнах СНД, ФРН, Великій Британії, Польщі, США.

З початку XXI століття відновилося зростання не тільки світового видобутку, але й споживання палива. Прогнозними дослідженнями передбачається неухильне збільшення споживання вугілля до 2020 р. із середнім приростом у 1,5% на рік, але зі значними відхиленнями по регіонам. Зокрема, світове споживання вугілля у порівнянні з 2000 р. збільшиться на 1,7 млрд.т, тобто з 4,7 млрд.т – в 2000 р. до 6,4 млрд.т – в 2020 р. За несприятливого варіанту розвитку світової економіки загальні витрати вугілля в 2020 р. можуть становити 5,5 млрд.т, а за сприятливого – 7,6 млрд.т. Згідно з прогнозами, основним споживачем вугілля залишиться енергогенеруюча галузь (понад 55%), в якій буде спостерігатися значне зростання витрат, а також металургійна промисловість. В інших сферах використання вугілля (промисловій, комерційній, побутовій) зростатиме частка інших джерел енергії. Виняток становить Китай, де споживання вугілля збережеться у всіх можливих сферах його застосування [5].

Поклади викопного вугілля відносяться до пластових родовищ, які характеризуються заляганням вугільної речовини однорідного складу у вигляді пластів, обмежених зверху і знизу практично паралельними площинами – ґрунтом та

покрівлею. Слід відзначити, що **вугільне родовище** – це просторово обмежена площа розповсюдження вугленосної формації, що вміщує вугільні пласти, розробка яких економічно доцільна. Межі вугільних родовищ звичайно визначаються контурами ерозійного зрізу вугленосної формації, або розривними порушеннями, які приводять вугленосні відкладення у контакт з безвугільними комплексами порід, літолого-фаціальними (наприклад, виклинювання вугільних пластів) і структурними особливостями їх залягання. При похилому та крутому заляганні вугленосних відкладень межі вугільних родовищ на глибині приймаються за горизонтом, до якого техніко-економічними розрахунками підтверджена доцільність їх розробки. Особливості вугленосності вугільних родовищ надто різноманітні: сукупність родовищ охоплює діапазон від однопластових (за робочою потужністю) до багатопластових з різною потужністю та будовою.

Для вугільних родовищ характерні також такі гірничо-геологічні умови: значне (десятки км²) площове розповсюдження пластів при переважно невеликій їх потужності, що визначає відносно великі розміри площ кар'єрних полів, а також розкритих і підготовлених до відробки дільниць; різка різниця в речовинному складі та властивостях вугілля й вміщуючих порід. Майже всім родовищам кам'яного і частково бурого вугілля підвищеного ступеня вуглефікації властива *метаносність*. Слід відмітити, що інтенсивне виділення метану при руйнуванні вугільного масиву, раптові його викиди з вугіллям чи породою вкрай ускладнюють проведення гірничих робіт. До промислового освоєння залучають родовища вугілля цілком (в їх геологічних межах) або частинами (великі родовища) із запасами, які забезпечують економічну роботу вуглевидобувних підприємств при встановленій проектній потужності протягом нормативного терміну експлуатації та в перспективі [6].

Різне поєднання характеру вугленосності та ступеня порушення вугільних пластів, а також складності гірничо-геологічних умов їх розробки покладені в основу класифікації запасів твердих порід і групування вугільних родовищ (частин великих родовищ у якості самостійних об'єктів розробки). Ці дані використовую-

ють при виборі раціональної методики геологорозвідувальних робіт і геолого-промисловій оцінці розвіданих об'єктів [7].

Основою класифікації є **вугільний басейн** – велика за розміром і масштабом вуглепроявлення площа безперервного чи острівного або територіально роз'єданого розповсюдження вугленосних формацій, утворення яких стало наслідком геологічного розвитку в певний період історії Землі у якості єдиної тектонічної структури. Межі вугільного басейну визначаються ерозійним зрізом вугленосних відкладень або великими розломами, які приводять ці відкладення у контакт з неугленосними утвореннями. Вугільний басейн підрозділяється: за віком вуглеутворення – на періоди або епохи (палеозойська, мезозойська, кайнозойська, кам'яновугільна, пермська, юрська, крейдова, палеогенова тощо); за умовами торфо- і вуглеутворення – на паралічні та лімнічні; за природними типами вугілля – на буровугільні, кам'яновугільні та антрацитові; за місцезнаходженням вугленосних формацій відносно денної поверхні – на відкриті (оголені) та закриті, в яких вугленосні формації перекриті від земної поверхні відкладеннями молодшого віку.

Загальне число вугільних басейнів у світі досягає кількох сотень, в країнах СНД – відомі понад 30. Україна представлена Донецьким кам'яновугільним, Дніпровським буровугільним, Львівсько-Волинським та іншими вугільними басейнами. Концентрація запасів у багатьох вугільних басейнах забезпечує можливість організації великомасштабного видобутку вугілля, який сягає десятків і сотень млн.т на рік. Промислове освоєння таких вугільних басейнів супроводжується територіальним суміщенням вуглевидобувних підприємств із підприємствами по переробці та використанню видобутої сировини із паралельною розробкою родовищ інших корисних копалин.

Вугільний пласт – форма залягання викопного вугілля у вигляді плито- і лінзоподібних тіл з невеликою, в порівнянні з площею розповсюдження, потужністю. У вугленосних формаціях, які утворилися у великих прогинах пригеосинклінальних і складчастих областей (Донецький, Печорський, Кузнецький, Карагандинський та інші басейни), потужність вугільних пластів коливається

від десятків сантиметрів до декількох метрів. Одиночних – від 10 м до 25 м. При цьому потужність багатьох пластів у свитах витримується на площах у десятки і сотні квадратних кілометрів. Внутрішньоплатформним родовищам бурого вугілля, таким як Підмосковний, Дніпровський, Південно-Уральський та інші басейни більш властива лінзоподібна форма залягання вугільних пластів з меншими площами розповсюдження та більшим ступенем змінювання морфології й потужностей, яка в покладах деяких родовищ досягає десятків і декількох сотень метрів. Вугільні пласти можуть бути прості, без прошарків різних гірничих порід, будови, представлених однорідним чи смужкуватим з двох чи більше літотипів вугілля. У більшій частині вони мають складну будову з різним числом прошарків вміщуючих порід. Значно поширені вугільні пласти дуже складної будови, які представлені багаторазовим чергуванням в їх розрізі шарів вугілля та вміщуючих порід. Контакти вугілля з вміщуючими породами можуть бути різкими або із чітко вираженим ритмічним перешаруванням.

У практиці підземної розробки вугілля і відповідно – розвідки та геолого-економічної оцінки родовищ, вугільні пласти за кутом падіння і потужністю підрозділяються на наступні групи: за **кутом падіння** – пологі (від 0° до 18°), нахилені (від 19° до 35°), крутонахилені (від 36° – 55°) та круті (від 56° до 90°); за **потужністю** – дуже тонкі (до 0,7 м), тонкі (від 0,71 м до 1,2 м), середньої потужності (від 1,25 м до 3,5 м), і потужні (понад 3,51 м). При розробці кам'яного вугілля значна частка підземного вуглевидобутку припадає на тонкі пласти. Нижня межа робочої потужності вугільних пластів у Донбасі становить від 0,5 м до 0,55 м – для пластів, які містять вугілля особливо цінних марок (Ж, К, ОС), і до 0,6 м – для пластів, які містять вугілля інших марок, що використовують для коксування. Для підрахунку запасів бурого вугілля найменша потужність вугільного пласта встановлюється в межах від 1 до 1,3 м [8].

У загальній кількості вугільних пластів потужністю понад 1 м, наявних в 163 розвіданих родовищах СНД, кількість пластів з потужністю понад 10 м складає 9,6%; більше 30 м – 2,3%. Запаси вугілля, які містяться в таких пластах, складають біля 30% загальних балансових запасів в країнах СНД. Ці вугільні пла-

сти є об'єктами ефективної відкритої розробки. Найунікальніші за потужністю вугільні пласти знаходяться в Екібастузькому басейні (до 160 м); родовищах Коркінському і Ангрєнському (до 200 м); Бабаєвському (до 125 м) і Хабаровському (100 м) Південно-Уральського басейну; Кзил-Тальському Тургайського басейну (до 165 м). В інших країнах найбільшої потужності вугільні пласти досягають в родовищі Фушунь (КНР), басейні Латроб-Валлі – в Австралії, родовищі Хат-Крик (Канада), відповідно 200, 340 і 450 м. Кут падіння та потужність вугільного пласта в значній мірі визначають доцільність системи його розробки і способи керування покрівлею в очисних вибоях, механізацією очисних робіт тощо.

Вугілля видобувається з надр Землі за допомогою відкритих гірничих виробок, або підземних. Кожне вуглевидобувне підприємство має встановлені земельні та гірничі відводи, розкриті та підготовлені до виймання кондиційні запаси, які забезпечують нормативний розвиток гірничих робіт на тривалий період. Основними гірничими виробками при відкритій розробці вугілля є капітальні траншеї, які забезпечують доступ із земної поверхні до вугільного родовища, і розрізні траншеї, які готують кар'єрне поле задля проведення розкривних і видобувних робіт. Відкрита розробка родовищ забезпечує більш високий ступінь видобутку вугілля з надр, більшу продуктивність праці та потужність підприємства, поліпшення умов праці у порівнянні з шахтним видобутком. Застосування відкритої системи розробки краще, якщо пласти вугілля мають більшу потужність і залягають на порівняно малій глибині.

Слід відмітити, що робота вугільної промисловості пов'язана із суттєвим погіршенням екологічної ситуації в районах видобутку і переробки вугільної продукції. Тільки у вугільних районах України є понад 1200 породних відвалів, біля 200 шламових відстійників і мулонакопичувачів, площа яких не лише займає величезні території, але й забруднює водні й повітряні басейни районів розташування вугледобувних підприємств.

У ХХ столітті розробка і освоєння необхідної високопродуктивної техніки дозволили повністю механізувати розробку вугільних родовищ відкритим способом. Натепер відкрита система розробки вугілля та інших корисних копалин ши-

роко застосовується у світі. В Україні шляхом відкритої розробки добувається буре вугілля Дніпровського родовища. Основні технологічні процеси відкритої розробки вугілля включають підготовчі роботи (створення фронту розкривних і добувних робіт), видобуток, транспортування, складування та відвантаження вугілля споживачам.

Незважаючи на інтенсивний розвиток у ХХ столітті розробки покладів вугілля відкритим способом, підземний спосіб на кінець століття забезпечував біля 70% видобутку кам'яного і 10% бурого вугілля. У зв'язку з відпрацюванням вищих горизонтів глибина вугільних шахт доходить до 1300–1500 м. Тому у перспективі провідна роль у відкритому добуванні бурого вугілля буде зростати й повністю забезпечить потреби країни у дефіцитних продуктах, таких як енергетичне паливо, виготовлення вугільного воску, бензину, будівельних матеріалів тощо. Основна ж його частина використовується в технологічних цілях.

Так, низькотемпературні методи хімічної переробки застосовують для бурого вугілля, органічна маса якого малою мірою полімеризована і складається по суті із слабо зв'язаних один з одним аліфатичних та ароматичних молекулярних фрагментів, які легко перероблюються шляхом екстракції. При цьому, екстракцією органічних розчинників виготовляють бензин і бензоли; бітуми – суміш восків, парафінів, масел, асфальтенів та смоли. Найбільш цінна частина екстракту – гірничий або монтан-віск, який широко використовують в машинобудуванні для точного лиття, при виробництві пластмас, в побутовій хімії, паперовій та текстильній промисловості. Екстракцією водяним розчином їдкового натру з подальшим осадженням суміші розчином сірчаної кислоти одержують гумінові кислоти, які застосовують для виготовлення акумуляторів, під час буріння нафтогазових свердловин, в сільському господарстві у якості регуляторів росту і розвитку рослин.

У діапазоні температур (350÷500)°С органічна речовина вугілля виявляє здібність до **термічного розчинення та гідрогенізації**. Термічному розчиненню у вуглеводневих розчинах піддають подрібнене буре вугілля при тиску до 5 МПа. У присутності водню чи його донорів, сірчаностійких каталізаторів та при тиску від 30 до 70 МПа відбувається процес гідрування термічно розчиненої речовини. При

цьому ароматичні структури розкладаються до аліфатичних, а вихід бензинової фракції перевищує 55% від маси органічної частини вугілля. Цей спосіб отримання синтетичного рідкого палива з вугілля широко застосовувався в Німеччині та ПАР в період ембарго на поставки нафтопродуктів.

При нагріванні вугілля до 500–600°C без доступу повітря відбувається його **напівкоксування** – термічне розкладання (піроліз) органічної частини з відщепленням і виходом у вигляді газів пароподібних летких речовин, приєднаних до них груп, аліфатичних та легких ароматичних молекулярних фрагментів. При цьому основними є рідкі продукти напівкоксування – суміш масел і смоли, які широко використовують в хімічній та інших галузях промисловості, а також як замітник котельного палива. Газ напівкоксування, до якого в основному переходить сірка вугілля, найчастіше спалюють для нагріву вугільної маси. Твердий залишок застосовують як бездимне, знесірчене паливо з високим вмістом вуглецю. Найбільший вихід рідких продуктів напівкоксування мають буре та сапропелітове вугілля, а також вугільні сланці (крім менілітових). Якщо напівкоксування вугілля відбувається в атмосфері водяного пару, у твердому залишку істотно розвивається пориста структура. Питома поверхня пор досягає 300–800 м²/г. Такий твердий залишок, який називають активованим вугіллям, має високу адсорбційну здатність.

Шляхом часткового окислення поверхні активованого вугілля, просоченням його хімічно активними речовинами чи нанесенням мікрокількості каталізатора можливо створювати вибірккові поглиначі, іонові електроннообмінники чи високоактивні каталізатори. Так, в сучасній промисловості знесолення технічної води, очистка стічних вод, видалення та уловлювання мікродомішок та багато інших процесів організовані завдяки великотоннажному виробництву активованого вугілля із заздалегідь заданими властивостями.

Одним із найважливіших процесів переробки вугілля є коксування, яке проводиться без доступу повітря при температурах до 900°C і вище. Його цільовим продуктом є металургійний кокс – спечений звуглецьований і знесірчений залишок. Побічним продуктом коксування є кам'яновугільні смоли, масла, сирий бензол, які покривають чверть сучасної світової потреби в ароматичних вуглеводнях.

Газ коксування часто спалюють для нагріву коксових печей, але він також може служити сировиною для одержання аміаку та інших цінних продуктів.

Виробництво цементу. Цемент являє собою тонкоподрібнену суміш клінкеру з різними активними (доменний шлак, гіпс) та інертними (вапняк, пісок) добавками. Клінкер – продукт спікання вугілля із сировинною шихтою, яка складається із вапняково-магнезійних і глинистих порід, збагачених оксидом заліза. Клінкер одержують шляхом випалювання шихти в обертових печах при температурі 1450°C.

Випал вапняку здійснюють при температурі 1000–1200°C в шахтно-пересипних, кільцевих і шахтних печах з виносними напівгазовими топками. Для випалу вапна в шахтних печах з виносними напівгазовими топками використовують сортове слабоспікаєме кам'яне та буре вугілля з невеликим вмістом дрібняку.

Виробництво порошкоподібних вуглелужних реагентів. Наведену технологію застосовують при бурінні свердловин для видобутку рідкого та газоподібного палива й свердловин великого діаметру при проведенні шахтних стволів. Для виробництва реагентів використовують молоде буре вугілля. *Спікання глинозему* проводиться в обертових печах. Для спікання використовують кам'яне та буре вугілля крупністю до 300 мм.

Енергетичне використання вугілля є найбільш давнім і розповсюдженим для спалювання. У теперішній час до 50% електроенергії в Україні виробляється на теплових електростанціях, абсолютна більшість енергоблоків яких спалюють буре, енергетичне (некоксівне) кам'яне вугілля і антрацити. Спалювання вугілля пов'язане із здатністю вуглецю і водню, які входять до складу вугілля, реагувати з киснем до утворення CO_2 з виділенням теплоти. У теорії горіння встановлено, що вуглець реагує з газами (O_2 , CO_2 , H_2) головним чином шляхом хемосорбції (хімічного приєднання) дисоційованого кисню до активних речовин [9].

Газифікацією називають процес реагування вугілля з CO_2 та H_2O з утворенням горючих газів CO і H_2 . Процес газифікації супроводжується поглинанням теплоти. Часто у якості джерела теплоти для газифікації використовують неповне горіння самого вугілля. Питома швидкість газифікації в 1000 разів нижче питомої

швидкості горіння, а підвищення її пов'язане з тими ж факторами, що й у випадку швидкості горіння. До недавнього часу вважалося, що газифікація найбільш пристосована для виробництва світильного газу, а також CO і H₂ як сировини для подальшого органічного синтезу. Так, Німеччина і Південно-Африканська Республіка (ПАР) левову частку своїх потреб в бензині покривають за рахунок газифікації вугілля методом Фішера–Тропша. У СРСР у 50-ті роки минулого століття також були розповсюджені вугільні газогенератори, в тому числі й ті, що виробляли газ для двигунів внутрішнього згорання. Однак, таке застосування газифікації було пов'язане з низьким коефіцієнтом корисної дії (ККД) використання вугілля, технічними й екологічними труднощами.

Друге народження газифікації відбулося в енергетиці. Відносно недавно були розроблені комбіновані парогазові установки (ПГУ) з внутрішньоциклонною газифікацією вугілля під тиском, які відрізняються від парових установок з традиційним спалюванням вугілля, підвищеним ККД та екологічною чистотою. Широке впровадження ПГУ на вугіллі можливе вже в найближчі 10–20 років.

Проблеми утилізації золи. При спалюванні вугілля зола утворюється у вигляді оплавленого (засклованого) шлаку і сухої золи (винос). Шлак більш хімічно інертний і в зв'язку з цим знаходить відносно широке застосування для виготовлення шлакобетонів. Однак, використання шлакобетонних виробів обмежене їх дещо підвищеною радіоактивністю. Складність зберігання сухої золи обумовлена її дрібнодисперсністю, яка викликає пилення, і наявністю окисів лужних металів, що реагують з водою до лугів. Попадання їх в ґрунтові води неприпустиме. Золи, які містять розкладений вапняк, що додається для зв'язування сірки, при взаємодії з водою утворюють вапно і спучуються.

У результаті наведеного опису хімічного складу та фізичних властивостей бурого вугілля можна зробити висновок, що існуючі методи його використання не дозволяють в повному обсязі реалізувати його відповідний сировинний і енергетичний потенціал. Так, в Україні недостатньо застосовують методи екстракції, напівкоксування і гідрогенізації, хоча буре вугілля Дніпровського басейну є для цього прекрасною сировинною базою. Розвиток методів низькотемпературного

спалювання дозволив би утилізувати найбагатші, невикористані у теперішній час поклади засоленого вугілля Західного Донбасу марки Д. У випадку розробки та впровадження технологій спалювання вугілля з підвищеною зольністю, наприклад в циркулюючому киплячому шарі (ЦКШ), вдалось би істотно знизити втрати горючої маси вугілля при збагаченні та утилізувати залишковий вуглець, накопичений у відходах збагачувальних фабрик у кількості десятків мільйонів тонн. Рациональне використання золи і шлаку електростанцій дало б можливість вирішити проблему сировинної бази при одержанні алюмінію, урану, германію, кремнію та інших цінних елементів.

При цьому, однією з найбільш перспективних є ідея комплексної енерготехнологічної переробки вугілля. Суть її полягає в тому, щоб вугілля перед спалюванням піддавалось попередньому піролізу з отриманням газоподібного, рідкого палива та хімічної сировини.

1.2 Світова тенденція видобутку та переробки бурого вугілля

Останнім часом напрямок переробки твердого горючого палива поряд з виробленням електроенергії має динамічний розвиток у якості сировини для хімічного синтезу. За даними «Ради по газифікації і синтетичним технологіям (GSTC)» вже в 2018 році потужність заводів по газифікації виросте з 75 (2010 р.) до 300 тис. МВт-год. При цьому, на отримання хімічних продуктів припадає більше половини потужностей даних заводів, а на частку енергетики – всього до 10% від загальної продуктивності. Наприклад, в Китайській Народній Республіці (КНР), як в регіоні, де відсутній недорогий природний газ, газифікація вугілля є дуже важливим процесом для синтезу аміаку при виробництві добрив. У 2008 році при світовому виробництві аміаку 146 млн. т на рік, 27% підприємств КНР використовували вугілля у якості сировини. В 2015 році в Китаї для виробництва аміаку в якості сировини використовували вугілля вже на 97% підприємств. Як очікується, непапильне використання вугілля буде зростати і далі.

Практично у всіх країнах, де економічно доцільний видобуток твердого горючого палива (ТПП), вугілля вносить вагомий внесок в енергетичну безпеку. На-

віть в країнах ЄС, в регіоні найменш багатому на вугілля (близько 3% від світових запасів), ТГП відіграє виняткову роль. Проте, деякі вугільні родовища в таких країнах ЄС, як Німеччина, Польща, Чехія, Болгарія, Греція, Угорщина і Румунія мають сприятливі гірничо-геологічні умови і залягають близько до поверхні, тому розробляються відкритим способом. Обсяги видобутку, в залежності від наявності запасів становлять від декількох десятків – до 178 млн т на рік, наприклад в Німеччині.

Кам'яне вугілля і лігніти в даний час знаходять своє широке застосування в генерації електричної енергії, забезпечуючи її вироблення в обсязі від 24, як в цілому по ЄС, так і до 42% у Німеччині. При цьому в Німеччині, на базі вугілля низької якості, виробляється понад 150 ТВт-год на рік або 24% від загальної генерації, що можливо порівняти з усім виробленням електроенергії в Україні. При цьому в ЄС, унаслідок значного використання низькокалорійного лігніту, дотримується правило логістики «видобувне підприємство - ТЕС», коли вугілля безпосередньо з розрізу подається на ТЕС чи іншу переробку конвеєрним транспортом за найкоротшим транспортним плечем.

Цілком ймовірно, враховуючи, що видобуток нафтової сировини і газу ускладнюється, а витрати, виражені в коефіцієнті EROEI (від англ. energy returned on energy invested - співвідношення отриманої енергії до витраченої, енергетична рентабельність) знижуються - перехід у виробництві хімічних продуктів і моторних палив на основі синтез-газу з ТГП продовжить зростати. Наприклад, в Україні при видобутку гірничої маси на основі бурого вугілля, значення EROEI коливається від 14 одиниць (Костянтинівський розріз) до 150 (Ново-Дмитрівський розріз). Навіть якщо дані розрахунки і несуть у собі певну похибку, то значення в 150 одиниць набагато перевершує поточні галузеві дані.

Тому в світі, не дивлячись на те, що один вид з ТГП – буре вугілля, має найгірші енергетичні характеристики, видобувається воно практично на всіх континентах і в усіх країнах де воно існує в наявності (станом на 2014 р. у млн т): Німеччина – 178,2; США – 72,1; Російська Федерація – 69,6; Польща – 63,9; Туреччина – 61,5; Австралія – 60,7; Греція – 48,0; Індія – 47,2; Чеська Республіка – 38,2; Бол-

гарія – 21,2. Якщо розглядати видобуток бурого вугілля за регіонами світу та країнами, то їх об'єми за останні роки коливаються незначно (табл. 1.1, 1.2.)

Таблиця 1.1 – Видобуток бурого вугілля у регіонах світу за останні роки, млн т

Регіон	За інформацією BGR						Прогноз НГУ				
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Європа	529,4	566,7	566,9	530,7	511,8	511,3	556,9	547,7	544,2	542,6	541,8
СНД	87,3	90,8	90,6	84,9	82,6	84,7	89,9	88,6	88,0	87,8	87,7
Африка	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Азія	235,3	267,9	284,5	289,6	285,1	273,4	254,1	261,6	264,6	265,9	266,6
Австралія	68,8	66,7	69,1	59,9	58,0	63,0	68,9	66,8	66,0	65,6	65,5
Північна Америка	81,2	83,3	81,1	79,0	80,6	75,2	83,0	81,7	81,2	81,0	80,9
Південна Америка	5,9	6,0	7,1	9,1	3,6	3,6	7,3	6,5	6,2	6,1	6,0
Світ у цілому	1007,9	1081,4	1099,3	1053,2	1021,7	1011,2	1060	1052,8	1050,2	1049	1048,5

Розрізняють 3 основні різновиди бурого вугілля: лігніт (з ясно помітною деревною структурою материнських рослин), пухкий землястий і щільний блискучий. Буре вугілля поширене у відкладеннях різного віку, починаючи від девону і карбону, але найбільш багаті родовища відносяться до мезозойського і третинного віку. Буре вугілля використовують у якості енергетичного палива і як хімічну сировину для отримання рідкого палива та у виробництві різних синтетичних речовин, газу і добрив. При спеціальній обробці з бурого вугілля отримують кокс, придатний для металургійного виробництва.

Слід відмітити, що найбільше родовище бурого вугілля знаходиться в Росії: Солтонське родовище, яке розташоване на Алтаї. Його прогнозовані запаси оцінюються в 250 млн т. Вугілля тут видобувається відкритим способом.

На даний час розвідані запаси бурого вугілля на двох розрізах становлять 34 млн. т. У 2006 році тут було добуто 100 тис. т вугілля. У 2007 році обсяги видобутку склали 300 тис. т, в 2008 році – вже 500 тис. т. Кансько-Ачинський вугільний басейн, розташований на кілька сотень кілометрів на схід від Кузнецького басейну на території Красноярського краю і частково в Кемеровській та Іркутській областях. Цей басейн характеризується значними запасами енергетич-

ного бурого вугілля. Видобуток ведеться в основному відкритим способом. Площа для відкритої розробки в басейні становить 45 тис. км²; запаси оцінені в 143 млрд. т. вугілля. Експлуатуються пласти потужністю 15 – 70 м.

Таблиця 1.2 – Видобуток бурого вугілля у країнах світу за останні роки й на перспективу, млн т

Країна	За інформацією BGR						Прогноз НГУ				
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Німеччина	169,4	176,5	185,4	183,0	178,2	178,1	175,0	176,4	177,0	177,2	177,4
Китай	125,3	136,3	145,0	147,0	145,0	140,0	132,2	135,3	136,6	137,1	137,4
РФ	76,0	77,6	77,9	73,0	70,0	73,2	77,6	76,3	75,8	75,6	75,4
США	71,0	73,6	71,6	70,1	72,1	64,7	73,3	72,1	71,6	71,4	71,3
Польща	56,5	62,8	64,3	65,8	63,9	63,1	59,9	61,1	61,5	61,7	61,8
Австралія	68,8	66,7	69,1	59,9	58,0	63,0	68,9	66,8	66,0	65,6	65,5
Індонезія	40,0	51,3	60,0	65,0	60,0	60,0	46,1	49,8	51,4	52,1	52,4
Туреччина	70,0	72,5	68,1	57,5	62,6	50,4	74,0	69,1	67,3	66,5	66,1
Греція	53,6	58,4	62,4	54,0	48,0	46,0	59,5	56,8	55,8	55,4	55,1
Індія	37,7	42,3	46,5	44,3	47,2	43,9	40,4	41,7	42,2	42,5	42,6
Чехія	43,9	46,8	43,7	40,6	38,3	38,3	46,1	44,2	43,5	43,2	43,0
Сербія	37,8	40,6	38,0	40,1	29,7	37,3	39,7	38,5	38,1	37,9	37,8
Болгарія	27,1	34,5	31,0	26,5	31,3	35,9	28,8	29,7	30,0	30,2	30,2
Румунія	27,7	32,9	34,1	24,7	23,6	25,5	31,5	29,8	29,2	29,0	28,8
Тайланд	18,3	21,3	18,1	18,1	18,0	15,2	20,0	19,2	18,8	18,7	18,6
Канада	10,3	9,7	9,5	9,0	8,5	10,5	9,8	9,7	9,7	9,6	9,6
Угорщина	9,0	9,5	9,3	9,6	9,6	9,3	9,2	9,3	9,3	9,3	9,3
Косово	8,0	8,2	8,0	8,2	7,2	8,2	8,1	8,0	8,0	8,0	8,0
Північна Корея	7,0	7,6	7,0	7,0	7,0	7,0	7,2	7,2	7,1	7,1	7,1
Боснія та Герцоговина	11,0	7,1	7,0	6,2	6,2	6,5	9,0	8,2	7,9	7,7	7,7
інші країни	39,7	45	43,4	43,8	37,5	35,1	44,1	42,5	42,0	41,7	41,6

У бурому вугіллі міститься від 15 до 30% вологи; зольність складає 10-25%; теплота згоряння – 27,2 МДж/кг. Пласти бурого вугілля мають лінзоподібний характер, потужність змінюється від 1-10 м до 30 м. Родовища бурого вугілля часто розташовуються поруч з кам'яновугільними. Тому буре вугілля також видобувають у таких відомих басейнах як Минусинский та Кузнецкий.

1.3 Роль бурого вугілля в економіці України

Вугілля – єдина енергетична сировина, запасів якої потенційно достатньо для того, щоб забезпечити енергетичну безпеку України та сприяти розвитку її металургійної й хімічної промисловості. Якщо в структурі світових запасів основних видів органічного палива вугілля становить 67%, то на Україні – 95,45%. Роль вугілля в паливно-енергетичному комплексі України буде постійно зростати. Вугільна промисловість є стратегічною галуззю країни. Якщо ХІХ століття називали «століттям вугілля», ХХ – «століттям нафти», то з урахуванням швидкого вичерпування нафтових і газових запасів та екологічних проблем ядерної енергетики ХХІ століття доречно називати століттям «раціонального використання органічного палива», в першу чергу – вугілля. Роль вугілля в паливно-енергетичному комплексі України буде постійно зростати. Вугільна промисловість є стратегічною галуззю країни [10].

В енергетиці України вугілля є основним стабільним ресурсом зі значними запасами і може надовго застосовуватись в перспективі. У 1998 році частка вугілля в паливно-енергетичному балансі України становила 26,6%, тоді як у 1975 році вона дорівнювала 47,4%. В історії України вугілля за обсягами видобутку завжди було домінуючим енергоносієм. За період з 1991 по 1998 р. в паливному забезпеченні ТЕС частка вугілля збільшилась з 22,2 до 27,1%. Це приблизно в 1,5 рази нижче середньосвітового показника (39,6% у 1990 р.) та в 2,1–2,3 рази менше даного показника для США і Східної Європи, які забезпечують себе необхідними обсягами вугілля. У перспективі (2020 р.) в Україні можливо очікувати виходу на споживання вугілля на рівні 1990 року (133,3 млн.т). На цьому етапі розвитку економіки вугілля буде найважливішим природним енергоносієм в Україні.

У відповідності із стандартом України ДСТУ 3472-96, до бурого вугілля відноситься паливо з $R_o < 0,40\%$, $Vdaf = 50-70\%$, $Qdaf < 24$ МДж/кг. В Україні буре вугілля розповсюджене досить широко і представлене великою кількістю родовищ і вуглепроями, які утворюють басейни і вугленосні товщі. Вони знаходяться в різних геологічних структурах, таких як Український щит – Дніпровський басейн; Дніпровсько-Донецька западина – Дніпровсько-Донецька

вугленосна товща; Волинсько-Подільська плита – Придністровська вугленосна товща; прогини – Прикарпатська і Закарпатська вугленосні товщі; западини – родовища Причорномор'я. Вуглепрояви зустрічаються також в Криму. Основні поклади бурого вугілля України зосереджені в Дніпровському басейні.

Україна в своєму енергобалансі використовує практично всі доступні первинні енергоресурси. Проте істотними запасами, здатними забезпечувати енергобезпеку – є вугілля. За даними Геологічної служби і вугільних операторів, балансові запаси вугілля в Україні оцінюються в 56 млрд. т, а розвідані – 33,9 млрд.т. Аналогічні дані наводяться і в звітах Верховної Ради, де показані тотальні резерви вугілля в обсязі 34,375 млрд. т.

Основні запаси сировини зосереджені в Донецькому, Дніпровському та Львівсько-Волинському вугільних басейнах, а також в Дніпровсько-Донецькій і Закарпатській вугленосних западинах. Насьогодні, видобуток ведеться в Донецькому і Львівсько-Волинському вугільних басейнах обсягом в 32 млн. т на рік енергетичного і близько 8 млн т коксівного вугілля. Використання енергетичного вугілля в генерації електроенергії дозволяє покрити 32% її потреби по країні.

Однак, родовища даних басейнів характеризуються великою глибиною залягання, (гірничі роботи проводяться на глибині від 500 м до 1 000 м) і малою потужністю пластів (0,8 ÷ 1,0) м, що в деяких випадках вимагає підтримки витрат на гірничі роботи за собівартістю видобутої корисної копалини. Ще негативним фактором, що впливає на галузь, є недофінансування галузі в попередні періоди. Сильним обмежувальним фактором, що стримує розвиток видобутку кам'яного вугілля (особливо антрациту) є те, що триває збройний конфлікт на території Луганської і Донецьких областей.

Дніпровський буровугільний басейн знаходиться в межах Вінницької, Житомирської, Київської, Черкаської, Кіровоградської, Дніпропетровської і Запорізької областей України. Простягається з південного заходу на південний схід уздовж середньої течії р. Дніпро на 680 км при ширині від 70 м до 175 м (рис. 1.3). Загальна площа басейну – біля 150 тис. км².

Басейн являє собою окремі, роз'єднані між собою буровугільні родовища або групи родовищ та вуглепроявів, які, за однією класифікацією, об'єднані в шість геолого-промислових районів: Коростишівський, Ватутінський, Олександрійський, Верхньодніпровський, Оріхівський і Криворізький. За іншою класифікацією, запропонованою П.Г. Нестеренко, Дніпробас розділяється на 9 районів і окремо, 10-й район – Північно-Західний Донбас (рис. 1.4).

Переважний обсяг балансових запасів промислових категорій вугілля зосереджений в Дніпропетровській області – не менше 1-го млрд. т, або 55,6% від загальної обсягу, та Кіровоградській – біля 700 млн. т або 39%. Решта – розташована в Черкаській (82,4 млн. т – 4,4%) і Житомирській (10,9 млн. т – 0,6%) областях. Для відкритої експлуатації родовищ Дніпробасу придатні за категоріями А + В + С₁ – 519,6 млн. т, С₂ – 8,9 млн. т; забалансові – 32,0 млн. т. Балансові запаси за категоріями А + В + С₁, придатних для відкритої розробки, зосереджені головним чином в Кіровоградській (254,5 млн. т – 49%) і Дніпропетровській областях (246,4 млн. т – 47%). Інші (18,7 млн. т – 3,6%) знаходяться в Житомирській та Черкаських областях.

Геологічну будову родовищ представляють пухкі пісчано-глинисті породи третинного і четвертинного віку сумарною потужністю до 100 м при переважній 50 – 70 м. Ці відкладення заповнюють зниження в кристалічному фундаменті, представленому гранітними породами. Ця обставина зумовлює морфологію родовищ і ділянок, що мають форму лінзоподібних покладів складної неправильної конфігурації. Розміри покладів коливаються від декількох десятків метрів до декількох кілометрів.

Залягання вугільних пластів в товщі пухких пісчано-глинистих порід зумовлює велику обводненість ділянок. Коефіцієнт водообільності нормально працюючих підприємств зазвичай становить близько 10 м³ води на 1 тону добутого вугілля. Виділяються кілька підземних водоносних горизонтів, які ускладнюють ведення гірничих робіт. Серед них слід виділити: підвугільний, що залягає в ґрунті нижнього вугільного шару, і надвугільний, що залягає вище вугільних пластів.

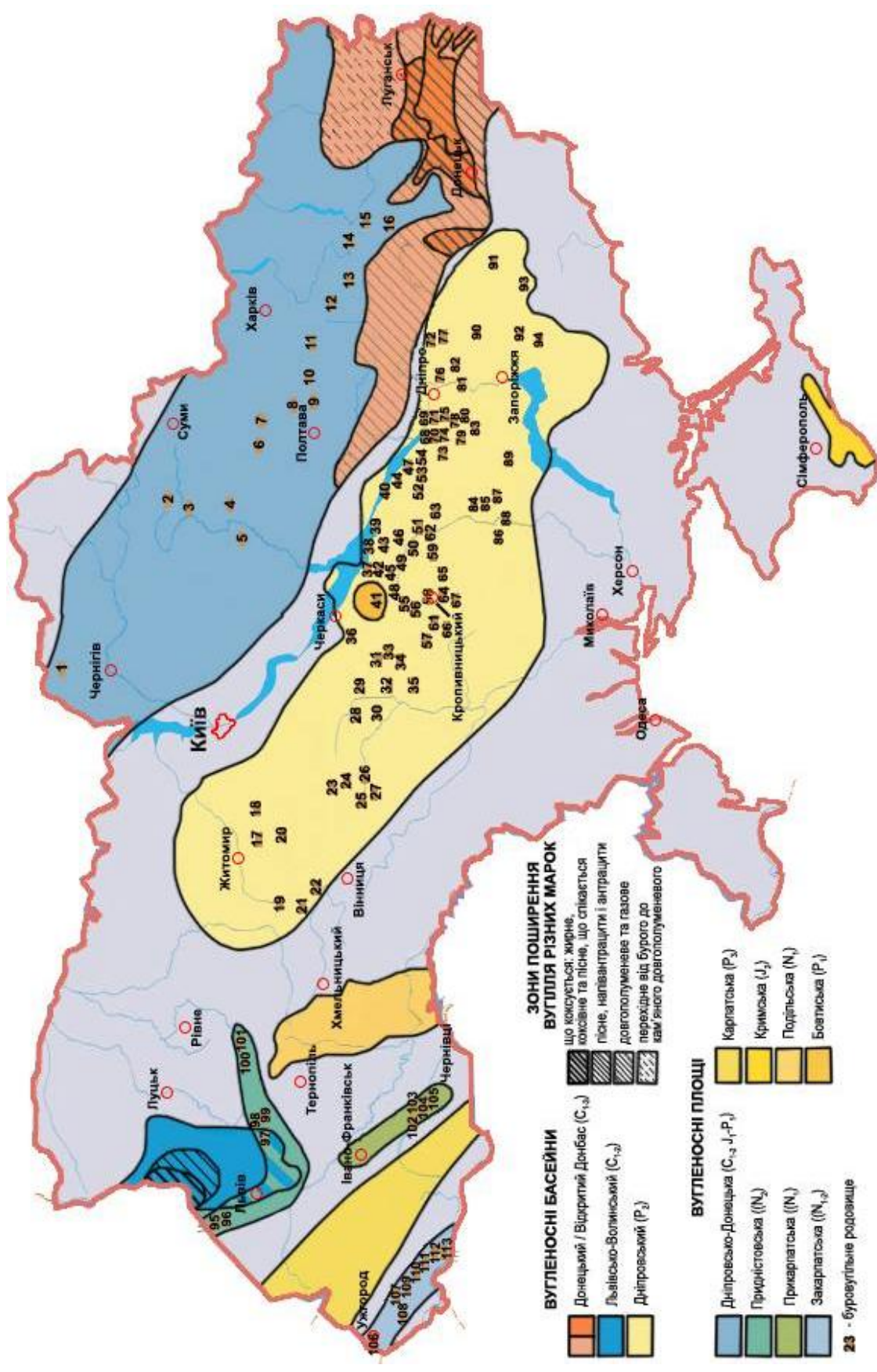


Рисунок 1.3 – Карта розташування родовищ бурого вугілля України (позначення 1 – 113 див. дод. Г)

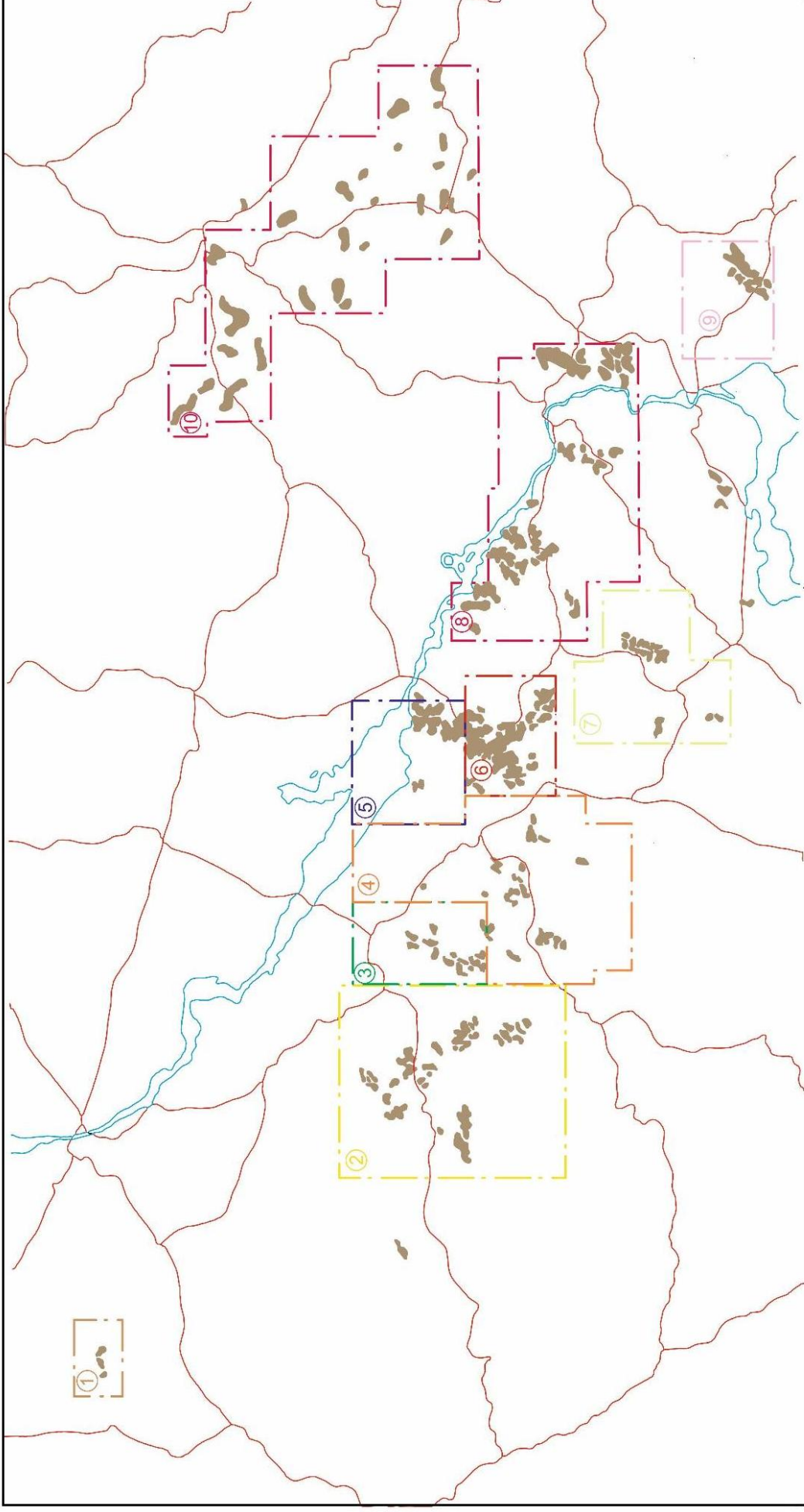


Рисунок 1.4 – Карта розташування буровугільних районів України: 1 – Коростишевський; 2 – Звенигородський; 3 – Злагодольський; 4 – Кіровоградський; 5 – Ново-Георгіївський; 6 – Олександрійський; 7 – Криворізький; 8 – Дніпропетровський; 9 – Орхівський; 10 – Північно-Західний Донбас

Підвугільні піски мають досить високі фільтраційні властивості (коефіцієнт фільтрації 5 – 25 м/добу) і успішно осушуються водознижуючими свердловинами. Надвугільні піски неоднорідні за складом і мають різні, переважно низькі фільтраційні властивості (коефіцієнт фільтрації зазвичай становить близько 1 м/добу). Ефективність їх осушення за допомогою водознижуючих свердловин невелика. Структура запасів за категоріями розвідки Дніпровського басейну наведена на рисунку 1.5.

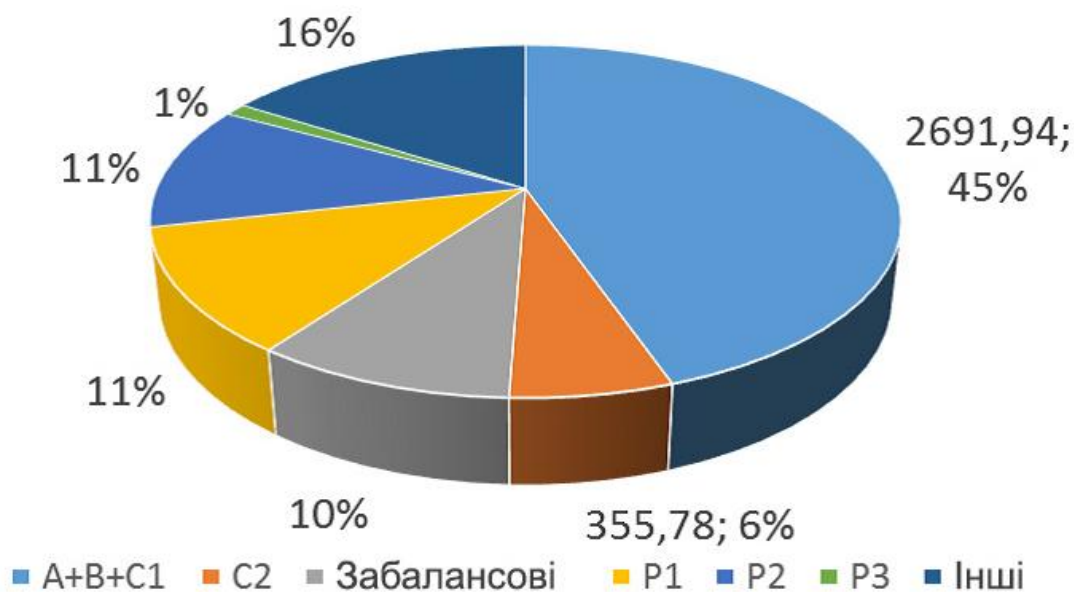


Рисунок 1.5 – Діаграма запасів бурого вугілля Дніпровського басейну за категоріями розвідки

У зв'язку з тим, що вугілля та покриваючі породи є м'якими утвореннями, відпрацювання їх при відкритому і підземному способах проводиться без буропідривних робіт. За ступенем радіоактивного випромінювання вугілля та розкривні породи на розрізах відносяться до першого класу, тобто можуть застосовуватися без обмежень при видобутку й переробці. За глибиною залягання стан геологічних запасів Дніпровського басейну наведений на рисунку 1.6. Найбільш перспективні родовища по басейну, що придатні для відкритої розробки (млн. т), наступні: Миронівське (ділянка Костянтинівська) – 42,5; Бандурівське (ділянка шахти Медвежоярська) – 29; Миронівське – 96,5; Єлизаветівське – 49,8; Верхнедніпровське – 159,2 млн т; Синельниківське – 87,3; Морозівське – 20 млн (табл. 1.3).

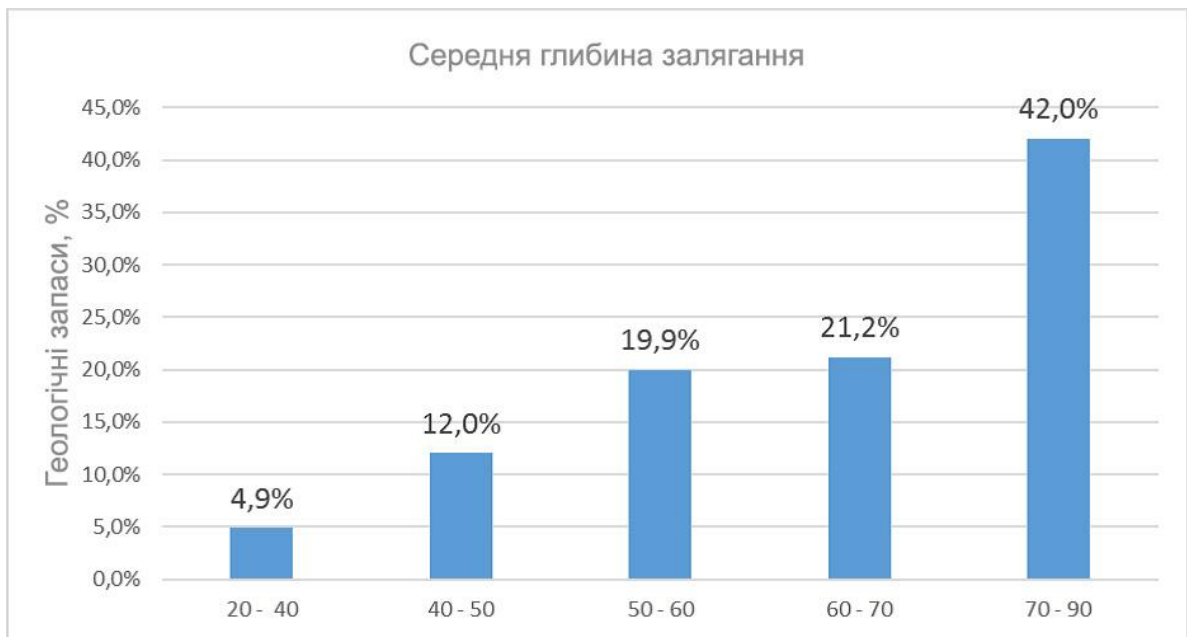


Рисунок 1.6 – Графік розподілу геологічних запасів бурого вугілля України за глибиною залягання

Родовища Північно-Західного Донбасу. Запаси даного геологічного району приурочені до депресійної вороки над соляними штоками в північно-західному секторі Донецького басейну (рис. 1.7.)

Ново-Дмитрівське родовище бурого вугілля розташоване у Барвінківському районі Харківської області. Воно приурочене до глибокої западини над сольовим штоком, має мульдоподібну форму. Промисловий інтерес являють три буровугільних шари, потужність яких змінюється від 2,0 до 60 м. Балансові запаси становлять 390 млн т. Зольність вугілля змінюється від 13,5 до 40 %; вологість – 48,5 – 56 %; вміст сірки – 1,5 – 3,8 %; теплота згоряння коливається від 1435 до 2930 ккал/кг. Глибина залягання вугільних шарів на виходах 50 – 60 м, а у центрі мульди досягає 300 – 400 м. Промисловий коефіцієнт розкриття складає 4 м³/т. Вугілля придатне як для брикетування і отримання гірського воску, так і для прямого спалення й хіміко-технологічної переробки [11].

Таблиця 1.3 – Запаси родовищ Дніпровського буровугільного басейну

Область, родовище, дільниця	Виробнича потужність, млн. т.	Запаси, млн. т.					Промислові запаси А+В+С ₁	Розріз (рік закриття)
		балансові				забалансові		
		А	В	С ₁	С ₂			
Житомирська обл. Андрушівське родовище Північна лінза Південна лінза	0,3		2,44 1,752	3,348 3,404			5,24	Андрушівський (2004) Коростишівський (1996)
Черкаська обл. Мокрокалігорське родовище Мокрокалігорська	0,3		4,551	3,209		5,352		Мокрокалігорський ¹
Дніпропетровська обл. Синельниківське родовище Петровська	1,5	9,863	40,602	22,819				розробка не велась
Верхньодніпровське родовище Верхньодніпровська	4	56,172	62,584	27,687		1,673		розробка не велась
Кіровоградська обл. Семенівсько-Олександрійське родовище Голоківська		1,070	1,733	3,616	0,355	0,673	5,82	Верболозівський (1999)
Східна і південно-східна		1,332	1,028	0,604		0,467		Байдаківський (1996)
Бандурівське родовище Протопопівська	0,3	1,768	2,207	2,042		3,277	5,41	Протопопівський (2005)
Бандурівська		1,905	1,205	2,651			5,13	Бандурівський (1998)
Медвежоярська	0,9		22,038	6,838				Медвежоярський (1997)
Морозівське родовище Морозівська	0,5	5,28	5,8	2,62		0,267	15,28	Морозівський (2006)
Миронівське родовище Костянтинівська	1,6		34,02	7,88		3,15		Костянтинівський (2009)
Криничуватське родовище Східний поклад	0,6		14,455	5,961				розробка не велась
Єлизаветське родовище Петровсько-	0,6		8,834	6,535		6,89		розробка не велась
Канзинська	0,8		15,86	8,991				розробка не велась
Пенькінська								
Златопільське родовище Миколаївська	0,4		2,683	1,517				розробка не велась

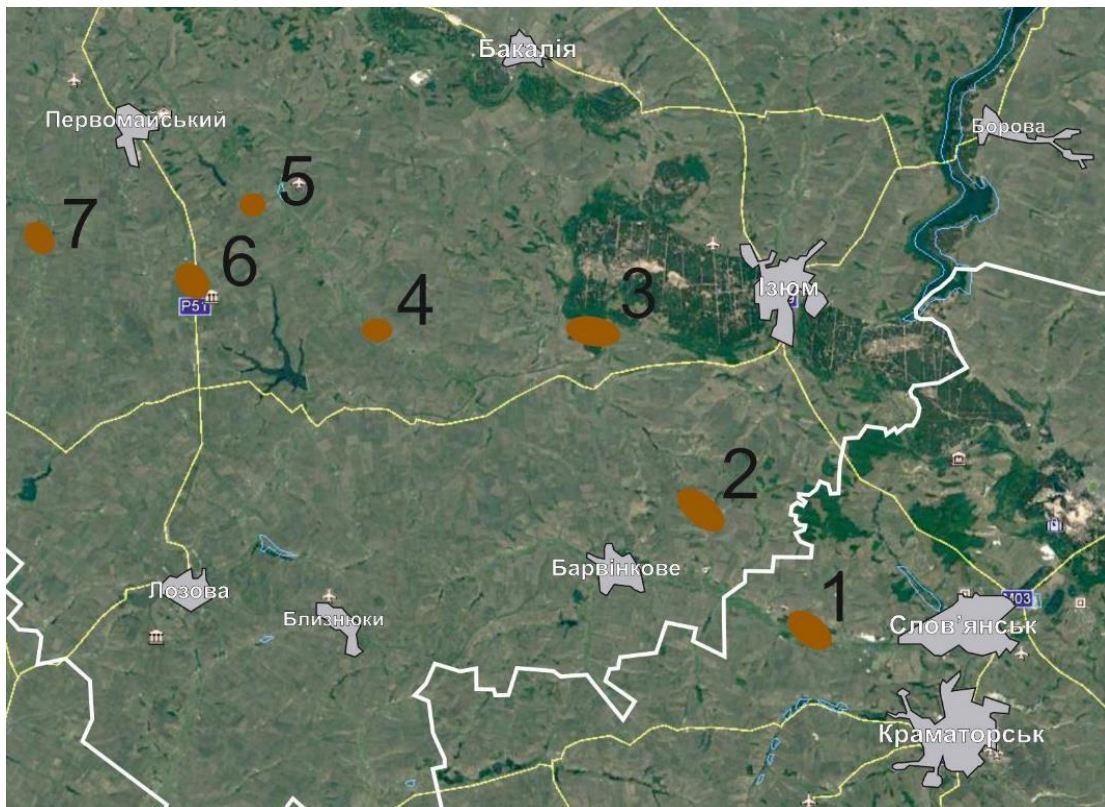


Рисунок 1.7 – Схема родовищ і проявів бурого вугілля в Північно-Західній частині Донецького басейну: 1 – Бантишевське; 2 – Ново-Дмитрівське; 3 – Берекське; 4 – Степківське; 5 – Лозовеньківське; 6 – Біляєвське; 7 – Миронівське

Підсумкові запаси бурого вугілля Ново-Дмитрівського родовища затверджені ДКЗ СРСР станом на 16.05.1972 р. складають

за категоріями А – 200 227 тис. т;

В – 85 929 тис. т;

А+В – 286 156 тис. т;

С₁ – 107 925 тис. т;

А+В+С₁ – 394 081 тис. т.

Окрім того, за межами кожного кар'єрного контуру підраховані забалансові по гірничо-геологічним умовам запаси вугілля в кількості 52 456 тис. т, в т.ч.

за категоріями В – 15 519 тис. т,

С₁ – 36 937 тис. т.

Всього запасів вугілля по родовищу 446 537 тис. т. Наведені запаси розглянуті й затверджені ДКЗ СРСР вперше. Співвідношення категорій балансових запасів за даними підрахунку складають:

за категоріями А – 50,7%,;

$B - 21,7\%$;

$A+B - 72,4\%$;

$C_1 - 27,6\%$;

по сумі категорій $A+B+C_1 = 100\%$.

Досягнуту ступінь розвіданості родовища слід вважати як досить повну і відповідаючу деталям геологічної будови та морфології родовища.

Показники розробки родовищ бурого вугілля над сольовими штоками наведені в таблиці 1.4.

Поряд з наведеними даними, окремо можна виділити **Сула-Удайське** родовище бурого вугілля, що розташоване в центральній частині Дніпровсько-Донецької западини в Полтавській області і пов'язане з міжкупольним прогином. Продуктивна товща належить до Берекської свити палеогену і являє собою чергування пластів вугілля і пісків. У товщі зустрічається 5-7 вугільних пластів, з яких тільки два (нижній і верхній) мають промислове значення. Інші пласти мають обмежене розповсюдження за площею, потужність їх рідко досягає 1 м. Пласти вугілля залягають практично горизонтально. Глибина залягання верхнього шару змінюється від 15 м до 100 м, потужність його становить в середньому 2,7 м, при коливанні від 2,0 м до 6,3 м. Глибина залягання нижнього шару змінюється від 18,0 м до 112,2 м, а потужність складає в середньому 3,8 м, при коливанні від 2,0 м до 8,3 м.

На Мелехівській ділянці Сула-Удайського родовища в 1970 – 1973 рр. проводилась попередня розвідка по сітці 400 x 400 м, що в даний час відповідає стадії пошуково-оціночних робіт. За рішенням ВО "Укрвуглегеологія" і ВО "Олександріявугілля" в 1990 році була проведена переоцінка запасів Мелехівської ділянки і за результатами цієї роботи інститутом "УкрНІІпроект" були складені "ТЕР доцільність проведення попередньої розвідки". Зазначеною вище роботою доведена економічна ефективність видобутку вугілля з ділянки, придатної для розробки кар'єром, потужністю 2,5 млн. т вугілля на рік. Запаси і прогнозні ресурси поля вуглерозрізу становили за категоріями $C_2 + P_1$ в розмірі 120,0 млн. т. За своїми характеристиками буре вугілля родовища аналогічне бурому вугіллю Дніпробасу.

Таблиця 1.4 – Прогнозні показники розробки родовищ бурого вугілля України

Показники / пласти	Бантишевське	Степківське	Берекське
Потужність вугільних пластів, м: верхній нижній	2,1 – 27,1 3,0 – 6,7	2,65 – 30,8 3,75 – 36,5	2,0 – 4,5 2,1 – 6,2
Глибина залягання від поверхні, м верхній нижній	9,5 – 35,3 21,6 – 77,8	120 – 234 130 – 300	73 – 186 19 – 236
Розміри кар'єра поверхнею, м довжина ширина	1060 840	1800 1050	5700 2600
Запаси вугілля у контурах кар'єрного поля, млн. т у т.ч. верхній нижній	6,85 4,1 2,75	22,9 6,1 16,8	161 70,4 90,6
Потужність порід розкриву при відпрацюванні пласта, м верхнього нижнього	7,4 – 32 9,1 – 35,8	117,9 – 183,2 126,3 – 263,5	71 – 181,5 17 – 43,8
Об'єм порід розкриву, млн. м ³ , у т.ч. верхній нижній	23 5,18 17,82	206,3 43,5 158,8	1223,6 996,8 226,8
Середній коефіцієнт розкриву, м ³ /т, у т.ч. при відпрацюванні пласта: верхнього нижнього	3,36 1,26 6,48	9,0 7,79 9,45	7,6 14,6 2,5
Річна продуктивність кар'єру по вугіллю млн. т по породам розкриву, млн. м ³	0,5 1,7	1,0 9,0	2,7 20,5
Термін підготовки до експлуатації, роки	0,5	2,7	3,5
Середня довжина фронту добувних робіт, м	650	500	2360
Швидкість посування фронту добувних робіт, м/рік	30,5	91,2	163,4
Розкривні / добувні екскаватори, од	– / 2×ЕШ-6/45	2×ЕРГ-400 / 2×ЕШ-6/45	2×ЕРГ-1600 / 2×ЕШ-6/45
Термін відпрацювання кар'єрного поля, роки	14	25	62

Наявність вугілля в Олександрійському басейні відома з XI століття. Інтенсивна його розробка ведеться з 1946 р. В експлуатації знаходилося 9 родовищ, на площі яких працювало 7 шахт і 7 вугільних розрізів із сумарною річною виробничою потужністю 10,1 млн.т. У басейні розташовано понад 150 відособлених родовищ бурого вугілля. Загальні геологічні запаси становлять 5 млрд.т, розвідані – 2,4 млрд.т, з яких 0,5 млрд.т придатні для відкритої розробки. Потужність вугільних пластів досягає 25 м, середня – (3÷4) м. Глибина залягання вугілля – від 5 м до 160 м. За ступенем метаморфізму вугілля відноситься до групи Б₁ (м'яке буре вугілля). Вологість вугілля – (55÷60)%, зольність – (15÷25)%, вміст сірки – (2,3÷3)%. Нижча теплота згоряння палива – (5÷9,2) Мдж/кг [12].

Вугілля деяких родовищ басейну містить підвищену кількість бітумів і смоли, які складають у середньому відповідно (5÷7)% і (12÷15)%. Вугілля використовується як паливо для виробництва електроенергії на теплових електростанціях. Висока вологість, підвищені зольність і вміст сірки обумовлюють необхідність застосування спеціальних топок згоряння. Для забезпечення побутових споживачів і населення буре вугілля брикетують на брикетних фабриках.

Поряд з кам'яним та бурим вугіллям, Україна має значні запаси такого органічного палива, як торф. Основні запаси торфового палива зосереджені у Волинській, Рівненській і Чернігівській областях, де розташовані типові порівняно невеликі торфові родовища. Середня їх площа в межах промислової глибини залягання становить 330–350 га при середніх об'ємах геологічних запасів 944–1147 тис.т.

Торфова промисловість поставляє споживачам торфові брикети і грудковий торф. **Брикети** – це найбільш збагачений вид торфового палива. Характерна для торфу висока природна вологість (75÷80)% знижується до 40–50% підчас польового сушіння дрібняку на технологічних площах видобутку і до (14÷18)% – в процесі штучної сушки на брикетних фабриках. Далі торф збагачують пресуванням висушеного торфодрібняку (сушонки) під тиском у пресі до 120 МПа. За рахунок цього досягається підвищення концентрації палива в одиниці об'єму. Нижча теплота згоряння торфобрикету становить (16÷17) МДж/кг, зольність не

перевищує 15%, насипна густина – біля 700 кг/м³. Такі показники обумовлюють торфові брикети у якості дуже ефективного і транспортабельного палива.

Грудковий торф виробляється екскаваторним і фрезерно-формувальним способами. За нормативами його вологість не повинна бути більш 45%, а зольність – 23%. Нижча теплота згоряння менша, ніж торфобрикету (11÷12) МДж/кг, насипна густина звичайно не перевищує 450 кг/м³. Таке паливо користується попитом у мешканців населених пунктів, розташованих поблизу ділянок видобутку.

Фрезерний торф застосовується як паливо тільки на брикетних фабриках з метою одержання технологічного тепла для штучної сушки в установках різних типів. Маючи вологість до 50%, нижчу теплоту згоряння у (8÷9) МДж/кг, фрезерний торф висуває особливі вимоги до конструкції топочного обладнання, проте характеризується низькою собівартістю. Торфове паливо найбільш доцільне для об'єктів малої енергетики, наприклад котелень підприємств і населених пунктів, які розташовані на невеликій відстані від торфових родовищ, що розроблюються.

1.4 Встановлення якісних показників добування бурого вугілля

Натепер добування бурого вугілля в Україні практично призупинено. Проте діючі кар'єри мають ще деякі проектні запаси для розробки. Ново-Дмитрівське родовище родовище детально розвідане й підготовлене до експлуатації. Родовище складається з п'яти продуктивних буровугільних горизонтів. Основні характеристики якості вугілля по пластах наведені в таблиці 1.5. **Нижній продуктивний горизонт I₁** складений, в основному, чорним гумусовим вугіллям зі значною кількістю лігніту. За петрографічними ознаками відноситься до ліпоїдомікстогелітового типу. Гетерогенна основа мілкоатрітового характеру містить значну кількість склероцій. Серед структурних компонентів значну участь беруть фелініти і паренхіти. У гумусовому вугіллі цього типу зустрічаються тонкі прошки сапропелево-гумусового вугілля, які складаються в значній мірі з водоростей і оболонок мікроспор [13].

Таблиця 1.5 – Основні характеристики якості бурого вугілля по пластам

Показник якості	I ₁	III ₂	IV ₁	IV ₂	IV ₃	V ₁	V ₂
Технологічна група	Б2-1	Б1-2	Б1-1	Б1-2	Б1	Б1	Б1
Масова доля загальної робочої вологості, %	38-54,6 (43,5)	44,2-64 (50,1)	44-57 (52,7)	45,2-60,2 (52,2)	45-58 (50,2)	45,4-60,8 (54,2)	47-58,2 (56)
Зольність сухого палива, %	26,1	5,6- 15,8 (8-12)	11,2-39,9 (27,8)	9,6-39,9 (24,5)	20-39,8 (33,3)	13-33,5 (26,3)	21,4-40 (34,5)
Найвища теплота згорання, ккал/кг	6234-7106 (6847)	6204-7410 (7099)	6327	4898-8069 (6589)	5743-6402 (6084)	5820-6805 (6323)	5825-6264 (5979)
Низька теплота згорання, ккал/кг	2429	2560	1668	1906	1412	1394	1142
Вихід летючих речовин, %		58,3					
Масова доля загальної сірки, %, у т.ч.	1,5	0,5-4,7 (2,7)	3,5	0,2-7,6 (2,2)	1,2-4,9 (3)	1,4-3,7 (2,5)	0,9-5,5 (2)
- сульфатна		0,14	0,11	0,11	0,15	0,14	0,09
- піритна		0,35	1,5	0,89	1,18	1,9	1,16
- органічна		3,3	1,62	1,56	1,9	0,42	0,42
Група по зольності (ДСТУ)	3,4,5	1	4,5	1-5 (3,4)	5	4,5	5
Температура плавлення золи, °С	1057-1374	1054-1376	1055-1380	1028-1380	1060-1400	1024-1284	1050-1335
	легкоплавкі						
Вихід гумінових кислот, %	45,84	46,97-65,51	53,8-58,4	47,72-76			
Вихід продуктів полукоксування на горючу масу, %							
- смола	9,58	14,24-18,06	6,51-7,14	6,51-10,38			
- полукокс	70,15	56,82-58,33	66,27-69,14	60,69-69,14			
- пірогенетична вода	9,24	6,11-11,66	10,85-11,7	9,54-13,66			
- газ і втрати	11,01	16,59-17,5	13,5-14,89	12,58-15,27			
Вихід бітуму, %	6,03-10,77	10-15	до 7	до 13			
Воск (%)		56-62					
Середня об'ємна вага, г/см ³		1,15	1,24	1,19	1,21	1,22	1,25

Мінеральні домішки у вугіллі представлені, головним чином, зернами кварцу, піритом і глинистим матеріалом. Вони утворюють гніздовидні скупчення, лізочки або тонко розсіяні в основній масі вугілля [14]. За рахунок складної будови пластова зольність (25,1 – 39,5%) значно вища загальної зольності вугілля

(26%). За кількістю SiO_2 і Al_2O_3 зола має кислий характеру. Середній хімічний склад золи представлений в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Середній хімічний склад золи в %

Продуктивні горизонти		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O
Нижній	I_1	50,93	20,49	3,2	12,45	1,67	9,6	0,54	0,63
Основний	III_2	23,65	6,34	1,37	28,75	3,54	38,94	0,4	0,59
Складний	IV_1	60,54	17,75	6,47	5,93	1,4	4,48	1,02	0,45
	IV_2	39,69	18,62	1,83	18,08	2,9	15,49	0,66	0,52
	IV_3	53,6	23,6	3,84	8,07	1,64	6,22	1,4	0,59
Верхній	V_1	44,21	17,45	12,49	10,85	2,89	8,6	2,09	0,9
	V_2	50,6	18,74	11,34	8,12	2,6	5,41	1,92	0,72

Другий продуктивний горизонт II і пласт III_1 промислового значення не мають, тому їх петрографічний склад і якість не вивчалися. Основний продуктивний горизонт включає найбільш потужну вугільну лінзу III_2 з характерною потужністю від 40 м до 60 м (максимальне значення 74 м), яка визначає промислову цінність родовища. За результатами макроскопічного вивчення встановлено, що вугілля темно-коричневого кольору з рідкісними прошарками світло-коричневої аттрітової структури. Містить значну кількість смоляних зерен і фюзену. Складається з аттрітового вугілля (88%), геліт-аттрітового вугілля (5%) і лігнітів (7%) [15]-[16]. Мінеральних включень небагато. Представлені вони розсіяними зернами кварцу або глинистими частинками, гніздами глини, рідше – аутигенним піритом. Вугілля малозольне. Середній хімічний склад золи представлений в таблиці 1.6. Чіткий зворотній зв'язок між вмістом золи у вугіллі й потужністю вугільного пласта вказує на закономірне підвищення зольності в напрямку від центру мульди до її околиць (рис. 1.8 – 1.13) [17]-[19].

Складний продуктивний горизонт складається з чотирьох шарів. Два нижніх IV_1 і IV_2 мають близький петрографічний склад. Вугілля верхніх шарів IV_3 і IV_4 більш щільні й містять значну домішку глини. Макроскопічно вугілля Складного горизонту має від темно-коричневого до чорного кольору, містить до 25% уламків лігнітизованої деревини. У порівнянні з Основним горизонтом вугілля те-

мніше, більш щільне й шарувате. Містить значну кількість залишків коренів дерев та чагарники. За петрографічним складом представлено перешаруванням аттрініто-гелітового вугілля (до 75%) із зольним вугіллям і безвугільними породами.

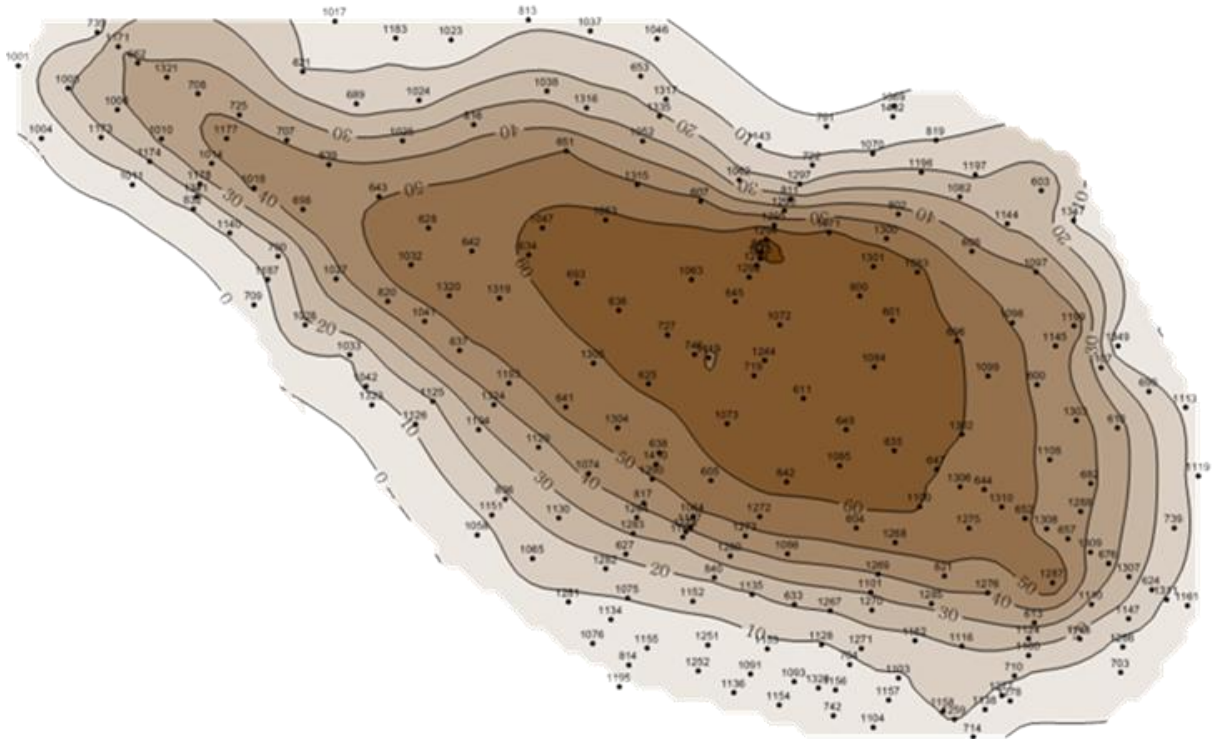


Рисунок 1.8 – Закономірності зміни потужності вугільного горизонту III₂

Мінеральні домішки у вугіллі складені, в основному, глинисто-алевритистим матеріалом (понад 10 – 20%), що створює лінзочки або тонкорозсі-яне в основній продуктивній масі. Широко розвинений аутигенний пірит, вміст якого місцями досягає 30%. Так само, як і по Основному горизонту, в вугіллі пласта IV₂ видно закономірне підвищення зольності в напрямку від центру родовища до периферії. Встановлено також зворотний зв'язок між вмістом золи у вугіллі та потужності пласта (рис. 1.14 – 1.19) [17]-[19]. Середній хімічний склад золи горизонту IV представлений в таблиці 1.6.

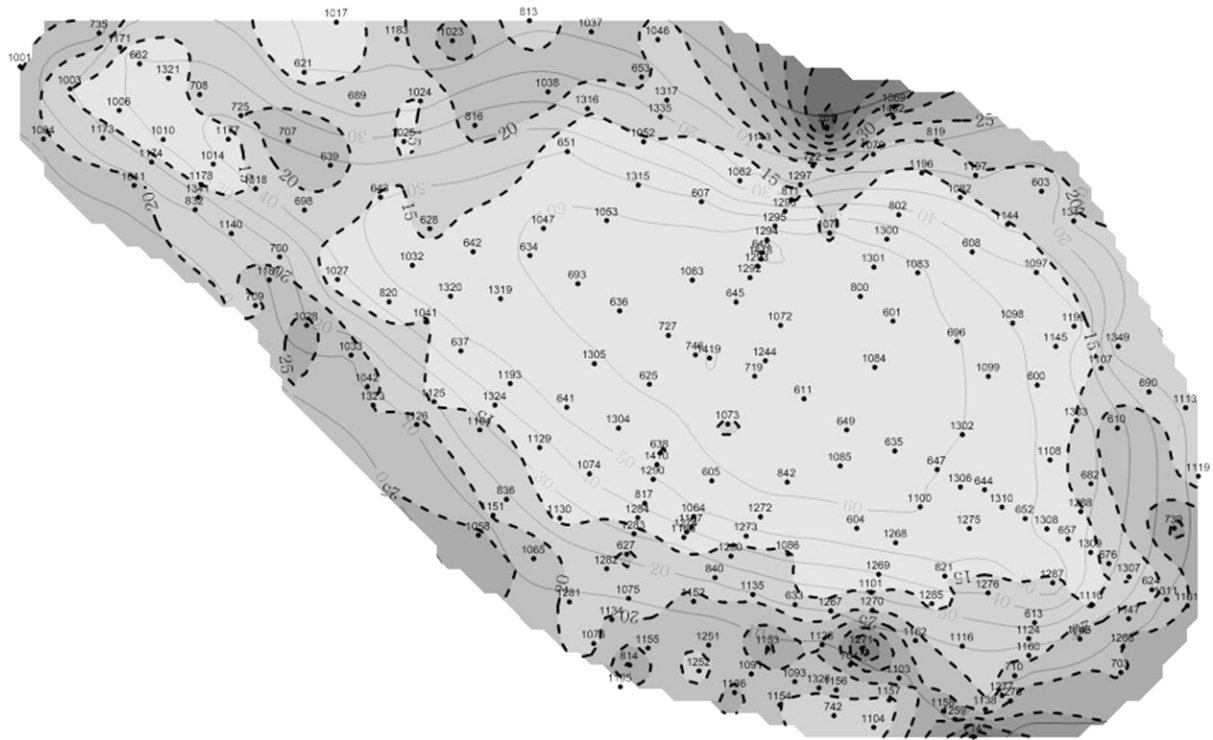


Рисунок 1.9 – Закономірності зміни зольності вугільного горизонту III₂

Теплотехнічні властивості вугілля вивчалися у Всесоюзному теплотехнічному інституті по Основному III₂ і Складному IV₁, IV₂, IV₃ горизонтам [20].

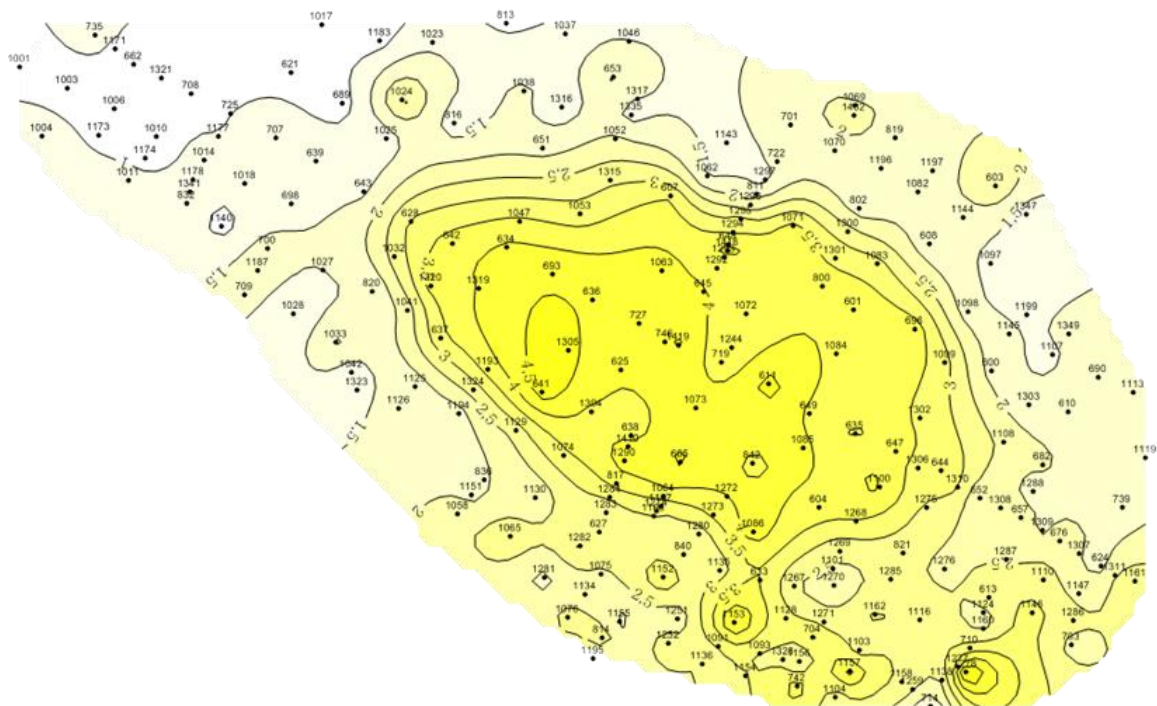


Рисунок 1.10 – Закономірності зміни сірчаності вугільного горизонту III₂

Верхній продуктивний горизонт складається з двох пластів V_1 і V_2 , які мають близький петрографічний склад. Макроскопічно вугілля майже чорного кольору, щільної й шаруватої структури. Містить уламки лігніту і великої кількості мінеральних домішок (10 – 30%). Горизонт складений щільним гелітовим зольним вугіллям за участю кутініто-паренхогелітів. Гетерогенна частина вугілля представлена сильно остуденим волокнистим атритом. Мінеральні компоненти тонко переплетені з органічною частиною вугілля або ж представлені у вигляді намивань, прошарків і комків глини.

Встановлено, що вугілля родовища відноситься до класу гумусових. Відповідно до класифікації бурого вугілля України за ДСТУ за вмістом робочої вологи відноситься до першої групи, за виходом смоли – до другої підгрупи. Марка вугілля Б-1-2. За фізико-хімічними характеристиками вугілля III й IV пластів дуже подібне до молодого бурого вугілля України і Південно-Уральського басейну.

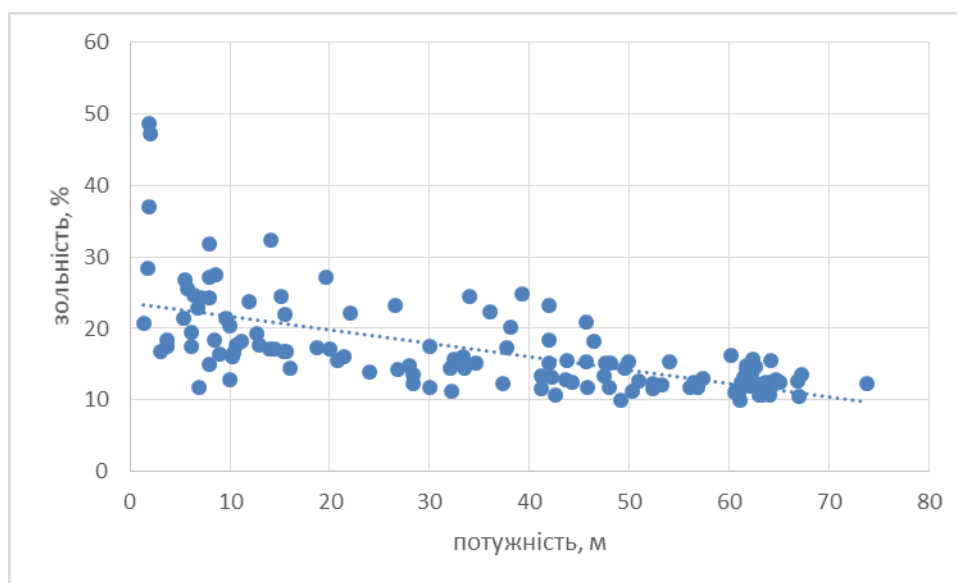


Рисунок 1.11 – Діаграма взаємозалежності зольності та потужності вугільного горизонту III₂. Коефіцієнт кореляції -0,63;
 $y = -0,1873x + 23,515$

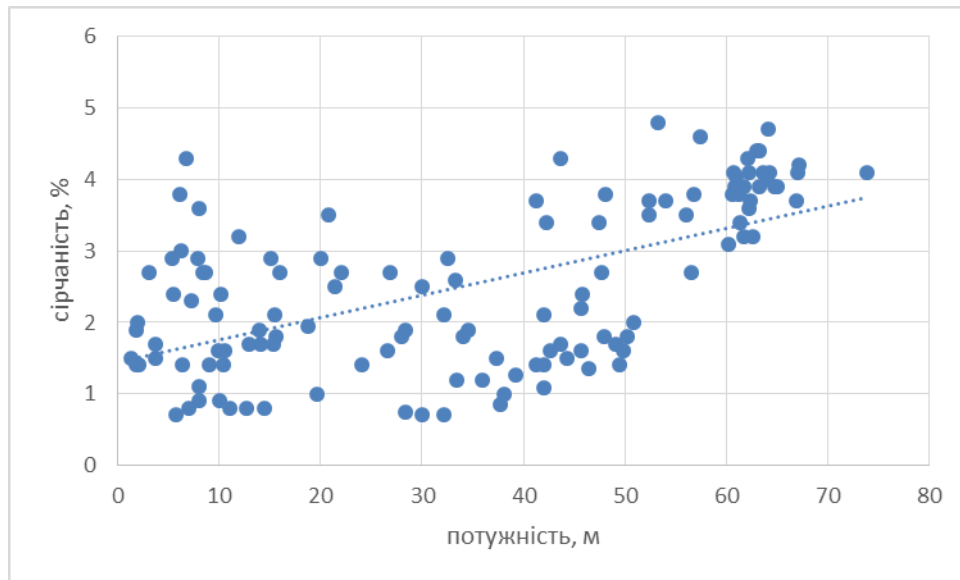


Рисунок 1.12 – Діаграма взаємозалежності сірчаності та потужності вугільного горизонту III₂. Коефіцієнт кореляції 0,59;
 $y = 0,0311x + 1,446$

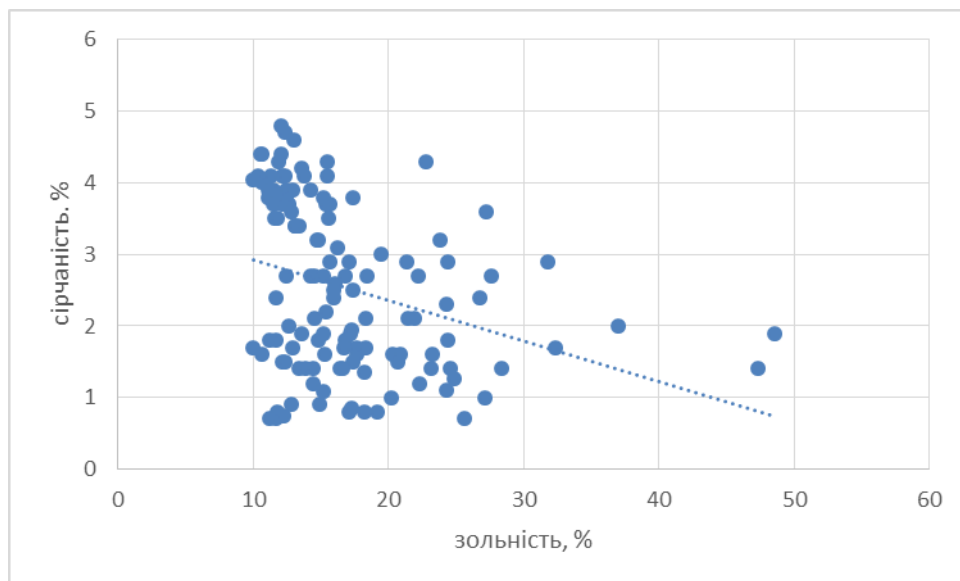


Рисунок 1.13 – Діаграма взаємозалежності сірчаності та зольності вугільного горизонту III₂. Коефіцієнт кореляції -0,32;
 $y = -0,0566x + 3,4873$

Буре вугілля розглянутих пластів може бути рекомендоване у якості палива для теплових електростанцій. Високий вихід летючих речовин дозволяє спалювати вугілля у вигляді грубого пилу. В'язкі характеристики шлаку допускають надійне його видалення з топки в рідкому стані. Високий вміст сірки в паливі й окису кальцію в золі обумовлюють утворення її в трубках екранів і пароперегрівачів,

а також засмічення труб підігрівачів повітря. При цьому корозія останніх може бути практично відсутньою. Вивчення хіміко-технологічних властивостей вугілля проводилося Дніпропетровським хіміко-технологічним інститутом за технологічними пробами.

Встановлено, що вугілля Основного горизонту Ш₂ малозольне (A° -13,6%), сірчате ($S^{\text{об}}$ - 3,3%), з високою теплою згоряння ($Q^{\text{бг}}$ - 7150), високим виходом первинної смоли (15%) і спирто-бензольного екстракту (12 %). Це вказує на його цінні хіміко-технологічні властивості і можливість комплексного використання. Воно придатне для переробки методом напівкоксування або за комплексною енергохімічною схемою для отримання цінних рідких продуктів. Низька шлакуємість золи і висока реакційна здатність вугілля дозволяє його спалювати в сучасних топках або газифікувати з метою отримання технологічних газів. Високий вихід бітумів (до 11%) і вміст восків (56-62%) дозволяють на базі цього вугілля організувати виробництво монтан-воску. Вугілля пластів IV і V продуктивних горизонтів високозольне, але менш сірчате. Бажаний напрямок їх використання – енергетика. Поклади IV₁ і IV₃ можуть використовуватися як сировина для отримання пари та електроенергії, необхідної для брикетування.

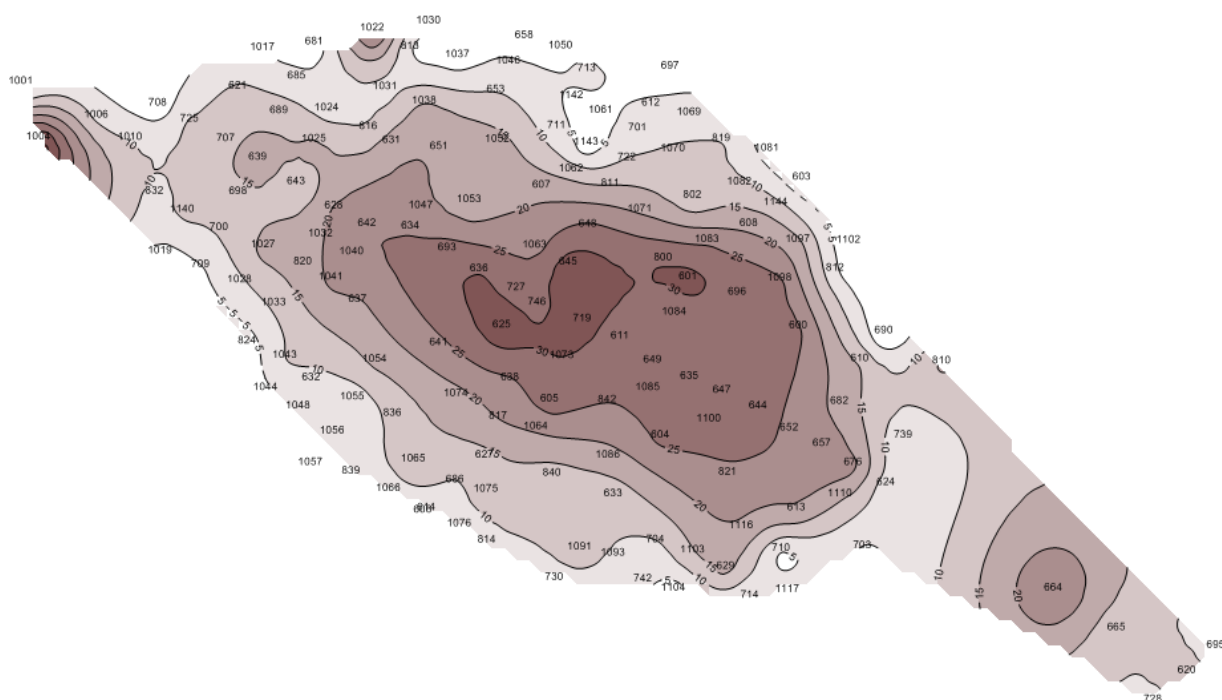


Рисунок 1.14 – Закономірності зміни потужності вугільного горизонту IV

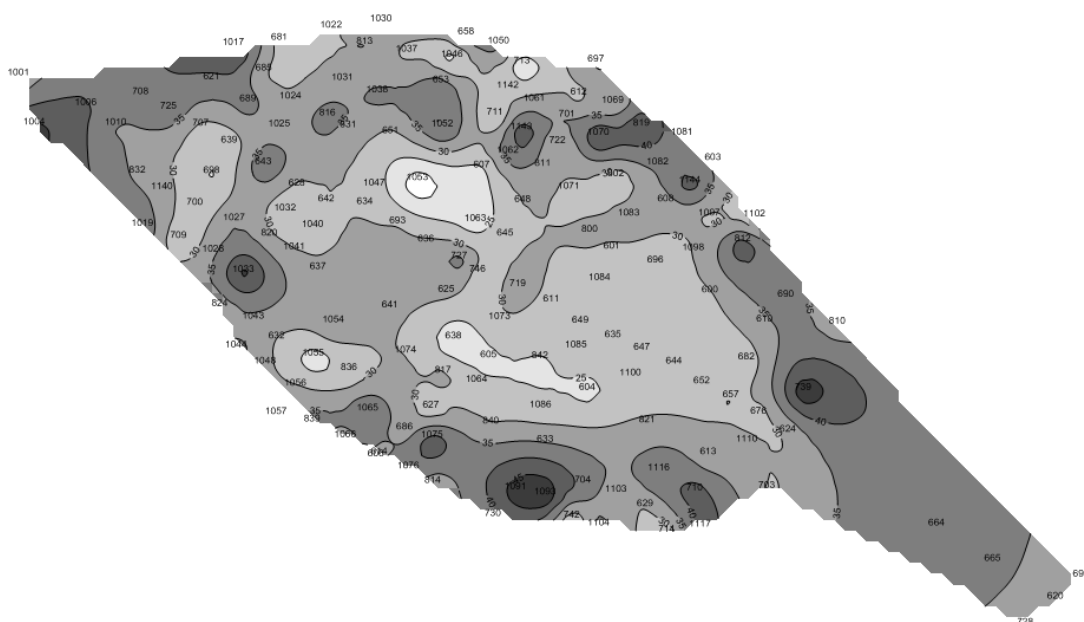


Рисунок 1.15 – Закономірності зміни зольності вугільного горизонту IV

Дослідження брикетів виконувалося в промислових умовах на Олександрійській брикетній фабриці. Вугілля легко брикетується без сполучних добавок. Отримані брикети за механічною міцністю і водостійкістю повністю відповідають вимогам переробки у різноманітну товарну продукцію. Вологостійкість брикетів висока. Після 2-х годинного перебування брикету під водою відсоток поглинання води нижче 3%. При дослідженні термостійкості брикетів в муфельній печі при температурі 850°C горіння не супроводжувалося руйнуванням їх циліндричної форми, мінеральний залишок не сплавлявся [20].

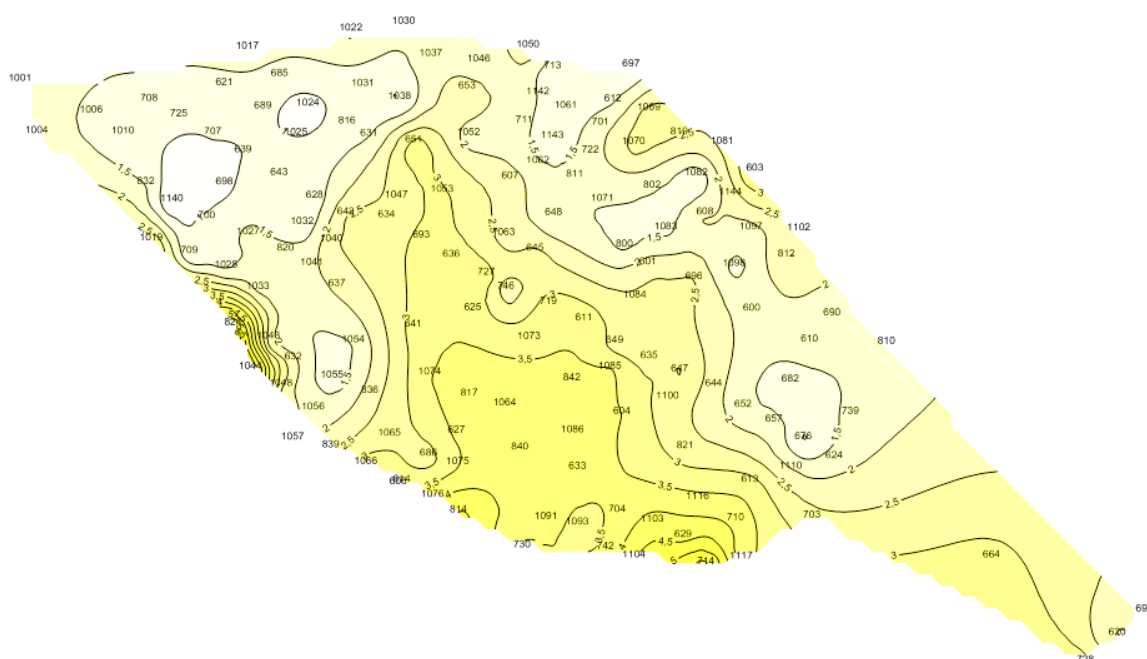


Рисунок 1.16 – Закономірності зміни сірчаності вугільного горизонту IV

Варіювання оптимальних параметрів вугілля III горизонту проводили в широких межах зі зміною вологості від 6% до 14%, крупності від (0÷6) мм до (0÷3) мм і нижче, тиску пресування у межах (800÷1200) кг/см², температури нагріву від 40°C до 100°C. Зазначені варіації показників істотно не змінюють механічні якості сировини. Отже технологія брикетування відповідає звичайній, що застосовується натеper на буровугільних брикетних фабриках для молодого бурого вугілля.

При оптимальних параметрах брикетування вугілля IV горизонту з подрібненням (3÷0) мм, вологістю від 13 % до 21 %, тиском пресування 500 кг/см² й температурою нагріву 40°C міцність отриманих брикетів на стирання становить від 90% до 94%. На підставі цього рекомендована термічна обробка брикетів в установці з твердим теплоносієм з метою отримання з них бездимного палива, газу і хімічних продуктів.

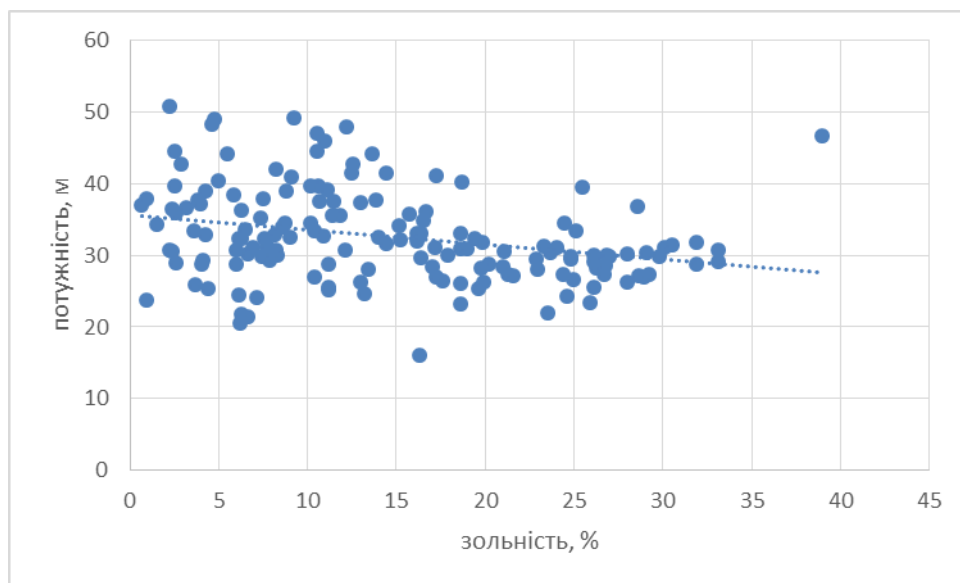


Рисунок 1.17 – Діаграма взаємозалежності зольності та потужності вугільного горизонту IV. Коефіцієнт кореляції -0,29;
 $y = -0,2086x + 35,706$

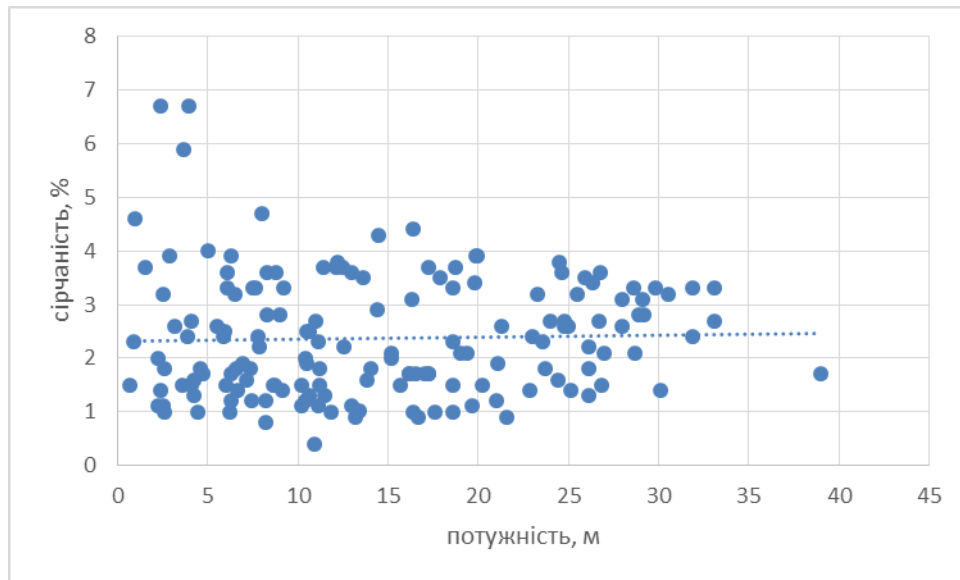


Рисунок 1.18 – Діаграма взаємозалежності сірчаності та потужності вугільного горизонту IV. Коефіцієнт кореляції 0,03;
 $y = 0,0038x + 2,3263$

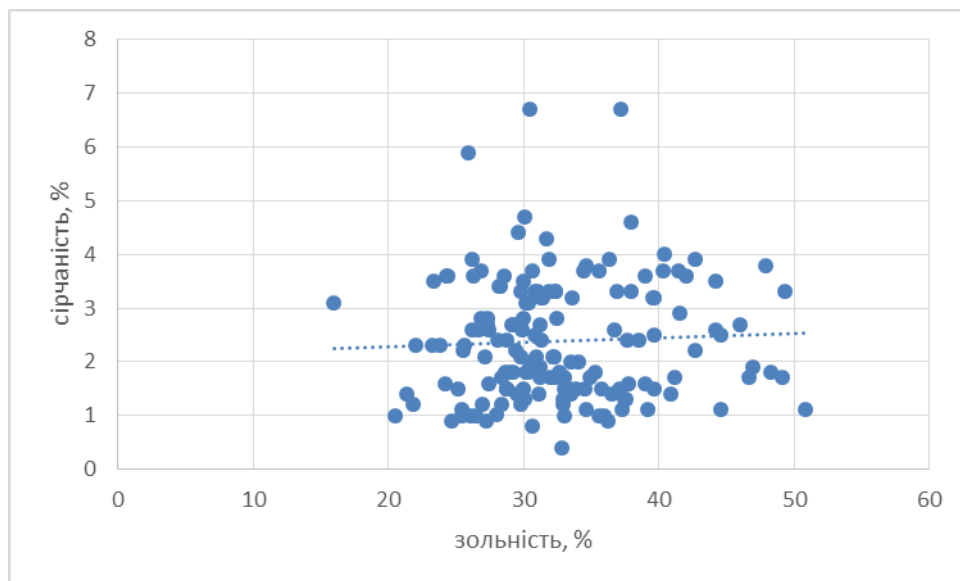


Рисунок 1.19 – Діаграма взаємозалежності сірчаності та зольності вугільного горизонту IV. Коефіцієнт кореляції 0,05;
 $y = 0,0079x + 2,1217$

Бантешевське родовище. Поклади бурого вугілля відносяться до берекської свити олігоцену і полтавської свити пліоцену. Представлені двома вугільними пластами. Верхній залягає на глибині 9,5 м, відрізняється простою морфологічною будовою і потужністю від 2,1 м до 27,1 м у центрі мульди. Підшва пласта складена слабким вуглисто-глинистим пісковиком, покрівля – різнозернистими

кварцевими пісками. За вмістом золи вугілля відноситься до середньозольних: $A^d = 15,1 - 23,6 \%$. Вміст сірки загальної коливається від $1,6 \%$ до $1,8 \%$, що дозволяє віднести вугілля до малосірчаних. Вихід летючих компонентів на горючу масу змінюється від $56,3 \%$ до 80% у залежності від петрографічного складу і зольності. Теплота згорання вугілля Верхнього пласта складає $(5733 - 7565)$ ккал/кг. Нижній пласт родовища залягає на глибині від $21,6$ м. Має просту морфологічну будову, характеризується потужністю від 3 до $6,7$ м. Зольність пласта коливається від $32,5 \%$ до $53,8 \%$ при середньому показнику у $40,2 \%$. Сірка змінюється у межах $(2,1 \div 6,8) \%$, що дозволяє віднести вугілля нижнього пласта до високосірчаного. Теплота згорання у залежності від зольності $(4666 \div 6687)$ ккал/кг [13]-[14].

Степківське родовище. Поклади бурого вугілля приурочені до берекської свити міоцену. Загальна будова та вугленосність мульди дуже подібні до будови Ново-Дмитрівського родовища. Пласти об'єднуються у два продуктивних горизонти: нижній – Основний та верхній – Складний. Основний горизонт характеризується потужністю від 2 , на бортах, до $36,5$ м – у центральній частині мульди. Вугілля відноситься до середньозольного ($29,2 \%$), при коливаннях зольності у межах від $13,9\%$ до 35% . Вміст сірки змінюється від $0,8 \%$ до $1,2 \%$. Вихід летючих компонентів на горючу масу становить $57,3 \%$ – $61,5 \%$. Теплота згорання вугілля коливається у межах $(4271 \div 5689)$ ккал/кг.

Складний горизонт складається з чотирьох вугільних пачок, які розділені прошарками глинистого піску, вуглистих глин та діатомітів. Зафіксований на глибині $119,9$ м – на бортах і до $214,2$ м – у центрі структури. Його будова дозволяє зробити висновки про складні та мінливі умови осадонакопичення й швидкості прогинання мульди, що відобразилося у зміні потужностей вугільних пластів, їхньому чередуванні з осадовими породами та нерівномірній зміні основних якісних показників. Потужність вугілля коливається від $2,05$ м – на крилах до $30,8$ м – у центрі родовища. Вугілля високозольне, його якість змінюється від $22,9 \%$ до $38,3 \%$. Вміст сірки коливається від $0,9 \%$ до $1,6 \%$, вугілля відноситься до малосірчаних.

Берекське родовище. Стратиграфічно поклади бурого вугілля розповсюджені у берекській та полтавській свитах. Родовище має складну будову, характеризується чотирма продуктивними горизонтами із загальною потужністю від (1÷2) м до 6,2 м. Найбільш стійкими за потужністю, морфологією та якістю бурого вугілля є нижні два горизонти. Вони зафіксовані на глибині від 19 м – на бортах, до 235 м – у центральній частині структури. Вугілля високозольне, зольність коливається у межах (40÷50) % і може збільшуватись до (50 ÷ 60) % у верхніх шарах. Вміст сірки змінюється від 0,8 % до 3,1 %, що дозволяє віднести вугілля до середньосірчанних. Теплота згоряння (5884 ÷ 6798) ккал/кг [13]-[14].

2 ВСТАНОВЛЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРІД РОЗКРИВУ ЗА РІЗНОВИДАМИ ВІДПОВІДНО ДО ЇХ РОЗРОБКИ НА ПРОТЯЗІ УСЬОГО ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КАР'ЄРУ

2.1 Діатоміти

У процесі проведення геологорозвідувальних робіт на Ново-Дмитрівському родовищі та аналогічних йому покладах над сольовими штоками всебічно розглядалися породи розкриву з метою їх оцінки та майбутнього використання. Досліджувались піски, глини, сірка, діатоміти. Було виявлено широке розповсюдження будівельних порід по площі та приуроченість до різних стратиграфічних горизонтів [21]-[24].

Діатоміти. Встановлено, що горизонт діатомітів розташований у верхній частині берекської свити верхнього палеогену. Залягає на (10÷40) м вище III вугільного горизонту Ново-Дмитрівського родовища безпосередньо в покрівлі горизонту сірчанних руд. Глибина залягання коливається від 45 м до 50 м – на периферії до 290 м – у центральній його частині.

За речовинним складом діатоміти представлені глинисто-кремнистою товщею, складеною перешаруванням чистих світло-сірих і білих складових з зеленувато-сірими і світло-коричневими різновидами. Верхня частина горизонту від 5 м до 10 м більш глиниста, нижня – кремниста з прошарками сапропеліту. При петрографічному дослідженні були виділені умовно чисті діатоміти з глинистими домішками менше 50 %, глинисті діатоміти (50 – 70 %) та глини діатомові (опоковидні), що містять до 30 % раковин діатомей.

Хімічний склад чистих діатомітів становить: волого гігроскопічна маса – (3,07 ÷ 7,9) %; п.п.п. – (3,48 ÷ 38,04) %; SiO₂ – (55,56 ÷ 82,95) %; Fe₂O₃ ÷ (2,71 – 9,53) %; TiO₂ – (0,28 ÷ 0,79) %; Al₂O₃ – (5,2 ÷ 11,57) %; MnO – до 0,38 %; CaO – (0,57 ÷ 6,42) %; MgO – (0,34 ÷ 2,4) %; K₂O – (0,31 ÷ 1,47) %; Na₂O – (0,11 ÷ 1,3) %; S – (0,54 ÷ 12,53) %; SO₃ – (0,6 ÷ 17,1) %; P₂O₅ – (0,06 ÷ 0,38) %.

Пористість діатомітів в кращих сортах світових родовищ досягає від 70 % до 75 %. Пористість досліджених діатомітів в Україні в основному досягає (43,6 ÷ 79,2) %; в окремих пробах – (80 ÷ 81) %. Цінною фізичною властивістю діатомітів є їх здатність вбирати вапно. Це має вирішальне значення при використанні їх у якості гідравлічної домішки до цементного клінкеру. Таким чином, діатоміти Ново-Дмитрівського родовища можуть використовуватись у якості природніх фільтрів, теплоізоляційних матеріалів, а також у цементній та будівельній промисловості. В окремих випадках, не виключається їх селективний видобуток.

2.2 Будівельні, формувальні та скляні піски

Будівельні піски утворені протягом неогенового та палеогенового віку. Залягають практично горизонтально під четвертинними суглинками. У межах родовища мають дуже велику площу розповсюдження. Потужність не перевищує 5 м. До першочергової та найбільш перспективної розробки віднесена північно-західна територія с. Ново-Дмитрівка з прогнозними запасами у (10÷15) млн.т. Тут розташовані будівельні піски полтавського віку потужністю від 2,5 до 3 м, які виходять на поверхню, в деяких містах перекриті породами розкриву загальною потужністю у 0,5 м. Максимальна підтверджена потужність шару пісків досягає 81,6 м (свердл. 75) при потужності розкривних порід до 10 м. Піски та пухкі пісковики сірого кольору, за зерновим складом дуже мілкі. Представлені переважно кварцем, вміщують до (20÷24,15) % глинистих, мулових та пилових часток. Хімічний склад пісків: SiO_2 – (89,9 ÷ 90) %; Fe_2O_3 – (0,9 ÷ 1,5) %; TiO_2 – 0,4 %. За умови збагачення піски можуть використовуватися для приготування будівельних розчинів, при кладочних та штукатурних роботах.

Формувальні піски утворені протягом бучакського віку. Представлені жовтувато-сірими малоглинистими пісками. Вміст глинистих домішок складає від 1,2 % до 8,2 %. Залягають піски під зеленувато-сірими алевролітами та глауконітовими мілкозернистими пісками київського віку харківської свити. Потужність шару від 5,1 м до 17,3 м при потужності порід розкриву – (6,3 ÷ 50) м.

До першочергових ділянок добування формувальних пісків відносяться території на північний захід від с. Ново-Дмитрівка. Хімічний склад пісків: SiO_2 – (96 ÷ 97,8) %; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ – 0,5%, Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , SO_3 – у межах норми. Газопроникність становить від 398 см/хв до 1200 см/хв, вогнетривкість – (1700 ÷ 1800)°. Піски відносяться до високоякісних формувальних матеріалів для виготовлення форм для чавунного та кольорового лиття (бронзового та алюмінієвого).

Скляні піски представлені піщаними породами, які дуже широко розповсюджені у межах розвіданого родовища. Проте обсяг якісних скляних пісків на досліджуваній території обмежений. Вони утворені протягом бучакського віку. Мають підтверджену потужність до 5 м, перекриті м'якими породами розкриву до 1 м. Хімічний склад пісків: SiO_2 – 98,9 %; Fe_2O_3 – 0,01 %; TiO_2 – 0,02 %, CrO_3 – 0,004 %.

На Ново-Дмитрівському родовищі піски та пухкі пісковики характеризуються низьким вмістом кремнезему ($\text{SiO}_2 = 84,2 - 95,3$ %), великим вмістом окислів заліза ($\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,36 - 3,85$ %, при середньому 1,8 %) і титану ($\text{TiO}_2 = 0,1 - 0,48$ %). За гранулометричним складом вони відносяться до пісків низької якості. Вищезазначені характеристики по особливостям хімічного та зернового складу обмежують використання пісків Ново-Дмитрівського родовища для виготовлення скла.

2.3 Вуглисті та керамічні глини

Вуглисті глини формувались під час нижнього пліоцену (N_2^1) та полтавської свити міоцену (N_{1pt}). До них віднесені породи на 35 – 40 % насичені сапропельовим та гумусовим матеріалом [25]. Детальний аналіз складу і властивостей вуглистих глин дозволяє обґрунтувати три напрямки їх використання у якості:

- високосортного добрива для сільського господарства;
- низькосортного палива разом з бурим вугіллям;
- виробництва бурових розчинів.

На усіх етапах геолого-розвідувальних робіт вуглисті глини виділялись в окремі літостратиграфічні утворення і досліджувались у якості природного доб-

рива для сільського господарства в Донецькій досвідній станції садівництва (м. Бахмут). Проби відбирались на всю потужність глинистого шару шляхом розподілу керну на дві рівні половини. Потужність аналізованого шару складала від 7,8 до 52,3 кг, а вага кожної проби перевищувала 20 кг. Окрім вуглистих глин в проби були включені прошарки високозольного бурого вугілля та збагачених органічною речовиною діатомітів. Проби відбирались у розкривній частині родовища з відкладень олігоцену (полтавська свита) та пліоцену. Окрім того проводились мікровегетаційні й вегетаційні дослідження. Встановлено, що всі досліджені проби містять значну кількість хімічних компонентів, стимулюючих розвиток рослин. Хімічний склад горизонтів вуглистих глин становить:

- N_{1pt}: CaO – 0,38 – 2,25 %; MgO – 0,04 – 0,53 %; P₂O₅ – 6 – 99,6 мк/кг; K₂O – 6 – 99,6 мг/100; рН – 1,94 – 7,71;

- P_{g₃²br}: CaO – 0,48 – 1,69 %; MgO – 0,03 – 1,24 %;

P₂O₅ – 8,8 – 143,9 мк/кг; K₂O – 8,88 – 82,08 мг/100; рН – 2,32 – 7,54;

- P_{g₃¹br}: CaO – 1,69 – 2,18 %; MgO – 0,1 – 1,76 %; P₂O₅ – 43 – 54,1 мк/кг; K₂O – 3,6 – 20,16 мг/100; рН – 3,1 – 6,12;

- ґрунт (контроль): CaO – 0,57 %; MgO – 0,11 %; P₂O₅ – 24,35 мк/кг; K₂O – 9,66 мг/100; рН – 7,51.

Як показали дослідження [25], глини різних горизонтів відрізняються між собою як за вмістом елементів живлення, так і за реакцією водяного витягу. Всі проведені експерименти показують, що інтенсивність зростання рослин визначається концентрацією поживних розчинів. Більш активне зростання мали рослини, розташовані на більш концентрованих розчинах. При цьому відмічались як зростання сирової ваги рослин, так і більша довжина корінців. При додаванні до розчину водяного витягу з цих глин у співвідношенні 1:1, сира вага рослин зростала на 20,8% вище порівняно з контрольною.

Експерименти, проведені з ґрунтовими культурами (овес), свідчать про те, що глини, внесені у вигляді гранул в дозах 25, 50, 100, 150 і 200 г на посуд, змінюють біохімічні властивості рослин і значно прискорюють їх зріст.

Вуглисту глину у якості низькосортного палива можливо використовувати разом з бурим вугіллям. Темно-сірі та чорні різновиди глин, на 35 – 45 % збагачені гумусовою та сапропелевою органічною речовиною, розташовані у верхній частині вугленосної товщі і стратиграфічно пов'язані з покладами берекської та полтавської свит. Їх загальна потужність коливається від 75 м до 100 м, розподілена у межах: 20 – 25 м – у підшві IV вугільного горизонту, решта – в його покрівлі. При спільному видобутку з вуглистими прошарками та вугіллям V горизонту їх мінеральна частина не перевищуватиме 55 – 65 %.

Вуглисті глини Ново-Дмитрівського родовища віднесені до нижнього пліоцену й розташовані над V вугільним горизонтом. Розповсюджені до полтавської свити міоцену (між IV та V вугільними горизонтами) на площі понад 6 км². При середній загальній потужності глин 75 м, попередні запаси їх перевищують 450 млн. м³, що при питомій вазі 1,35 т/м³ перевищує 600 млн. т.

Глини для бурових розчинів виявлені в процесі пошуково-розвідувальних робіт на буре вугілля. Попередньо досліджені глинисті утворення за якістю придатні для виготовлення глинистих бурових розчинів. За віком вони віднесені до полтавської свити пліоцену. Мають потужність 31,3 м. У цілому, придатні для виготовлення бурових розчинів й повинні відповідати таким основним вимогам: швидко розчинятися у воді; складати з водою в'язкі та стійкі суспензії; розчин повинен бути тонкодисперсним з мінімальними домішками піску.

Шкідливою речовиною, що погіршує якість глинистих розчинів є гіпс, вапняки, особливо, кам'яна сіль. Кварцевий пісок збільшує захламованість розчину та в наслідок абразивних властивостей прискорює зношення насосів і бурового інструменту.

Бурові розчини задовільної якості, згідно із інструкцією [26], повинні мати такі основні показники: кількість піску (відстій 3 хвилини) – не більше 4 %; добовий відстій (колоїдальність) – не більше 1 %; в'язкість на стандартному приладі СПВ-5 складає 20 – 26 с.; питома вага – 1,16 – 1,2; водовіддача – не більше 30 см³.

Глинистий розчин з глини Ново-Дмитрівського родовища за фізико-механічними властивостями в цілому задовільний вказаним показникам і стано-

в'язкість – 25 с.; питома вага – 1,23 – 1,33 г/см³; водовіддача – 5 – 13 см³; товщина корочки – 1,5 – 4 мм. Для покращення окремих параметрів шляхом введення в розчин стабілізуючих домішок у вигляді 10 % вуглелужного реагенту (ВЛР) та 2 % кальцинованої соди (Na₂CO₃) отримували цілком позитивні результати, які дорівнюють: кількість піску – 0,5 – 3 %; в'язкість – 25 с.; питома вага – 1,16 – 1,2 г/см³; водовіддача – 7 – 10 см³;

Відомо, що глини Ново-Дмитрівського родовища придатні також для виготовлення висококальцієвих розчинів (ВКР), які містять 10 % сульфід-спиртової барди (ССБ) і 1 % хлористого кальцію. Такі породи, що розташовані у розкривній частині родовища, можливо використовувати для виготовлення бурових розчинів при умові попередньої обробки їх вуглелужним реагентом (10 %) та кальцинованою содою (2 %).

Керамічні глини, що розташовані у розкривній частині родовища і за віком віднесені до верхнього олігоцену (берекська свита), міоцену (полтавська свита) та пліоцену, були досліджені в процесі геологорозвідувальних робіт. Для їх детальної характеристики глини були згруповані в стратиграфічному розрізі у три товщі. Перша з них розташована над V вугільним горизонтом і перекрита пухкими пісковиками малої потужності. Друга товща знаходиться між V та IV вугільними горизонтами, а третя – в підшві IV вугільного горизонту. Найважливішими властивостями цих глин, що визначають їх проислову цінність, являються: дисперсність; хімічний та мінеральний склад; фізико-механічні властивості: вогнетривкість, пластичність, механічна стійкість, поведінка зразків при спіканні.

Верхня товща глин складена сірими та темно-сірими різновидами з тонкими прошарками кварцевих пісків потужністю від 22,4 м до 41,6 м. За мінеральним складом вони гідрослюдисто-мономорілонітові з домішками каолініту. Глини комкуваті, тонковідмучені, іноді слабоалевритисті. Темний колір обумовлений присутністю гумусової речовини. Органічні залишки піритизовані й фосфоритизовані.

За вогнетривкістю глини першої товщі мають такі характеристики: легкоплавкі ($1240^{\circ} \div 1340^{\circ}\text{C}$) і тугоплавкі ($1370^{\circ} \div 1480^{\circ}\text{C}$); за пластичністю: помірнопластичні (14 - 25); середньопластичні (18 - 25) й високопластичні (26 - 49).

Друга товща порід розкриття представлена глинисто-мергелистою породою міоценового віку (N_{1-2pt}). Породи комкуваті; від сірого до темно-сірого кольору; з прошарками зеленувато-сірого кольору потужністю 60 – 97,9 м з прошарками бурого вугілля та сапропелево-гумусових сланців товщиною від 0,5 м до 1,6 м. Під мікроскопом глини дисперсні, мають монтморилонітовий склад з домішками каоліну і гідрослюди. **Третя товща** віднесена до берекської свити палеогену (Pg_3^2br) й представлена сірими і темно-сірими з зеленуватим відтінком глинами. За мінеральним складом глини опоковидні, містять ракушки діатомей і залишки водоростей.

Дослідження керамічних властивостей глин виявило схильність їх до набухання. Проте декілька зразків не витримали природньої підсушки навіть у кімнатних умовах. У цілому, **глини першої, другої та третьої товщі** низькоякісні, але в певних умовах можуть використовуватися для місцевого виробництва тонкої кераміки, будівельної цегли та черепиці.

2.4 Самородна сірка

Самородна сірка пов'язана з покладами берекської свити. Зосереджується у хемогенному комплексі сульфатно-карбонатних порід потужністю 41 м із поступовим виклинюванням до бортів мульди. Розповсюджується у центральній частині Ново-Дмитрівського родовища, на 2 – 3 м вище III буровугільного горизонту і повторює його форму. У підшві покладу залягають темно-сірі піритизовані гідрослюдисті глини, у покрівлі – сапропелеві діатоміти. Форма виділення сірки – гніздово-вкраплена розміром до 5 – 10 см, зустрічається одиночно або групами, форма ізометрична, контакти з породами чіткі. Детальні дослідження дозволяють виділити два види сірки.

Сірка першого виду – світло-жовта, лимонна, мікрозерниста, мучниста, непрозора під мікроскопом, матова, низької твердості. Вона складає гнізда й жол-

ваки ізометричної форми, які інколи складають ланцюжки. Рідко така сірка заповнює тонкі тріщини й утворює прожилки. **Сірка другого виду** – медово-жовта, жовтуватого-оранжева, з сильним жирним блиском, прозора. Іноді заповнює каверни від вимитих кристалів гіпсу, що дозволяє її за генезисом віднести до постсидиментаційних утворень.

Самородна сірка локалізована, головним чином, у верхній частині хомогенної товщі – у доломітах та карбонатно-гіпсових породах, що перекриті малопотужним вапняком. Серед хомогенної товщі досить чітко виділяються дві збагачені сіркою лінзи – верхня і нижня. Нижня має потужність до (2 ÷ 3) м та інколи розщеплюється на два горизонти. Вміст сірки коливається від 0,5 % до 20,4 %. Верхня лінза залягає в 5 – 7 м над нижньою, має потужність від 0,4 м до 5,9 м. Максимальний вміст сірки – 35 %. Середньовиважений вміст сірки при середній потужності 2,7 м складає 9,44 %. Поклади самородної сірки Ново-Дмитрівського родовища відносять до другої групи осадових родовищ. Запаси самородної сірки, при бортовому вмісті її у руді 5 %, складають 447 тис.т; а при вмісті 8 % - 269 тис.т, разом 716 тис.т.

2.5 Гіпс та металеві корисні копалини

Гіпс і ангидрит зустрічається у складі надбрянцевської й карфагенської пачок слов'янської свити нижньої пермі. Потужність шарів коливається від 0,45 м до 12,55 м, глибина залягання (80 ÷ 100) м. Нижче гіпс перетворюється у ангидрит.

Металеві корисні копалини. В процесі пошуково-розвідувальних робіт на бурі вугілля, а згодом і цільових пошукових робіт, в межах Ново-Дмитрівського родовища виявлені прояви свинцево-цинкових і сурм'яно-ртутних руд, а також титанових мінералів – ільменіту, рутилу, лейкоксену. Встановлені загальні закономірності та місця локалізації поліметалічного зруднення у докайнозойських породах на бортах грабену, а проявлення титанових мінералів – в кварцових пісках неогену. Ртутна мінералізація встановлена як в корінних породах бортів, так і в пухких утвореннях усередині грабену. Всі зони рудопроявів потрапляють в кон-

тур підготовчих гірничо-будівельних робіт, у зв'язку з чим потребують довивчення і детальної геологічної оцінки. Наведені дані про ендегенне зруденіння та рудоносні розсипи основані на результатах спектральних (біля 4 тис. зразків), хімічних (понад 300) та 135 мінералогічних аналізів.

Свинцево-цинкове зруденіння локалізовано у двох рудоносних зонах складної будови, пов'язаних з крутоспадаючими скидами на північному і південно – східному бортах Ново-Дмитрівського родовища. Обидві зони простягаються з південного сходу на північний захід уздовж бортів грабену і у регіональному плані пов'язані з зонами глибинних осьових структур Дніпровсько-Донецької западини. Концентрація основних рудних мінералів - галеніту і сфалериту, локалізована у вигляді дрібних лінз, прожилків і вкраплеників, приурочених до тріщин різного напрямку або ж представлена у якості цементу, пісковиків і брекчій. В окремих випадках відмічені малопотужні прошарки гравелітів, просочених рудними розчинами. Збагачені інтервали чергуються із зонами слабкої мінералізації.

Діючі кондиції становлять: мінімальний вміст свинцю 1.2 – 2.0%; сумарно свинцю і цинку – 2-4%.

Інтервали з рудною мінералізацією і вмістом металу у бороздових пробах (1,0 ÷ 12) м, за даними хімічного аналізу, наведені в таблиці 2.1. Поодинокі перетини та круте залягання не дозволяють впевнено простежити рудопрояви та визначити морфологію рудних зон. Найбільш ймовірно, що вони представлені дрібними рудними гніздами, крутопадаючими лінзами та іншими мінливими формами.

Таблиця 2.1 – Геолого-мінералогічні дані розвідки Ново-Дмитрівського родовища

№№ п/п	№№ свердл.	Інтервали з встановленою мінералізацією, м	Інтервали з підвищеним вмістом металів, м	Середньозважений вміст, %	
				Pb	Zn
1	602	180,4 – 184,9	180,4 – 184,5	0,22	2,5
2	687	102,0 – 128,5	107,5 – 108,5	3,18	0,43
3	837	157,0 – 264,7	157,9 – 160,0	1,80	2,14
4	609	290,8 – 381,8	305,8 – 308,8	0,03	1,20
			314,8 – 317,8	0,01	1,15

Південно-східна зона простежується багатьма свердловинами на відстані понад 7 км. Аналіз структурної позиції оруденіння, проведений з використанням повздовжніх і поперечних розрізів Ново-Дмитрівського родовища показує, що концентрація рудних мінералів зростає до вузлів перетину тектонічних порушень на бортах грабену і, по мірі віддалення від них, поступово змінюється на слабку розсіяну мінералізацію. Морфологічно зруденіння представлене дрібними крутоспадаючими лінзами і гніздами прожилково-вкрапленого типу. Вміст свинцю і цинку по деяким свердловинам наведено у таблиці 2.2. За винятком окремих інтервалів, концентрація металів невелика, але промислова. До того ж, треба враховувати, що хімічний аналіз проводився по борозновим пробам з інтервалом від 0,7 до 1,5 м. Окрім свинцю і цинку, у всіх зонах встановлена присутність у десятих – сотих відсотках кадмію і миш'яку, та у сотих – тисячних відсотках – ртуті, що відповідає бідним промисловим рудам.

Таблиця 2.2 – Вміст металів у зонах зруденіння

№№ П/П	№№ свердл.	Інтервали з встановленою галеніт-сфалеритовою мінералізацією, м	Інтервали з підвищеними концентраціями металів, м	Середньозважений вміст, %	
				P _B	Zn
1	742	412 - 557,6	426,6 - 429,6	0,577	1,33
			460,4 - 463,4	0,06	1,49
			490,1 - 491,1	0,83	1,43
			496,5 - 504,5	1,26	2,41
			511,5 - 526,5	0,026	2,15
			529,5 - 556,6	0,293	1,95
2	747	811,3 - 821	818,0 - 819,0	0,33	1,05
3	630	334 - 350	335,5 - 336,6	0,76	1,51
			341 - 342,2	0,85	1,22
			351 - 357,7	3,33	5,62
4	1257	347,7 – 401,5	366,9 - 368	2,50	17,3
5	741	279 - 314	290 - 291	0,07	1,17
			295 - 296	0,01	1,47
			306 - 309	1,65	1,64
			311,5 - 312,5	0,42	1,36

Розповсюдження металів у зонах оруденіння характеризується як вкрай нерівномірним і внаслідок обмежених даних не підлягає геометризації. Отримані результати, з урахуванням високої потреби промисловості у поліметалічних рудах, свідчать про необхідність негайного проведення цільових пошуково – розвідувальних робіт на Ново-Дмитрівському родовищі.

Прояви ртуті оцінені спектральними аналізами борознових проб (свердл. №705, інтервал 77,7 – 126,6; свердл. № 801, інтервал 154,0 – 198,0 м та ін.) і складають вміст від 0,02 до 0,003 %, В північно – західній частині грабену в пісках палеогену (свердл. № 1422) виявлена кіновар в кількості 38 зерен на шліх, що відповідає вимогам промислових кондицій,

Прояви титанових мінералів зафіксовані у багатьох свердловинах центральної частини Ново-Дмитрівського родовища (605, 610, 692 та ін.) і не носять системного характеру. За даними мінералогічних та шліхових досліджень загальний вміст рутилу, ільменіту і лейкоксену складає 30-35 % важкої фракції, що відповідає вмісту 4 – 6 кг цих мінералів на 1 м³ піску.

2.6 Аналіз непаливного використання бурого вугілля

Слід відмітити, що буре вугілля Олександрійського родовища у свій час широко використовували для виробництва хімічних продуктів і матеріалів: для коксування, отримання адсорбентів, сажі та вуглеграфітних матеріалів. Проте в області непаливної переробки бурого вугілля, на той час, зроблені лише перші кроки. Основна частина видобутого бурого вугілля використовувалася як паливо. При цьому слід зазначити, що за складом і властивостями буре вугілля різко відрізняється від кам'яних різновидів. Воно є складною сумішшю з різного ступеня перетворених деревинних залишків, спор та водоростей. Це вугілля містять в своєму складі ~ 70% вуглецю, характеризується високим (понад 60%) вмістом летких складових і високим вмістом бітумів та гумінових кислот.

У промисловості на основі переробки бурого вугілля виробляється гірський віск і вуглелужні реагенти. Вперше промислове виробництво гірського воску було

організовано в кінці минулого століття в Німеччині. Тривалий час вона була монополістом у цій галузі. У період 1939-1945 рр. виробництво гірського воску було налагоджено в США на основі каліфорнійських і арканзаських лігнітів. Проте напівпромислові установки в США, Німеччині, Польщі та Чехословаччині після не тривалої роботи були закриті через відсутність високобітумінозної сировини [27].

В СРСР виробництво буровугільного воску вперше було здійснено на напівпромислових установках в Ромодані (1939 р.) і Олександрії (1940 р.), які незабаром були закриті. Згодом зростаючі потреби господарства країни в гірському воску призвели до будівництва в 1959 р заводу на базі Олександрійського буровугільного родовища. Сутність процесу полягала в послідовному виконанні наступних операцій: добуванні; механічній підготовці та сушці рядового вугілля зі зменшенням вологості від 60 до 15-18%; підготовці сировини певного гранулометричного складу; екстракції подрібненого вугілля; відгоні розчинника з вугілля та екстракту уловлюванні та конденсації парів розчинника і ряду інших допоміжних операцій. Потреба в восках на світовому ринку на той час безперервно зростала. Вона задовольнялася за рахунок виробництва в НДР (25 – 30 тис. т на рік), США (~ 6 тис. т), ФРН (~ 1 тис. т) і СРСР (2,5 тис. т). Причому, в СРСР споживання воску подвоювалося кожні 5 років.

В результаті досліджень останніх років була підвищена ефективність екстракційного процесу в заводських умовах, виявлена сировинна база необхідних для цієї мети бітумінозного вугілля і підвищена конкурентоспроможність вітчизняного воску на світовому ринку. На лабораторній установці отримано партії знесмоленних і рафінованих восків, які успішно випробувані в ряді галузей промисловості. У той же час з 1970 р не спостерігається скільки-небудь помітного зростання випуску цієї продукції [27].

Процес виробництва гірського воску зовні простий, а по суті є складним масообмінним процесом, результати якого залежать від багатьох факторів і визначаються головним чином природою, умовами добування, підготовки та гранулометричним складом сировини, природою розчинника, параметрами екстракції та апаратурним оформленням технології [28]. Так, на Семенівському заводі гірсько-

го воску в Олександрії та на промисловій установці в Німеччині екстракцію вели в однакових умовах і апаратурі. Проте буре вугілля Олександрійського родовища відрізняється високим вмістом воскової частини в бітумах. Вибірковий видобуток найбільш бітумінозних зразків вугілля не провадиться. На екстракцію направляється рядове вугілля із вмістом бітумінозних речовин $\sim 8\%$ на суху масу.

Виробництво гірського воску в Німеччині здійснюють на буровугільному комбінаті «Густав Соботтка». Вугілля для екстракції видобувається вибірково на розрізі в Реблінгене. Тільки 40 % добутого вугілля використовують для виробництва монтан-воску. Мінімальна частка бітумінозних вугілля складає 13,8%. Фактично переробляється вугілля, бітумінозність якого досягає 20 – 27%.

За останні роки значно зросло виробництво воску в США з каліфорнійських лігнітів методом вакуумної дистиляції. Цей віск має високе кислотне число і число омилення, за вмістом складних воскових ефірів перевершує кращі сорти німецьких восків. Очищення воску шляхом вакуумної дистиляції в порівнянні з очищенням сірчаною або хромовою кислотами, яке застосовується в Німеччині, супроводжується меншим руйнуванням воскових ефірів.

Другим важливим напрямком непаливного використання бурого вугілля, здійсненим в промисловому масштабі, є отримання препаратів, в яких гумінові кислоти знаходяться у водорозчинному стані. Так, при проведенні свердловин на нафту і газ застосовують реагенти, які надають стабілізуючі якості на промивні розчини. Найбільш поширений реагент такого роду є продукт, одержуваний під час опрацювання бурого вугілля 42%-ним розчином їдкого натру, іменованій в техніці “вуглелужним реагентом” (ВЛР). В СРСР ВЛР виробляли з 1934 р кустарним способом, а з 1961 р здійснювали в промисловому масштабі на базі бурого вугілля Олександрійського родовища. Понад 60 % загального обсягу виготовлення ВЛР в 1972 р виконували з олександрійського бурого вугілля на Семенівському заводі гірського воску. Потреба в реагентах задовольнялася в повному обсязі.

Способи отримання ВЛР можна розділити на дві групи: «мокрый» і «сухий». У промисловому масштабі здійснений другий спосіб. Він характеризується простотою апаратурного оформлення, низькими капітальними і експлуатаційними ви-

тратами. Недоліком цієї технології є незавершеність реакції між гуміновими кислотами вугілля та їдким натром, в результаті чого готовий продукт схильний до самозаймання. Крім того, поряд із гуматами натрію в реагенті залишається значний баласт у вигляді золи вугілля.

Виробництво ВЛР мокрим способом забезпечує отримання більш якісного продукту, проте характеризується необхідністю розрідження есього переробляемого вугілля, змішуванням його з лугом, зменшенням часу сушіння пульпи і пов'язано зі значними витратами. На заводах в Баку і Волгограді ВЛР виробляли, шляхом змішування рядового вугілля з їдким натром та подальшою сушкою готової шихти.

На Семенівському заводі частина виробленого ВЛР (~ 20%) піддавалася вторинному дробленню до крупності 0 – 2 мм, підігрівалася і транспортувалася пневмотранспортом для охолодження в циклонах. Одержуваний при цьому тонкодисперсний реагент містив до 20% вологи, біля 40% гумінових кислот, швидко розчинявся у воді й був більш ефективним при обробці розчинів, ніж звичайний реагент. Починаючи з 1961 р для отримання ВЛР використовується вугілля після екстракції з нього бітумів. Інша частина екстрагованого вугілля направляється на брикетування. Слід зазначити, що подібний спосіб комплексної переробки вугілля для одночасного виробництва буровугільного воску і вуглелужного реагенту здійснено вперше [29].

Таким чином, екстраговане вугілля з невисокою вологістю і досить високим вмістом гумінових речовин може бути перероблено в паливні брикети або використане для виробництва ВЛР. Техніко-економічні розрахунки підтверджують економічність саме другого способу. Так, зниження витрат на підготовку сировини для виробництва ВЛР із екстрагованого вугілля становило 250 тис. руб. Обсяг додатково виготовленої продукції склав 1729,5 тис. руб.

Гумінові препарати з бурого вугілля, які призначені для стабілізації промислових розчинів при бурінні свердловин, виробляються в ряді країн під різними назвами: в СРСР – вуглелужний реагент; в Чехословаччині – гумітан; в Румунії – гумат; в США – препарат СС-16. Порівняння якісних показників цих препаратів і

ефективності обробки ними розчинів свідчать про залежність якості препарату від вмісту в ньому гумінових кислот (див. табл. 2.3).

Одним, з перспективних напрямків застосування гумінових препаратів з бурого вугілля у якості пластифікаторів і силікатних розріджувачів є цементна промисловість. Роботи, що проведені Семенівським заводом спільно з харківським інститутом «Південгіпроцемент», виявили високу економічну ефективність застосування ВЛР для цих цілей і значну потребу цементної промисловості в реагентах. На даний час такі реагенти дефіцитні.

Таблиця 2.3 – Порівняльна характеристика гумінових препаратів та їх ефективність при обробці глинистих розчинів (за даними В. С. Баранова)

Показники	Гумати				
	Семенівський завод гірського востку (буре вугілля Олександрії)	Карабулакський завод хім-реагентів	Гумітан (Чехословаччина)	СС-16 (США)	Гумат (Румунія)
Склад гумінових препаратів					
Вологість, %	16,0	10,9	17,8	14,8	17,6
Гумінові кислоти, %	31,3	43,9	45,7	34,0	29,3
Зола, %	41,3	34,0	26,7	36,5	31,0
Вміст їдкого натру, %	11,8	16,0	12,2	14,3	10,6
Характеристика глинистого розчину, обробленого гуміновими препаратами (кількість препарату 5%)					
Статистичне напруження зсуву, мг/см ²	0,6	0,24	3,6	4,6	3,6
Водовіддача, см ³	6,8	4,0	4,6	4,4	11,0

Висока іонообмінна здатність гуматів при внесенні в ґрунт у суміші з неорганічними добривами дозволяє зберегти останні від вилугування і поліпшити умови мінерального живлення рослин. Крім того, гумати стимулюють схожість насіння, ріст і розвиток рослин. Для цих цілей Семенівським заводом на замовлення Дніпропетровського сільськогосподарського інституту були виготовлені спеціальні партії реагентів з олександрійського вугілля. Результати випробувань, проведених інститутом в Криму по підгодівлі культур на тютюнових і виноградних плантаціях гуматами, виявилися вельми обнадійливими.

Відомі також інші області, в яких продукти непаливної переробки бурого вугілля можуть знайти ефективне застосування: при будівництві зрошувальних систем в посушливих районах для зменшення водопроникності ґрунтів; в якості сполучних при огрудкуванні різних матеріалів (брикетування, агломерація), а також при виготовленні акумуляторів із застосуванням бавовно-сажових електродів. Подібне виробництво організовано з торфу на Тюменському акумуляторному заводі.

Комплексна переробка бурого вугілля забезпечувала високу ефективність виробництва, що підтверджується діяльністю Семенівсько-Головківського комплексу підприємств у м. Олександрія (див. табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Економічна ефективність використання продукції з бурого вугілля

Вид використання бурого вугілля	Питома вага витрат вугілля в собівартості продукції, %	Прибуток, привезений до 1 т вугілля, руб.
Видобуток	100	1,44
Енергетика:		0,73
виробництво теплової енергії	36,6	–
виробництво електроенергії	63,0	–
брикетування	69,6	0,26
Виробництво вуглелужного реагенту:		
дрібнодисперсного	15,0	3,40
рядового	20,4	2,82
Виробництво гірського воску:		
без ВЛР	6,0	6,00
комплексне з ВЛР	63,1	8,47

Авторами пропонується наступна схема комплексної переробки бурого вугілля (рис. 2.1), реалізація якої цілком можлива на базі бурого вугілля Олександрійського родовища. При цьому до складу виробничого комплексу повинен входити розріз, де слід організувати селективний відбір бітумінозного вугілля; цех сирого гірського воску; цех по виробництву рафінованих та інших модифікованих восків; цех по виробництву гумінових препаратів; теплоелектроцентраль; брикетна фабрика і установка по використанню відходів рафінації гірського воску (отримання квасців та ін.).



Рисунок 2.1 – Принципова схема комплексної переробки бурого вугілля

При цьому слід передбачити використання вуглистих глин і буровугільних шламів для виробництва ВЛР, а також переробку мінеральної частини вугілля для отримання будматеріалів.

2.7 Гідрогенізація та виготовлення синтетичного палива з бурого вугілля

Протягом 1971 – 1973 рр. інтенсивно тривали проектні й дослідні роботи, спрямовані на удосконалення процесів гідрогенізаційної переробки вугілля, а також на створення нових способів виробництва з нього моторних палив і хімічних продуктів. Дослідження щодо всебічного використання вугілля як перспективної сировини для різних галузей промисловості проводилися в США, СРСР, Японії, Польщі та інших країнах.

Літературні публікації щодо проблеми використання вугілля в гідрогенізаційних процесах в останні роки представлені переважно патентними матеріалами, а також повідомленнями рекламно-інформаційного характеру, які, хоча і не дають повного уявлення про важливі технічні деталі здійснюваних розробок, ступеня опрацьованості процесів і стан проблеми в цілому, все ж дозволяють відзначити появу деяких нових розробок, спрямованих на вдосконалення існуючої технології, підвищення її ефективності, покращення якості одержуваних продуктів.

Так, у ряді робіт [30-33] представлені результати, що стосуються використання нафти або нафтопродуктів для їх спільної переробки з вугіллям. Так, за спо-

собом, розробленим в СРСР, гідрогенізацію вугілля здійснювали спільно з фракцією сірчаної високосернистої нафти, яка википає при температурі вище 240° , що дозволяло поряд із застосуванням ефективних каталізаторів і активних добавок деяких органічних сполук зменшити на $50^{\circ} - 70^{\circ}$ температуру процесу, в 2 – 2,5 рази витрати водню і в 1,5 – 2 рази – газоутворення у порівнянні з відомими способами [32]. Принципова технологічна схема процесу наведена на рисунку 2.2.

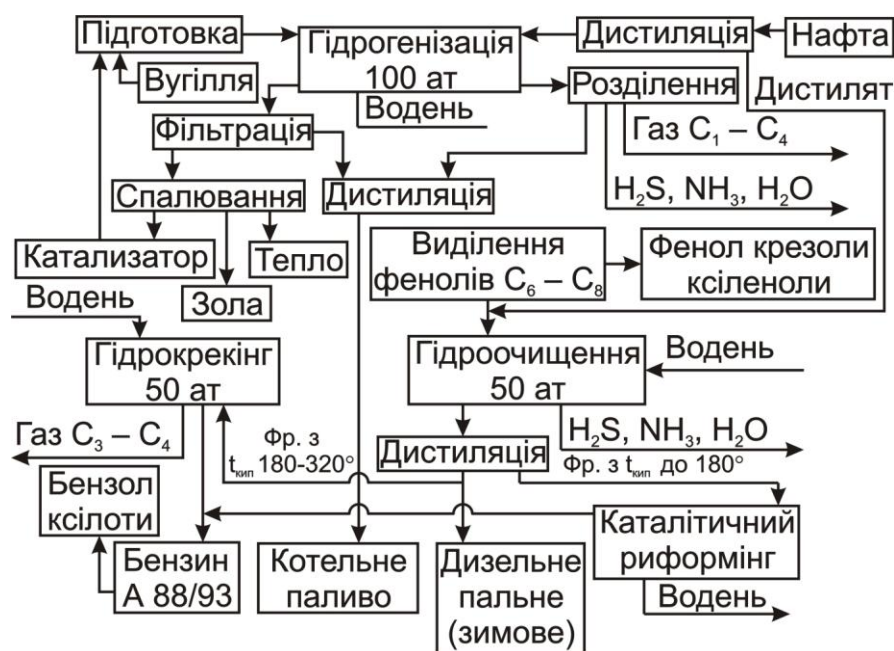


Рисунок 2.2 – Принципова технологічна схема гідрогенізації вугілля і нафти за методом ПІ

У процесі «Seasoke» нафтовий мазут застосовують для одночасного коксування з вугіллям. При цьому рідкі продукти, що утворюються, підлягають гідрогенізації. Подібна переробка дозволила збільшити вихід цільових продуктів у порівнянні з тим, що має місце при коксуванні окремо вугілля і мазуту. За рахунок цього були отримані рідкі продукти з більш високим вмістом водню.

В Індії Центральним інститутом палива розроблений проект виробництва рідкого палива з вугілля, в якому передбачено отримання рідких продуктів, отриманих на стадії зрідження вугілля спільно з нафтопродуктами шляхом гідрокрекінгу, риформінгу тощо. Це дозволяє знизити витрати водню на процес.

Проте, спільна переробка вугілля і нафти може бути доцільною і економічно ефективною в тих районах, де поклади вугілля і нафти розташовані на відносно

близьких відстанях і витрати на їх транспортування в загальному балансі капіталовкладень не настільки великі.

Певний інтерес представляють роботи по гідрогенізаційній переробці вугілля в присутності окису вуглецю і водяної пари замість водню [34,35]. Автори цих робіт вважають, що така заміна особливо доцільна при переробці низькосортного бурого вугілля і лігнітів. Показано, що при температурі 380-400° під тиском 315 ат перетворення органічної маси (ОМ) лігніту склало 95 %. У разі застосування суміші CO + H₂O при температурі 380° реакція завершувалася за 10 хв., тоді як з воднем за цей час досягалося лише 50 %-ве перетворення. Ефективність застосування окису вуглецю і водяної пари пояснюють тим, що при конверсії водяної пари утворюється активний водень, а окис вуглецю сприяє розщепленню деяких типів зв'язків між ними і перешкоджає реакціям конденсації, що призводить до утворення твердих залишків, нерозчинних в бензолі.

Інтенсивні роботи велися в напрямку використання нових ефективних катализаторів, які застосовували при гідрогенізаційній переробці вугілля [36,37]. Вказується, що активна основа таких катализаторів містить з'єднання Co, Mo, Ni, W, однак детальний склад їх не наводився. У ряді повідомлень, переважно патентного характеру, описані також спроби замінити катализатори в процесах переробки вугілля інертними контактними матеріалами: пемзою, кварцом, скляними бусами [38], а також золою, що утворюється в самому процесі [39]. Однак перевага і доцільність такого застосування цих матеріалів у літературі не обговорювалися.

Роботи по використанню вугілля у якості сировини для виробництва, головним чином палива, та інших хімічних продуктів, особливо широко велися в США за участю вугільних, нафтових, електротехнічних компаній і урядових організацій з витратою значних коштів. Це було пов'язано з тим, що виробництво рідкого палива з вугілля набуло в США особливої актуальності. Передбачалося, що в 1985 році видобуток нафти зросте до $21,5 \cdot 10^5$ м³/добу, а споживання рідкого палива – до $48,0 \cdot 10^5$ м³/добу [34]. За даними американського Центру з дослідження вугілля, витрати на розробку процесів «Consol» і «СОЕД» склали відповідно 20,377 і 19,332 млн. дол. [30].

За літературними даними, в США одним з найбільш розроблених і перспективних процесів виробництва рідкого палива з вугілля поряд з процесами «Consol», «H-Coal», «СОЕД-FMC» деякі автори вважають спосіб, розроблений «Bureau of Mines» [34], який використовує переважно буре вугілля і дозволяє в порівняно м'яких умовах (380° , 100 ат) в присутності окису вуглецю і водяної пари досягати 92%-ого ступеня перетворення вугілля.

Фірмою «Bureau of Mines» також розроблений процес переробки високосірчастих типів вугілля в малосірчате котельне паливо [34]. Основним елементом процесу є трубчастий змієвиковий реактор. У якості сировини використовували суспензію вугілля в смолі. Причому вага вугілля у суміші сягає $\sim 30\%$. Вуглесмоляна суспензія у суміші з воднем проходить через реактор зі швидкістю $2,2$ т/год·м³ обсягу реактора. Реактор наполовину заповнений каталізатором, що складається з суміші Co – Mo і SiO₂ – Al₂O₃. Реакція протікає при температурі 450° під тиском 140 – 280 ат. Основний продукт процесу на 87 – 91 % котельне паливо, що містить 0,09 – 0,14% сірки. Витрата водню при тиску 140 ат становить $0,2$ м³/кг вугілля; при тиску 280 ат – $0,4$ м³/кг вугілля. Принципова схема процесу наведена на рис. 2.3.

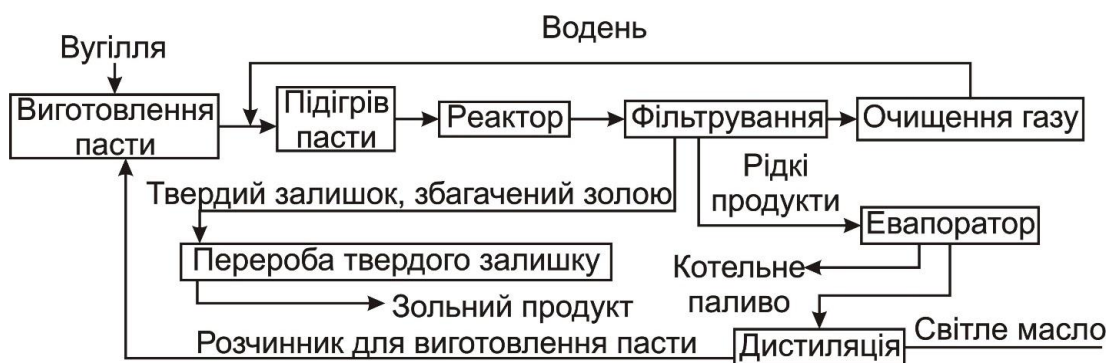


Рисунок 2.3 – Принципова схема виробництва котельного палива методом «Bureau of Mines»

Фірми «FMC» і «Atlantic Richfield» розробили процес «Seasoke» [30]. Контроль здійснювали шляхом одночасного коксування в «киплячому» шарі тонко подрібненого бітумінозного вугілля і нафтового мазуту з метою виробництва дрібно подрібненого коксу, придатного для спалювання на ТЕЦ, а також виробництва цінних рідких і газоподібних продуктів. Коксування здійснюють в декілька стадій

в чотирьох послідовно розташованих реакторах. Температуру в першому реакторі підтримують на рівні 315° , у другому – $425 - 535^{\circ}$, в третьому – $535 - 650^{\circ}$, в четвертому, куди одночасно подається невелика кількість кисню – за рахунок тепла, що виділяється при частковому спалюванні вугілля. Завдяки цьому температуру піднімають до 870° . Мазут подають у другий або третій реактор. Співвідношення вугілля/мазут становить 2/1. Гарячий кокс з четвертого реактора частково повертають до третього реактора на рециркуляцію як теплоносії. Всі рідкі і газоподібні продукти, що утворюються в другому, третьому і четвертому реакторах, збирають і направляють для подальшої переробки.

Встановлено, що при спільній переробці вугілля і мазуту рідкі продукти мають більш високу питому вагу, меншу в'язкість, більш високий вміст водню, ніж продукти, що отримані при переробці тільки вугілля або тільки мазуту.

Сирі рідкі продукти піддають гідрогенізації в присутності стаціонарного Ni – Мо-каталізатора при температурі 420° , під тиском 200 ат, подачі водню $1,8 \text{ м}^3/\text{л}$ сировини. Каталізатор регенерують кожні шість місяців, заміну рекомендують 1 раз в один або два роки. Рідкі продукти гідрогенізації містять багато нафтенів, тому вважають, що їх вартість повинна бути на 20 – 30 центів за барель вище, ніж вартість умовного палива подібного типу. Основними продуктами гідрогенізації є (мас.% на гідрогенізат): бензин $C_5 - 215^{\circ} - 19,7$; реактивне паливо – 15,2, гас – 26,8, газойль – 31,9.

Для переробки фракцій дистилятів у бензин та інші продукти (гас, реактивне паливо тощо) застосовують процеси, що освоєні в нафтопереробній промисловості: гідроочищення, риформінг, гідрокрекінг. При цьому вважають, що основним процесом переробки гідрогенізату буде гідрокрекінг. Розроблений процес покладено в основу проекту дослідного заводу, вартість якого, включаючи установку коксування і гідрогенізації з продуктивністю по вугіллю 19,5 і мазуту – 6,5 тис./добу з отриманням 8 млн. л рідких продуктів коксування, оцінюється в 96,2 млн. дол. Згідно з даними, покладеними в основу розрахунку економічних показників запроєктованого заводу, вартість рідких продуктів гідрогенізації повинна

скласти 3,55 дол. за кілограм, а щоденний прибуток – 15123 дол. Принципова технологічна схема процесу «Seasoke» представлена на рис. 2.4.

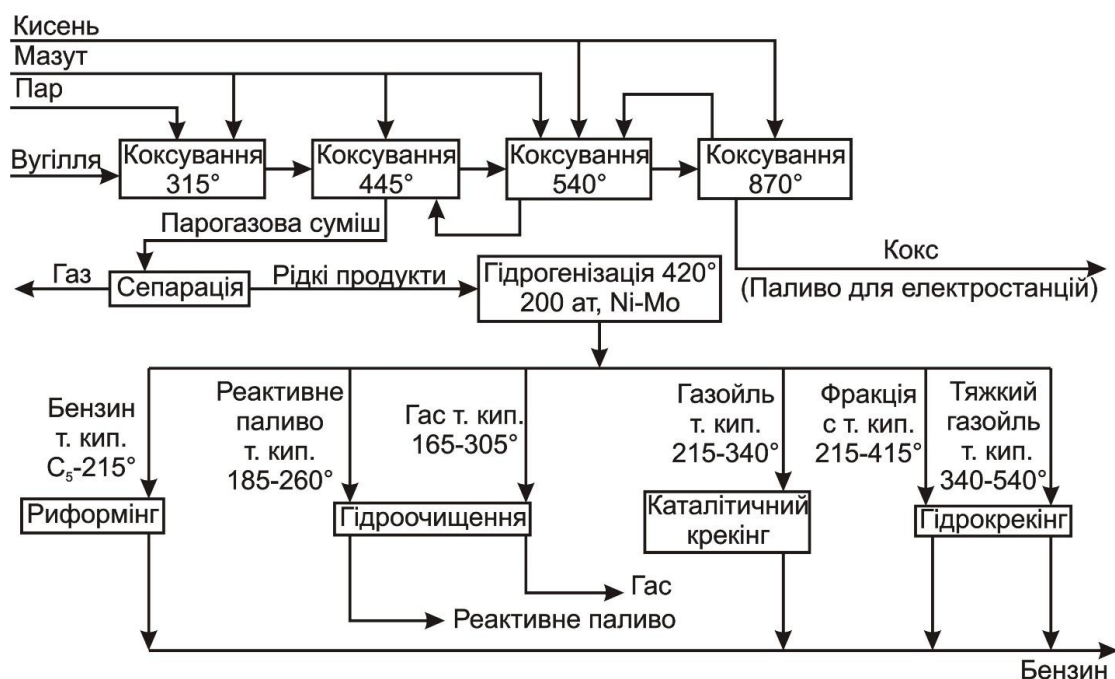


Рисунок 2.4. Принципова схема виробництва синтетичного палива за методом «Seasoke»

У 1970 р в Принстоні (штат Нью-Джерсі, США) запущена у експлуатацію дослідна установка з отримання рідкого палива із вугілля відповідно процесу «СОЕД-ФМС» з продуктивністю по вугіллю 36 т/добу і по рідкому паливу – 4770 л/добу. Фірма «Pittsburg and Midway Coal Mining Co» розробила процес термічного розчинення вугілля «SRC». Процес призначений для виробництва малосірчаного і малозольного палива, придатного для спалювання на електростанціях. Метод «SRC» є модифікацією процесу термічного розчинення вугілля. Технологія процесу включає такі операції, як змішування вугілля з розчинником в пасту; нагрів пасти разом з воднем до 425°; переробку нагрітої пасти в реакторі під тиском 70 ат; відділення від продуктів реакції твердого залишку шляхом фільтрування; відгін фракції з температурою кипіння 290 – 425 ° з подальшим використанням її у якості розчинника для вугілля [30].

Отриманий вугільний екстракт містить сірки менше 1%; золи – 0,1%; теплотворна здатність його складає 8890 ккал/кг. За даними американського Центру з

дослідження вугілля, витрати на розробку процесу «SRC» склали 7,640 млн. дол [30]. Розроблена технологія покладена в основу проекту дослідного заводу, що споруджувався в штаті Вашингтон. Пуск його було намічено на середину 1974 р. Потужність дослідного заводу по вугіллю складала 50 т/добу з отриманням 30 т/добу палива, використовуваного для спалювання на ТЕЦ. Капіталовкладення по будівництву дослідного заводу склали 18 млн. дол. На заводі було випробуване вугілля всіх марок, крім антрацитів, і отримані додаткові матеріали, що стосуються особливостей технології та уточнення економічних показників. Отримані дані були використані для проектування промислового заводу з продуктивністю по вугіллю 10 тис. т/добу і виробленням 5600 т/добу палива для спалювання на ТЕЦ потужністю 800 Мвт. Капіталовкладення по будівництву промислового заводу повинні були скласти 75 млн. дол. Принципова технологічна схема процесу «SRC» представлена на рис. 2.5.



Рисунок 2.5 – Принципова схема виробництва палива з вугілля за методом «SRC»

Переробка вугілля шляхом поєднання термічного розчинення з м'якою гідрогенізацією вивчається багатьма фірмами. Найбільш розроблений «Ратсо» – процес, спрямований на отримання беззольного і безсірчистого палива, що використовується для спалювання на ТЕЦ [34]. Процес «Ратсо» є модифікацією способу термічного розчинення вугілля.

Суть його полягає в поєднанні термічного розчинення з м'якою гідрогенізацією і рециркуляцією розчинника. Вугілля замішують разом з розчинником та воднем і подають в реактор, де при температурі 370° і тиску 20 ат відбувається термічне розчинення. Продукти реакції відфільтровують і відокремлюють твердий

залишок. Потім відганяють розчинник і повертають його на рециркуляцію у якості розчинника вугілля. Отриманий вугільний екстракт позбавлений золи, сірки і насичений воднем, що підвищує його теплотворну здатність.

Дослідницькі та дослідні роботи по виробництву з вугілля рідкого палива і хімічних продуктів широко ведуться в Індії. Центральний інститут палива в Данбаде розробив проект заводу з виробництва рідкого палива і хімічних продуктів шляхом спільної переробки нафти і вугілля [30]. В основу проекту покладено гідрогенізація вугілля по методу Північного Ассаму. Це вугілля характеризуються високим вмістом вітриніту і водню. Зольність їх менше 1%. В золі міститься багато германію, який надає каталітичну дію на гідрогенізацію. Запаси цього вугілля складають близько 4 млрд. т. Поблизу розташовані родовища нафти і природного газу. Проектна продуктивність заводу по вугіллю 2,56, сирій нафти – 1,5 млн. т / рік.

Суть процесу полягає в тому, що в вугіллі диспергиують залізовміщуючий каталізатор (~ 2%), який потім змішують з важким маслом. Пасту направляють на гідрогенізацію. Ступінь перетворення вугілля становить 90%, вихід рідких продуктів – 80%. Основні продукти процесу: ВТК – фракції залишку; середні дистиляти; беззольний кокс; феноли; сірка; сульфат амонію; етилен; пропилен та бутадієн. Гідрогенізація поділяють на легке, середнє і важке масла. Останнє частково повертають в технологічний цикл, а решту піддають коксуванню. Легке і середнє масла сумісно із коксовим дистилятом переробляють спільно із нафтопродуктами шляхом гідрокрекінгу, риформінгу або екстракції. Вартість реалізації проекту оцінюється в 344 млн. дол.

В умовах Західної Європи здійснення ефективного виробництва моторного пального із вугілля існуючими гідрогенізаційними способами до теперішнього часу не представлялося можливим. Так, в умовах Німеччини порівняльними розрахунками по капіталовкладенням і собівартості продукції раніше було показало, що виробництво рідкого палива з кам'яного і бурого вугілля економічно не вигідне. Однак, у зв'язку з вибухнувшою потім енергетичною кризою, положення в енергетичному секторі різко змінилося. Ціни на нафту виростили в 1,5 – 2 рази і до-

сягли 50 – 60 дол. за тонну. Значно зросли ціни на нафтовий бензин, легкий і важкий мазут. Ці обставини викликали необхідність в ряді країн, у тому числі в Західній Європі, переглянути можливості застосування деяких інших джерел виготовлення палива з метою використання його у якості енергетичної сировини, а також виробництва хімічних продуктів. Відповідно до темпу розвитку промисловості Німеччини, одне з важливих місць у вирішенні питання виробництва бензину, паливного мазуту, а також газифікації повинно зайняти вугілля. У зв'язку з цим вважається за необхідне посилити дослідні роботи в області газифікації та гідрогенізації вугілля, всебічно розвивати технологічний і економічний аспекти цих питань з тим, щоб мати можливість в недалекому майбутньому реалізувати їх в промисловості. Проте слід відзначити, що, незважаючи на численні розробки і великий обсяг витрат, жоден процес по отриманню рідких продуктів з вугілля досі не здійснено в промисловому масштабі.

2.8 Застосування мінеральної частини бурого вугілля при виготовленні будівельних матеріалів

При утилізації органічної маси палива утворюються відходи у вигляді летючого попелу, шлаку, золи вогнищевих залишків газифікації тощо. Їх слід розглядати у якості сировини для виробництва глинозему, виділення концентратів рідкісних елементів, заліза, сполук сірки, для безпосереднього застосування в будівництві та виготовлення будівельних матеріалів. Автори вважають, що в даний час для народного господарства країни найбільш важливою є розробка і промислова реалізація процесів виробництва порід окису алюмінію, будівельних матеріалів і з'єднань сірки з мінеральних компонентів вугілля і супутніх вугіллю.

До теперішнього часу в нашій країні є досвід промислового освоєння нефелінів та алуїтів, з яких виробляють глинозем. Широко досліджується також можливість застосування для цього каолінових глин, лейциту, серициту та серицитових сланців, а також золи вугілля і порід, супутніх вугіллю у певних родовищ.

За вмістом окису алюмінію зола вугілля і супутні вугіллю породи деяких родовищ перевершують багато інших видів висококремнеземистої алюмініїсткої сировини (табл. 2.5) [40, 41].

На деяких підприємствах проведено велику кількість досліджень щодо встановлення можливості застосування мінеральних відходів видобутку і переробки викапного вугілля (відвальні породи, хвости, зола) в якості сировини для виробництва глинозему. У зв'язку із високим вмістом окису кремнію в даній сировині, перспективними методами вилучення з неї глинозему є кислотні. Однак, вони ще не впроваджені у вітчизняну промисловість. Відповідно найбільшим практичним інтересом є застосування лужних методів.

Таблиця 2.5 – Склад глиноземомісткої сировини

Сировина	Склад, %					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O + Na ₂ O	SO ₃
Боксити північноуральські	3 – 4	53 – 55	20–25	2 – 3	—	—
червоножовті (Казахська РСР)	12 – 14	45	До 20	15	—	—
Нефелінові породи:						
кольський концентрат	44	29,5	2,5	—	18	—
Ужурське родовище (Красноярський край)	44	22,5	11 – 13	—	9 – 10	—
Кия-Шалтирське родовище (Західний Сибір)	41	28,0	5	—	13,6	—
Алуніти загликські (Азербайджанська РСР)	36 – 40	23	3-5	—	5	22
Каоліни ангреньські (Узбекська РСР)	60	23	2 – 4	1	—	—
Зола: Новомосковської ГРЕС	49 – 50	37 – 38	5	5	—	—
Богословської ТЕЦ	50	36 – 37	7	4,5	—	—
Ангреньської ГРЕС	32	22	14	25	—	—
кузнецького вугілля	50	30	6	8	—	—
Породи збагачення екібастузського вугілля	58,3	37,8	1,1	1	—	—

Особливої уваги заслуговують процеси спікання трикомпонентної шихти (зола або порода, вапняк, сода) чи двокомпонентної (зола або порода, вапняк). Ще в 1941 р. на основі лабораторних та науково-промислових досліджень Державним інститутом прикладної хімії було складено проектне завдання на будівництво за-

воду з річною продуктивністю 100 тис. т глинозему із золи підмосковного вугілля на основі спікання трикомпонентної шихти. Це проектне завдання було затверджено у травні 1941 р. Наркоматом кольорової металургії Росії. Проте, розпочата Велика вітчизняна війна перешкодила будівництву заводу. Проведений пізніше техніко-економічний аналіз показав, що зола Вовчанського вугілля є перспективною в якості сировини для Богословського алюмінієвого заводу.

Слід зазначити, що під час другої світової війни в Німеччині працювали два заводи з отримання глинозему із золи вугілля за методом спікання двокомпонентної шихти. Застосування її при спіканні скорочує витрати соди, виключає необхідність дроблення і спрощує апаратне оформлення процесу вилуговування глинозему.

Одержаний після вилуговування снеку двокомпонентної шихти шлам містить набагато менше лугу, ніж шлам процесу трикомпонентного спікання. Він є перспективною сировиною для виробництва цементу. Напівпромислові випробування показали, що природні шлами придатні для виробництва цементів марки «700».

Оцінка вугільних родовищ як нового джерела переробки глиноземної сировини, проведена Інститутом горючих копалин спільно з іншими організаціями (ВАМІ, РВПС, ЛОКК – Лабораторія осадових корисних копалин Міністерства геології СРСР, Центрогіпрошахт) й дозволила встановити особливу перспективність використання Екібастузського родовища у цьому напрямку. Родовище Екібастуз є унікальним за потужністю трьох вугільних пластів, що відпрацьовуються відкритим способом. Потужність цих пластів коливається від 20 м в пласті № 1, до 100 м – в пласті № 3. Це забезпечило концентрацію величезних запасів вугілля на порівняно невеликій площі. За сумою категорій А + В + С вони обчислюються в 7,3 млрд. т.

У 1968 р. на Екібастузському родовищі було видобуто близько 18 млн. т вугілля при собівартості однієї тони – 1,44 руб. У 1969 р. видобуток вугілля на цьому родовищі здійснювалися розрізами № 1, 2 і 3. Було закінчено будівництво (із введенням до експлуатації) розрізів 5 та 6. За даними Центрального науково-

дослідного інституту економіки і науково-технічної інформації вугілля Мінвуглепрому СРСР, видобуток вугілля планується у розмірах, зазначених в табл. 2.6 [40], [42].

Таблиця 2.6 – Плановий видобуток вугілля на Екібастузському родовищі, млн. т.

Розрізи	Роки								
	1970	1975	1980	1985	1990	2000	2010	2020	2030
Північний	20	20	10	10	10	10	4	4	4
Богатир	2,5	27,5	50	56,8	30	30	30	30	30
Східний			3	20	20	20	20	20	20
Екібастузський							5,5	5,5	5,5
Усього	22,5	47,5	63	86,3	60	60	59,5	59,5	59,5

Перша збагачувальна фабрика матиме продуктивність по вугіллю орієнтовно 16 млн. т на рік з подальшим розширенням до 28 млн. т на рік. Передбачається збагачення на фабриці вугілля пласта № 3 з розрізів № 1, 2, 3, 4 та 5. Дослідженнями Інституту горючих копалин встановлено, що в продуктах розділення екібастузського вугілля вміст окису алюмінію закономірно підвищується від легких до важких фракцій. Відповідно породу збагачення вугілля можна розглядати в якості перспективної сировини для виробництва глинозему.

На Ленінградському дослідному заводі ВАМІ досліджена представницька проба золи (в кількості 20 г), що була отримана на Красногорівській ТЕЦ при спалюванні екібастузського вугілля і уловленої при очищенні димових газів. Склад золи (%): SiO_2 – 60; Al_2O_3 – 28; Fe_2O_3 – 4; CaO – 3. Значний інтерес являють із себе результати дослідів на суміші золи, вапняку, відновлювача та казахстанських алітів, що мають склад (%): SiO_2 – 15,8; Al_2O_3 – 39,5; Fe_2O_3 – 21,7; CaO – 1. У процесі випробувань були прийняті стандартні витратні коефіцієнти для двокомпонентної шихти. Шихту спікали у шістнадцятиметровій обертовій печі. Саморозсипність снеку перебувала на рівні 85 – 95%, а витяг глинозему в розчин при вилуговуванні – близько 80%. Досліди на тій же печі з породою збагачення, за складом дуже близьким до складу внутрішніх порід розкриття пласта № 3 вуглерозрізів № 1, 2 та 3 – SiO_2 – 60,3%; Al_2O_3 – 31,6%; Fe_2O_3 – 5,56%; CaO – 2,4% – супрово-

джувалися отриманням близько 90 % саморозсипних снєків і витяганням глинозему в розчин близько 89 %

Встановлено, що найбільш високий вміст окису алюмінію, характерний для мінеральної частини вугілля пласта № 3, значно підвищується на ділянці вуглерозрізів № 5 та 6. В цілому по вуглерозрізам він становить (% на золу): вуглерозрізу № 1 – 30,3; № 2 – 30,6; № 3 – 30,2; № 5 та 6 – 38,0. На розкритих ділянках вуглерозрізів № 5 і 6 сумарні потужності вугільних і породних пачок як і пласта № 3 дуже близькі один до одного. Це дозволяє вважати, що кількість вугілля і супутніх порід, які можуть бути видобуті попутно при відпрацюванні пласта № 3, будуть сумарні. Кількість окису алюмінію в породі при зольності порід близько 60% складе відповідно 3 і 5 млн. т з вмістом Al_2O_3 в золі порід близько 38%.

Відходи збагачення або внутрішні породи розкриву пласта № 3 екібастузського вугілля у зв'язку із проведеними дослідженнями слід розглядати як найбільше в країнах СНД родовище глиноземмісткої сировини, що знаходиться на денній поверхні. На його основі існує можливість утворення великого виробництва глинозему з використанням його органічної частини як паливної складової. При отриманні глинозему за способом спікання двокомпонентної шихти вихід шлаку складе 7 – 8 г на 1 т глинозему. На шлаку як відході глиноземного виробництва доцільно будівництво цементного заводу із випуском продукції марки «600 – 700».

Техніко-економічні розрахунки, проведені спільно із Радою з вивчення продуктивних сил при Держплані СРСР, показують, що при виробництві глинозему з мінеральної частини вугілля або супутніх порід Екібастузського родовища питомі розрахункові витрати на отримання 1 т глинозему будуть на 10 – 30% нижче, ніж при виробництві глинозему з каоліну, аргілітів і деяких нефелінових руд.

При цьому, можливість виробництва глинозему з мінеральної частини вугілля не обмежується Екібастузським родовищем. За даним напрямком доцільним є використання вугілля певних родовищ, таких як Підмосковного, Минусинського, Кансько-Ачинського та інших басейнів.

Вирішення питань використання відвальних порід і твердих зольних вогнищевих залишків мають багато спільних рис. У той же час між ними існують і відмінності. Останні зумовлені як різною їх дисперсністю, так і наявністю в деякій частині відвальних порід більше 10 – 15% органічної маси, яка іноді супроводжується значною кількістю сірчаного колчедану. Тому доцільно розглянути питання утилізації відвальних порід і зольних вогнищевих залишків.

Відвальні породи. В СРСР видача відвальних порід з вугільних шахт і вуглезбагачувальних фабрик у свій час складала 140 – 150 млн. т/рік. В 1970 р. передбачалося збільшення видачі цих порід до 170 млн. т. До 1964 у відвалах перебувало вже близько 2,4 млрд т породи.

Слід відмітити, що без урахування вугільної речовини відвальні породи головним чином являють із себе суміш аргілітів, алевролітів, пісковиків, вапняків та сірчаного колчедану. Співвідношення між ними різні в різних родовищах. Деякі відходи збагачення, наприклад флотохвости, характеризуються підвищеною вологістю і досить високою дисперсністю, що ускладнює і підвищує вартість їх утилізації.

Відвальні породи багатьох шахт і вуглезбагачувальних фабрик можуть бути використані в якості сировини при виробництві будівельних матеріалів і промислових виробів, а перегорілі породи безпосередньо як будівельний матеріал. При цьому, доцільно застосування породи або флотохвостів як глиноземні добавки в сировинну суміш для виробництва цементу. У цьому випадку в процесі випалу утилізується одночасно мінеральна і паливна складові частини породи.

Породи донецького вугілля також можуть бути застосовані в якості спеціальної добавки (30 – 35%) до шихти при виробництві червоної цегли. Економічно вигідна відстань до місця переробки породи таким методом становить усього 20 – 25 км. Однак, навіть при такій низькій вартості транспортування тільки на територіях Луганської, Ростовської та Донецької областей щорічна потреба цегельного виробництва може скласти близько 1 млн. т породи.

У цьому напрямку планується будівництво заводу на Кашпирському руднику з виробництва аглопориту обсягом 200 – 300 тис. м³ / рік з використанням гли-

нистих породних прошарків сланцю. В результаті лабораторних і напівзаводських випробувань встановлено, що з флотохвостів Донбасу можна виробляти такі теплоізоляційні матеріали, як газобетон. Однак, за розробленою технологією на виробництво газобетону витрачається занадто багато цементу (на 1 м^3 розчину за $0,25 \text{ т}$ флотохвостів і цементу марки «400»), що робить процес малоекономічним.

Вогнищеві залишки. Натепер переважну частину видобутого вугілля спалюють в пиловугільних топках із коефіцієнтом шлаковловлювання не вище 15 – 20%. Тому основна маса зольної частини палива переходить в так звану летючу золу, яка виноситься з топкового простору димовими газами і уловлюваних із санітарно-гігієнічних міркувань у спеціальних пристроях (батарейні циклони, скрубери, електрофільтри тощо). При відсутності споживачів вловлена зола зазвичай транспортується водою у відвал. Летючі золи характеризуються високою дисперсністю (фракція 0 – 20 мк становить від 40 до 70%), різноманітним хімічним складом, який визначається наявністю мінеральної частини в спалюваному паливі.

При виробництві портланд-цементу золу можна використовувати, змішуючи з готовим цементом, розмелюючи з цементним клінкером і додаючи як компонент в сировинну суміш. У Франції, крім того, золу вводять в сировинну суміш. У Радянському Союзі також були проведені дослідні роботи, включаючи стадію промислової перевірки, з використання летючого попелу для приготування сировинної цементної суміші до випалу.

У звичайній суміші бетону летюча зола може замінювати 20 % цементу і 10 % піску. При спорудженні гребель летюча зола на 35 % може замінювати цемент у внутрішній масі бетону і на 25 % – у зовнішній. При використанні золи не тільки досягається скорочення витрат за рахунок економії цементу, а й поліпшується якість виробів з бетону. Бетон з добавкою золи характеризується високою міцністю на вигин. Крім того, при заміні піску на золу в бетон можна вводити крупний наповнювач, що також підвищує міцність готового бетону. В масивних бетонах можуть застосовуватися летючі золи з мінімальним сумарним вмістом $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, рівним 75%, а також при максимальному вмісті (%): MgO – 5, SO_3 – 4,0, лугів – 2, вологи – 3, непалу – 6 і залишком на ситі 325 меш – 15.

Летючі золи можуть замінювати на 40 % цемент в сумішах, які направляються для цементування свердловин в нафтовій промисловості, в цьому відношенні вони є кращими ніж інші пуцолани. З досвіду США (компанія «Халлібертон»), з цією метою можуть застосовуватися летючі золи з вмістом вуглецю не більше 5 %, залишком на ситі 200 меш – 3 – 11%; питомою вагою 2,0 – 2,55 г / см³ і різноманітним хімічним складом (%): SiO₂ = 40 – 52; Al₂O₃ = 14 – 25; Fe₂O₃ = 10 – 25; CaO = 2 – 13; MgO 0,7 – 1,4; SO₃ 0,6 – 2. Суміші із золою більш економічні, мають кращі експлуатаційні якості (менша питома вага, велика корозійна стійкість, низька теплота гідратації й проникність, поліпшені реологічні властивості) і є доцільним матеріалом для спорудження глибинних свердловин.

Летючі золи доцільно використовувати також для виробництва червоної цегли, що призводить до одночасної утилізації частинок незгорілого палива (недопалу), скорочуючи витрату палива на випал. Одночасно прискорюються процеси сушіння цегли, зменшується брак, знижується об'ємна вага цегли з 1800 – 1900 до 1500 – 1600 кг/м³. Проведені розрахунки показують, що в СРСР на цегляне виробництво слід було направляти щорічно близько 5 – 6 млн. т золи із випуском 5 – 6 млрд. од. цегли.

Основна кількість летючого попелу, що використовувався в СРСР, застосовувався у виробництві шлакоблоків, для виготовлення стінових панелей; засипки горищних і міжповерхових покриттів; наміву дренажних огорожень золівдвалів дорожнього будівництва. Наявний закордонний досвід (США, Франція та інші країни) виявляє перспективність використання летючого попелу в дорожньому будівництві у якості підстилаючого шару під асфальтове покриття, при будівництві бетонних мостів і мостових.

На даний час щорічно близько 150 тис. т шлаку застосовується для виготовлення шлакоблоків, засипки горищних і міжповерхових покриттів, влаштування монолітних стін житлових будинків та шкіл, теплоізоляційної засипки для підлог і покриттів виробничих сільськогосподарських будівель, як заповнювач для виробництва стінових матеріалів, для утеплення теплових і водопровідних магістралей. Так, у підмосковному басейні на Кимовській Центральній збагачувальній фабриці

(ЦЗФ) отримують кондиційний вуглистый колчедан для виробництва сірчаної кислоти.

Великий економічний ефект може дати запропоноване Науково дослідним і проектним інститутом по збагаченню і агломеризації руд чорних металів і Інститутом горючих копалин використання вуглистого колчедану для отримання сірчастого газу при переробці марганцевих руд. При цьому відпадають обмеження по утриманню вуглецю у колчедані, пов'язані з його переробкою на сірчану кислоту. Потенційна потреба марганцевої промисловості у вуглистому колчедані перевищує 1 млн. т/рік. Вуглистый колчедан також може служити сировиною для виробництва елементарної сірки і залізного концентрату.

Розроблений Інститутом горючих копалин і Уральським науково дослідним хімічним інститутом процес протікає при $950 - 700^{\circ}$ і складається з трьох стадій. Кожна зі стадій здійснюється в одній реакційній зоні або одному з апаратів. У першій зоні, куди подаються вихідний вуглистый колчедан і отримані в другій зоні гази (CO , CO_2 , SO_2 , H_2S , H_2 , N_2), відбувається пірогенетичне розкладання органічної частини вугілля, термічна дисоціація колчедану, взаємодія твердих продуктів з газовою фазою і відновлення SO_2 до S_2 . В результаті складних і різноманітних фізичних, хімічних і фізико-хімічних процесів виходять газоподібна сірка і твердий залишок. Газоподібні продукти (S , H_2S , CO_2 , N_2) в невеликій кількості CO_2 , CO , H_2 направляються в третю зону, а твердий залишок – в другу. У другій зоні при температурі від 900° до 950° відбувається паро-повітряна газифікація твердого залишку з першої і третьої зон, після яких недогарок спрямовується на магнітне збагачення для виділення концентрату заліза і, частково, на циркуляцію в третю зону для очищення газу від H_2S . Процес очищення заснований на реакції утворення FeS . Гази, звільнені від H_2S , надходять в циклон, охолоджуються в холодильнику до 150° і конденсуються. Вихід елементарної сірки становить близько 88 % від вихідного вмісту в її з'єднаннях.

3. ОЦІНКА ВАРІАНТІВ БУДІВНИЦТВА НОВО-ДМИТРІВСЬКОГО КАР'ЄРУ

3.1 Методика розрахунку параметрів капітальної траншеї при розкритті горизонтів буровугільного родовища з урахуванням рельєфу місцевості

Розкриття родовища займає ключову роль в підготовці корисних копалин до виїмки незалежно від форми і глибини його залягання. В умовах відкритих гірничих робіт розтин верхніх робочих горизонтів виконують капітальними траншеями, нижніх, крім того – шахтними стовбурами і штольнями. Встановлення раціональних параметрів розкривних виробок зумовлює успішну роботу як гірничо-транспортного комплексу, так і гірничого підприємства в цілому. При цьому одним з найважливіших чинників вибору розташування і розрахунку параметрів відкритих розкривних виробок є рельєф місцевості. На параметри проведення та розташування штолень і шахтних стволів він істотного впливу не робить. У той же час капітальні траншеї, а також розрізні котловани і траншеї споруджують, як правило, на ділянках поверхні з меншою потужністю порід розкриву.

При цьому основними параметрами капітальної траншеї є кут укосу її бортів (α , град), ширина підосви (b , м), поздовжній ухил (i , ‰), глибина закладення (H_K , м), довжина в плані (L_K , м) і будівельний об'єм (V_K , м³). Кут укосу бортів (α , град.) траншеї встановлюється з урахуванням фізико-технічних властивостей викриті порід і ступеня їх обводнення. Величина кута укосу бортів капітальної траншеї повинна не перевищувати величину кута природного укосу порід розкриву в цілику. Ширина підосви (b , м) і поздовжній ухил (i , ‰) капітальної траншеї залежать, перш за все, від параметрів гірничо-транспортного устаткування. Глибина закладення капітальної траншеї (H_K , м) дорівнює різниці позначок її гирла і підосви робочого горизонту, що розкривається. Довжина в плані (L_K , м) і будівельний об'єм капітальної траншеї (V_K , м) залежать від глибини її закладення (H_K , м) і визначаються за формулами [43]:

$$L_K = \frac{1000H_K K_{p.m.}}{i}, \quad (3.1)$$

де: $K_{p.m.}$ – коефіцієнт розвитку траси;

$$V_K = \frac{H_K^2}{i} \left(\frac{b}{2} + \frac{H_K}{3tg\alpha} \right). \quad (3.2)$$

У той же час різниця позначок гирла траншеї і підшви розкриваємого горизонту, як правило, не дорівнює потужності порід на ділянці розтину внаслідок ухилу поверхні землі. Тому за формулами 3.1 і 3.2 розраховують довжину капітальної траншеї та її обсяг без урахування поздовжнього (γ , град) і поперечного (β , град) ухилів поверхні землі.

Обсяг капітальної траншеї, що споруджується в складних гірничо-геологічних умовах, визначається за методом вертикальних паралельних перетинів [44]. Метод полягає в побудові поперечних паралельних перетинів траншеї на певній відстані один від одного. Потім середні значення площ сусідніх перерізів множать на відстані між ними, а отримані обсяги підсумовують. Точність підрахунку обсягу траншеї таким методом обернено пропорційна відстані між перетинами. При цьому вимірювання об'єму проводиться по вже відбудованій в плані виробці. Таким чином, при розгляді декількох варіантів розтину слід всі їх відбудувати в плані і заміряти їх обсяг, що пов'язано з додатковими витратами часу на проектування.

Найбільш точним методом розрахунку обсягу траншеї є побудова її моделі в тривимірній системі автоматизованого проектування, наприклад, AutoCad, Компас, SolidWorks та ін. Після чого засобами системи проводиться вимір обсягу моделі. Незважаючи на високу точність розрахунку обсягу траншеї, такий метод пов'язаний зі значними витратами часу, а також може призвести до наявності помилок при побудові складних моделей, що негативно позначається на точності розрахунку.

В якості альтернативи відомим графо-аналітичним методам розрахунку довжини капітальної траншеї в плані та її обсягу пропонується проводити їх за формулами, отриманими розрахунково-аналітичним методом. Так, на рисунку 3.1 представлені поздовжній (а) і поперечний (б) розрізи при проведенні по дну гори-

зонту капітальної траншеї простої форми. Суцільною жирною лінією показано рівень земної поверхні під поздовжнім (γ) і поперечним ухилом (β) щодо розташування капітальної траншеї. Штриховою лінією показано ідеальне положення земної поверхні, при якому дотримуються умови $\gamma = 0^\circ$, $\beta = 0^\circ$. Дотримання цих умов дає можливість розрахувати довжину в плані і обсяг капітальної траншеї за формулами 3.1 і 3.2.

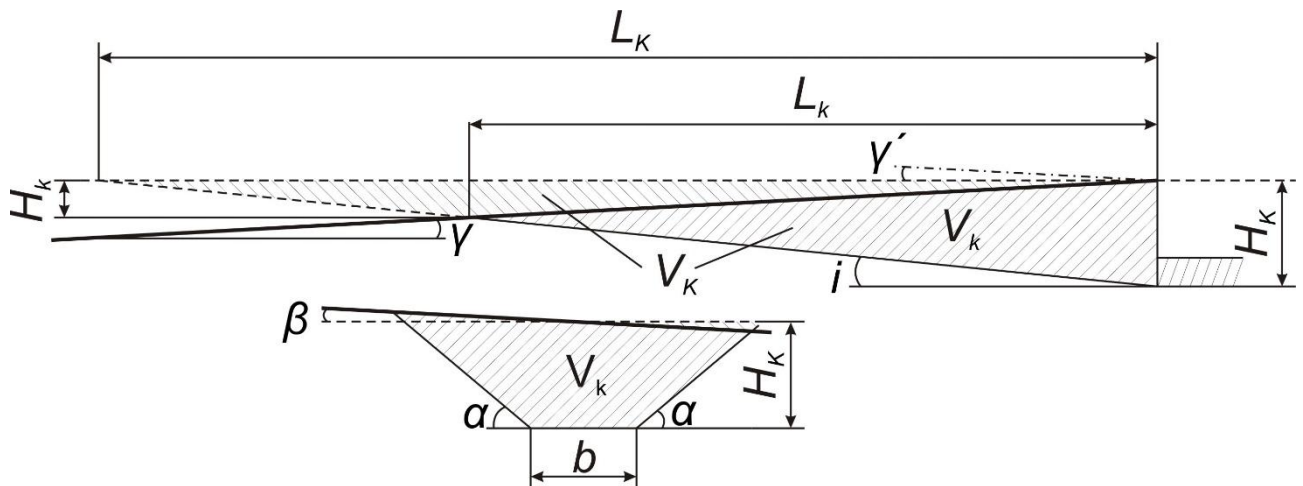


Рисунок 3.1 – Схема до визначення параметрів зовнішньої капітальної траншеї

Формула для визначення довжини капітальної траншеї в плані L_k , м з урахуванням поздовжнього ухилу земної поверхні представлена у вигляді:

$$L_k = \frac{H_k}{\operatorname{tg} \gamma}, \quad (3.3)$$

де: H_k – різниця позначок ідеальної поверхні землі та гирла капітальної траншеї, м;
 γ – поздовжній кут нахилу земної поверхні, град.

$$H_k = (L_K - L_k) \operatorname{tgi}, \quad (3.4)$$

де: L_K – довжина капітальної траншеї в плані при $\gamma = 0^\circ$, град.

Підставивши вираз 3.4 в формулу 3.3 отримаємо:

$$L_k = \frac{(L_K - L_k) \operatorname{tgi}}{\operatorname{tg} \gamma} = \frac{L_K \operatorname{tgi}}{\operatorname{tg} \gamma} - \frac{L_k \operatorname{tgi}}{\operatorname{tg} \gamma} = \frac{\frac{H_k}{L_K - L_k} \operatorname{tgi}}{\operatorname{tg} \gamma} - \frac{L_k \operatorname{tgi}}{\operatorname{tg} \gamma} = \frac{H_k}{\operatorname{tg} \gamma} - \frac{L_k \operatorname{tgi}}{\operatorname{tg} \gamma};$$

$$L_k \operatorname{tg} \gamma = H_k - L_k \operatorname{tgi}; \quad H_k = L_k \operatorname{tg} \gamma + L_k \operatorname{tgi} = L_k (\operatorname{tg} \gamma + \operatorname{tgi});$$

$$L_k = \frac{H_K}{\operatorname{tg} \gamma + \operatorname{tgi}}. \quad (3.5)$$

Обсяг капітальної траншеї визначається як сума обсягів трьох фігур: однієї трикутної призми і трикутних двох пірамід:

$$V_k = V_1 + V_2 + V_3, \quad (3.6)$$

$$V_1 = \frac{H_K^2 b}{2(\operatorname{tg} \gamma + \operatorname{tgi})}; \quad V_2 = \frac{H_K \left(H_K + \frac{b}{2} \operatorname{tg} \beta \right)^2}{6 \operatorname{tg} \alpha (\operatorname{tg} \gamma + \operatorname{tgi})}; \quad V_3 = \frac{H_K \left(H_K - \frac{b}{2} \operatorname{tg} \beta \right)^2}{6 \operatorname{tg} \alpha (\operatorname{tg} \gamma + \operatorname{tgi})}, \quad (3.7)$$

Підставивши вирази 3.7, в формулу 3.6 отримаємо:

$$\begin{aligned} V_k &= \frac{H_K^2 b}{2(\operatorname{tg} \gamma + \operatorname{tgi})} + \frac{H_K \left(H_K + \frac{b}{2} \operatorname{tg} \beta \right)^2}{6 \operatorname{tg} \alpha (\operatorname{tg} \gamma + \operatorname{tgi})} + \frac{H_K \left(H_K - \frac{b}{2} \operatorname{tg} \beta \right)^2}{6 \operatorname{tg} \alpha (\operatorname{tg} \gamma + \operatorname{tgi})} = \\ &= \frac{H_K^2 b}{2(\operatorname{tg} \gamma + \operatorname{tgi})} + \frac{H_K^3 + H_K^2 b \operatorname{tg} \beta + H_K \frac{b^2}{4} \operatorname{tg}^2 \beta + H_K^3 - H_K^2 b \operatorname{tg} \beta + H_K \frac{b^2}{4} \operatorname{tg}^2 \beta}{6 \operatorname{tg} \alpha (\operatorname{tg} \gamma + \operatorname{tgi})} = \\ &= \frac{H_K^2 b}{2(\operatorname{tg} \gamma + \operatorname{tgi})} + \frac{2H_K^3 + 2H_K \frac{b^2}{4} \operatorname{tg}^2 \beta}{6 \operatorname{tg} \alpha (\operatorname{tg} \gamma + \operatorname{tgi})} = \frac{H_K}{\operatorname{tg} \gamma + \operatorname{tgi}} \left(\frac{H_K b}{2} + \frac{H_K^2 + \frac{b^2}{4} \operatorname{tg}^2 \beta}{3 \operatorname{tg} \alpha} \right) = \\ &= \frac{H_K^2}{\operatorname{tg} \gamma + \operatorname{tgi}} \left(\frac{b}{2} + \frac{H_K}{3 \operatorname{tg} \alpha} + \frac{\frac{b^2}{4} \operatorname{tg}^2 \beta}{3 H_K^2 \operatorname{tg} \alpha} \right) = \frac{H_K^2}{\operatorname{tg} \gamma + \operatorname{tgi}} \left(\frac{b}{2} + \frac{H_K}{3 \operatorname{tg} \alpha} + \frac{b^2 \operatorname{tg}^2 \beta}{12 H_K^2 \operatorname{tg} \alpha} \right) \\ &V_k = \frac{H_K^2}{\operatorname{tg} \gamma + \operatorname{tgi}} \left(\frac{b}{2} + \frac{H_K}{3 \operatorname{tg} \alpha} + \frac{b^2 \operatorname{tg}^2 \beta}{12 H_K^2 \operatorname{tg} \alpha} \right). \quad (3.8) \end{aligned}$$

У формулу 3.5 значення поздовжнього кута нахилу поверхні землі γ при переміщенні проти руху годинникової стрілки від рівня горизонту підставляється з позитивним знаком, за годинниковим напрямом – з мінусовим. При цьому його значення (γ') повинно бути менше, ніж значення кута поздовжнього нахилу капітальної траншеї (i):

$$\gamma' < i. \quad (3.9)$$

З рис. 3.1 випливає, що при $\gamma \geq 90^\circ$ $L_k = 0$ м, $V_k = 0$. Показник β на обчислення довжини капітальної траншеї в плані не впливає, а для обчислення обсягу капітальної траншеї по формулі 3.8 крім умови 3.9, слід дотримуватися таких умов:

$$\beta \leq \operatorname{arctg} \frac{2H_k}{b}; \beta < \alpha. \quad (3.10)$$

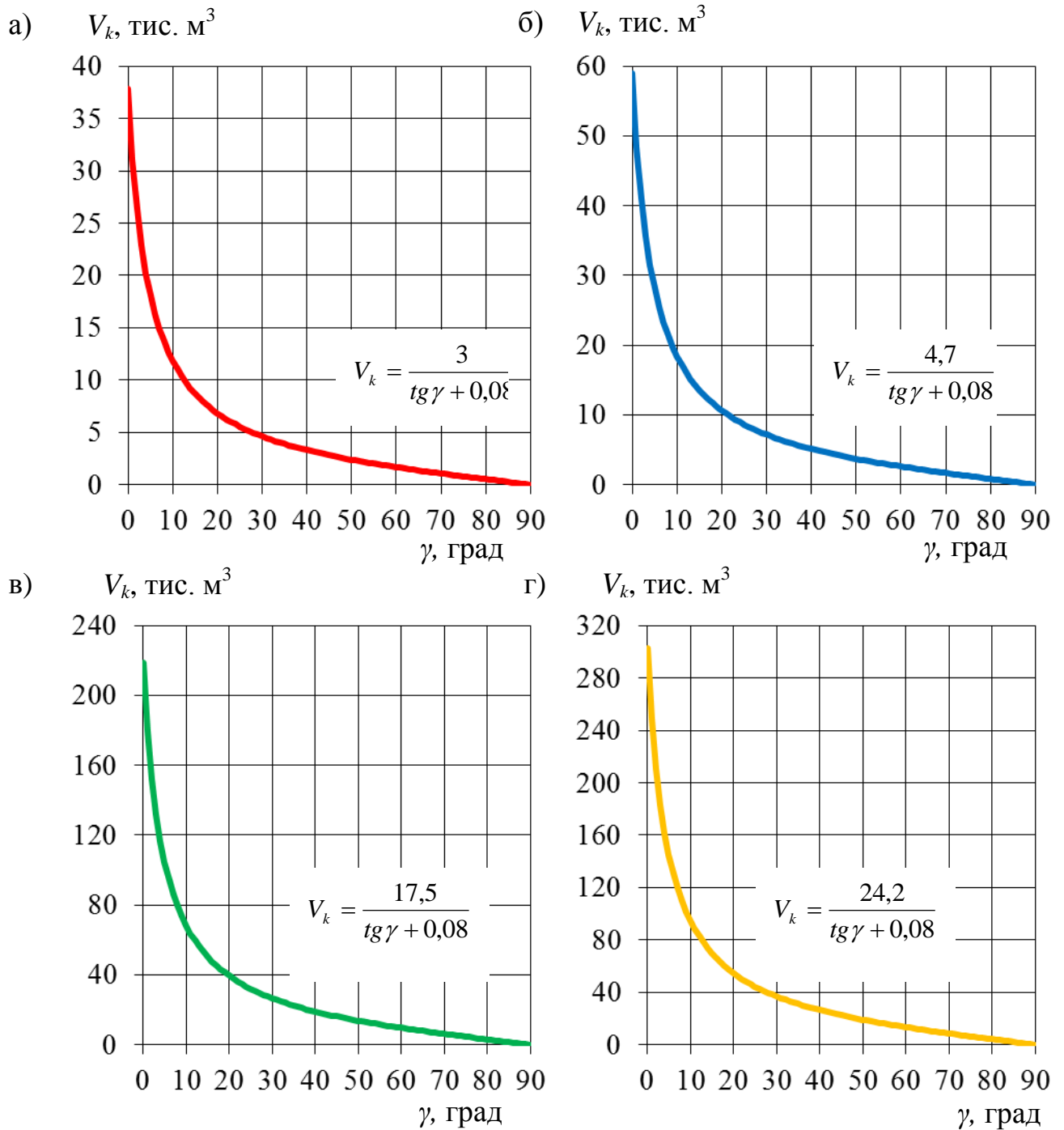


Рисунок 3.2 – Графіки залежності обсягу капітальної траншеї (V_k , тыс. м³) від позовжнього кута нахилу поверхні землі (γ , град) при а) $H_k = 15$ м, $b = 15$ м, б) $H_k = 15$ м, $b = 30$ м; в) $H_k = 30$ м, $b = 15$ м; г) $H_k = 30$ м; $b = 30$ м

Для встановлення впливу позовжнього і поперечного нахилів поверхні на обсяг капітальної траншеї слід врахувати постійні величини у вигляді $\alpha = 40^\circ$, $\operatorname{tgi} = 0,08$ [45], $H_k = 15 - 30$ м, $b = 15 - 30$ м [46, 47].

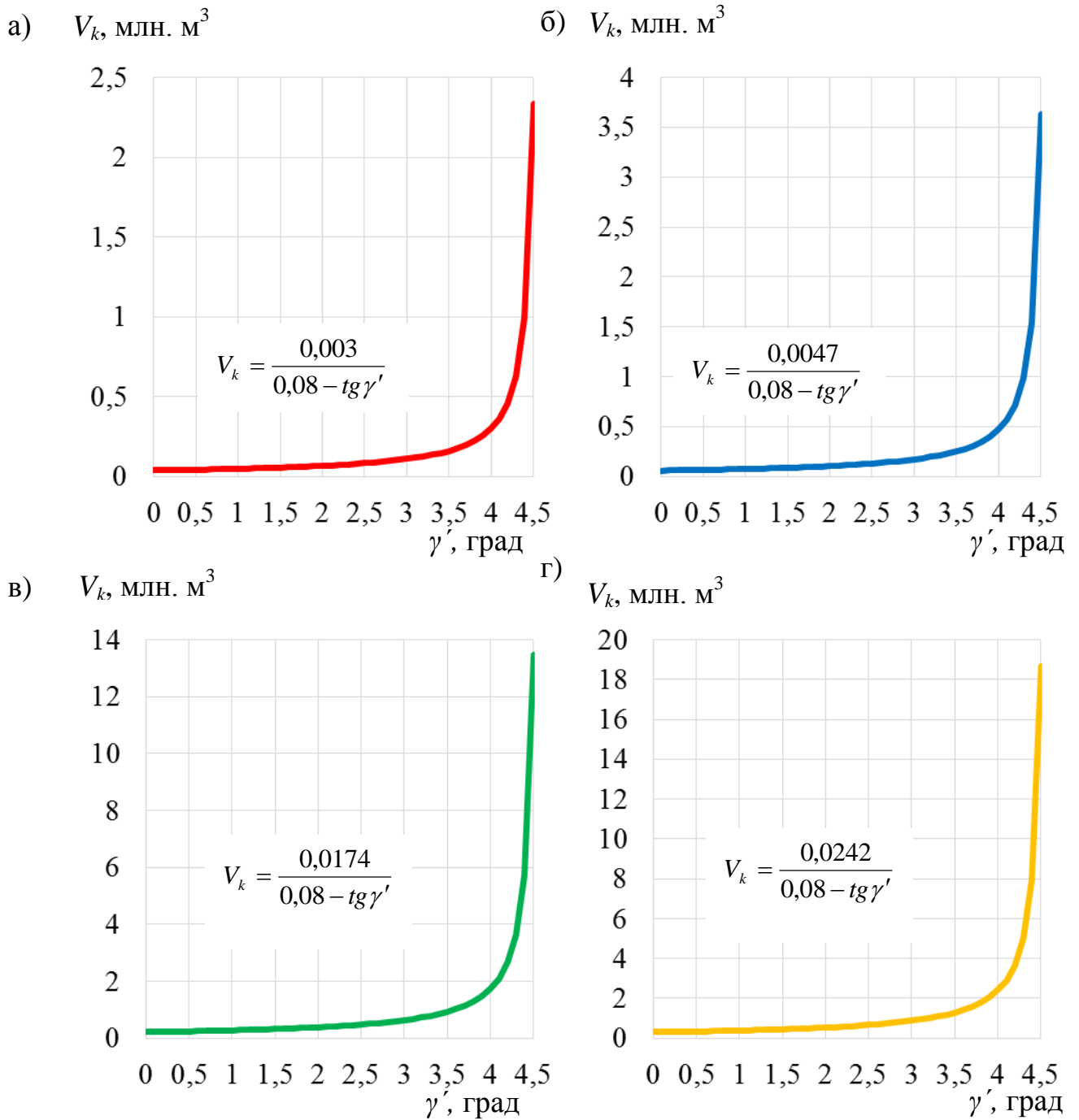


Рисунок 3.3 – Графіки залежності обсягу капітальної траншеї (V_k , МЛН. М³) від поздовжнього кута нахилу поверхні землі (γ' , град) при а) $H_k = 15$ м, $b = 15$ м, б) $H_k = 15$ м, $b = 30$ м; в) $H_k = 30$ м, $b = 15$ м; г) $H_k = 30$ м, $b = 30$ м

Графік функції $V_k = f(\gamma, \gamma')$ на рис. 3.2, 3.3 є тангенсоїдою, яка спостерігається тільки в першому і другому координатних кутах, оскільки величина обсягу не може бути менше нуля. При цьому її значення обчислюється в межах $-i \leq \gamma \leq 90^\circ$. Для наочності графік функції розділений на дві частини: з першого координатно-

го кута (див. рис. 3.2) і з другого (рис. 3.3). При цьому значення кутів на рис. 3.3 прийняті у вигляді $-\gamma = \gamma'$.

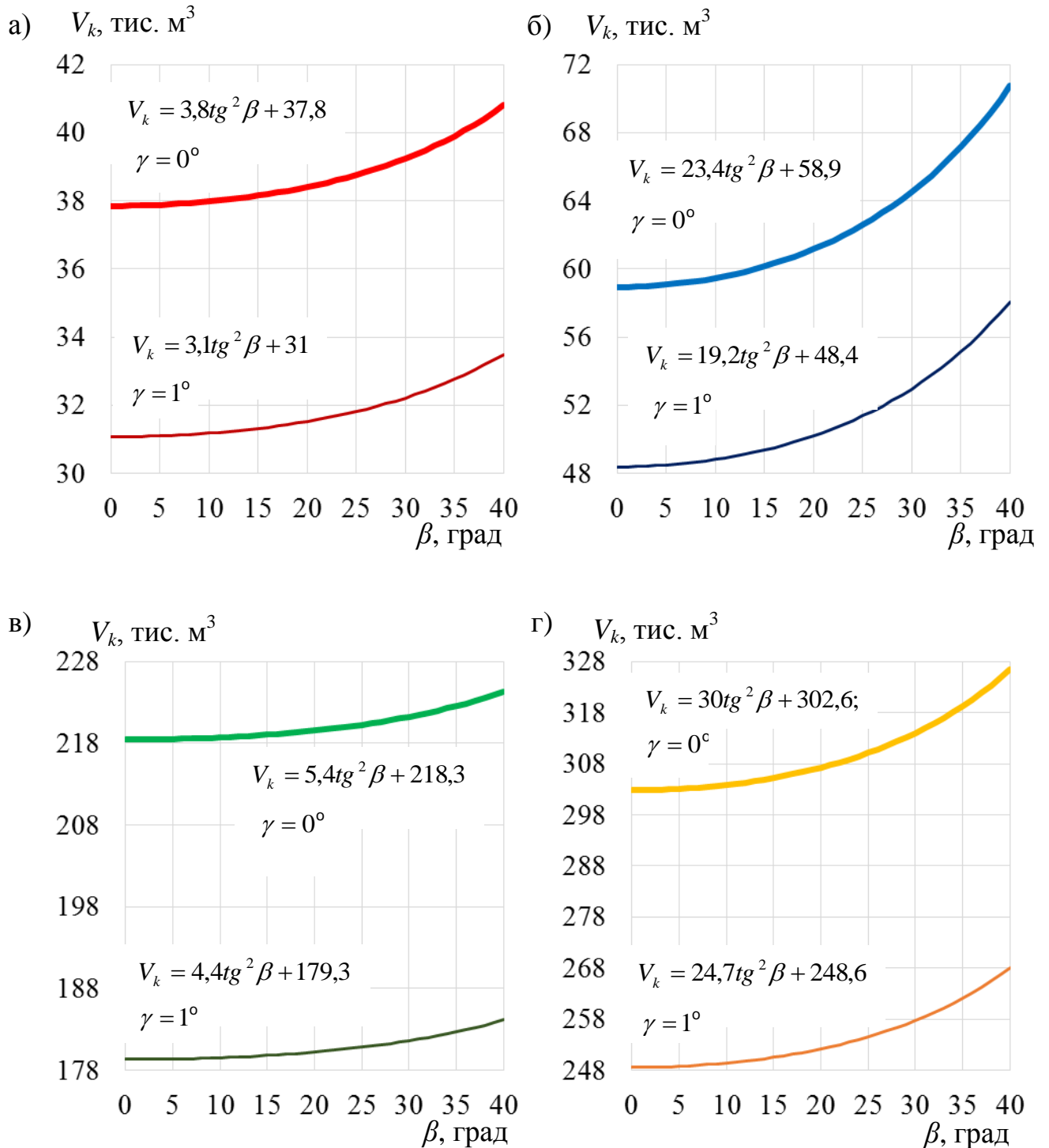


Рисунок 3.4 – Графіки залежності обсягу капітальної траншеї (V_k , тыс. м³) від поперечного кута нахилу поверхні землі (β , град) при а) $H_k = 15$ м, $b = 15$ м, б) $H_k = 15$ м, $b = 30$ м; в) $H_k = 30$ м, $b = 15$ м; г) $H_k = 30$ м; $b = 30$ м

На рис. 3.4 представлені графіки залежності зміни обсягу капітальної траншеї від поздовжнього кута нахилу поверхні землі. Графік функції $V_k = f(\beta)$ являє собою параболу, яка представлена в першому і другому координатних кутах, оскільки величина їх обсягу не може бути менше нуля. При цьому її значення обчислюється в межах $-\alpha < \beta < \alpha$. Частина графіка у другому координатному куті до розгляду не приймається, оскільки зміна знаку значення β впливає тільки на нахил поперечного нахилу, а на значення обсягу не впливає.

З графіків, представлених на рис. 3.2 випливає, що функція $V_k = f(\gamma)$ убуває найбільш інтенсивно при $\gamma = 0 - 10^\circ$. При цьому обсяг капітальної траншеї при поздовжньому ухилі 5° в два рази менше, ніж при ідеально горизонтальній поверхні землі, а при 10° – в три рази менше.

З графіків, представлених на рисунку 3.3 випливає, що функція $V_k = f(\gamma')$ зростає найбільш інтенсивно при $\gamma' = 4 - 4,5^\circ$. При цьому обсяг капітальної траншеї при поздовжньому ухилі 2° в два рази більше, ніж при ідеально горизонтальній поверхні землі, при 3° – в три, 4° – в вісім, а $4,5^\circ$ – в 62 рази більше. Таким чином, незначна зміна поздовжнього кута нахилу поверхні землі в значній мірі впливає на значення величини обсягу капітальної траншеї.

З графіків на рис. 3.4 випливає, що функція $V_k = f(\beta)$ є зростаючою. При цьому обсяг капітальної траншеї при поперечному нахилі $\sim 40^\circ$ на 3 – 20 % більше, ніж при горизонтальній поверхні землі. У той же час при поздовжньому нахилі 1° обсяг капітальної траншеї знижується на 18 % відносно $\gamma = 0^\circ$. Таким чином, незначна зміна значення поздовжнього нахилу поверхні землі в значній мірі впливає на значення величини будівельного обсягу капітальної траншеї [48]. У той же час зміна поперечного кута нахилу значно впливає лише в місцевості зі значним нахилом земної поверхні. Оскільки більшу частину території України і світу займають рівнини з нахилом до 5° , то в більшості випадків обсяг капітальної траншеї слід обчислювати за формулою:

$$V_k = \frac{H_K^2}{tg \gamma + tgi} \left(\frac{b}{2} + \frac{H_K}{3tg \alpha} \right). \quad (3.11)$$

Встановлено, що на довжину капітальної траншеї в плані і її обсяг в значній мірі впливає поздовжній кут нахилу поверхні землі. Поперечний ухил земної поверхні на довжину капітальної траншеї в плані впливу не робить, а на її обсяг впливає незначно. Внаслідок цього в умовах рівнинної місцевості показником поперечного ухилу поверхні землі можна знехтувати.

Спорудження капітальної траншеї в умовах, коли відмітка її гирла знаходиться вище позначки рівня горизонту не рекомендується, оскільки це пов'язано зі значними витратами на виїмку будівельного обсягу гірських порід. В цьому випадку слід переглянути розташування капітальної траншеї таким чином, щоб позначка її гирла була нижче відмітив рівня горизонту.

3.2 Дослідження схем внутрішньокар'єрного транспортування корисної копалини при розробці буровугільних родовищ

На території Дніпропетровської і Запорізької областей України розташований Нікопольський марганцеворудний басейн. В його межах виділяють два райони – Нікопольський (Дніпропетровська обл.) і Великотокмацький (Запорізька обл.). Найбільш активно гірничі роботи ведуться в межах Нікопольського району. Його західну частину експлуатує ПАТ «Орджонікідзевський гірничозбагачувальний комбінат», а східну - ПАТ «Марганецький гірничозбагачувальний комбінат». Розробка ведеться переважно відкритим способом. Відкриті гірничі роботи пов'язані зі значними порушеннями орних земель [43]. Так, одним кар'єром порушується площа 600 - 1800 га, яка після завершення експлуатації родовища підлягає рекультивації. При цьому сільському господарству буде повернуто не більше 80 – 85% від загальної площі гірничого відводу. Решту в 15 – 20% займають капітальна і виїзна траншеї, при чому на капітальну доводиться до 80% цієї площі. Альтернативою проведення капітальної траншеї може стати видача корисної копалини на поверхню крутопохилим конвеєром на рухомих опорах. Однак таке рішення вимагає техніко-економічного порівняння існуючих схем транспортування гірничої маси перспективних із застосуванням

пересувного крутопохилого конвеєра. У зв'язку з цим **метою дослідження** є обґрунтування параметрів і умов застосування пересувних крутонахилених конвеєрів для умов розробки родовищ пологого залягання. Дослідження проводилося шляхом техніко-економічного порівняння ряду технологічних гірничотранспортні схем для різної виробничої потужності кар'єру.

Технологічні гірничотранспортні схеми були розглянуті для умов розробки родовищ марганцю у Нікопольському басейні відкритим способом. Тут рудний пласт представлений марганцевими конкреційними включеннями в товщі піску і глини, середня потужність якої становить 1,9 м. Середня потужність порід розкриву на кар'єрі становить 55,7 м. Їх відпрацювання ведеться по комбінованій системі розробки трьома уступами з паралельним посуванням фронту гірничих робіт на північ і формуванням у виробленому просторі внутрішнього відвалу зі спорудженням розкривної гірничої виробки, в яку заводиться залізничний транспорт, що доставляє руду на збагачувальну фабрику на відстань до 20 км. При цьому відстань транспортування руди автосамоскидами в кар'єрі становить 3 км.

Типова гірничотранспортна система розробки родовищ пологого залягання передбачає виконання добувних робіт одноківшевіми екскаваторами з навантаженням в автосамоскиди, якими по системі капітальних траншей корисна копалина доставляється на поверхню. Нижній розкривний уступ, складений, як правило, вапняками, розробляють драглайнами з розміщенням порід розкриву у внутрішній відвал. Вищерозташований уступ, складений глинами, відпрацьовують роторним екскаватором в комплексі з відвальним мостом або консольним відвалоутворювачем з розміщенням порід розкриву у внутрішньому відвалі. Передовий уступ, складений, як правило, пісками і суглинками, розробляють екскаватором безперервної дії в комплексі з магістральним конвеєром і транспортують зі складуванням породи також у внутрішньому відвалі. Зняття родючого шару з земної поверхні ведеться колісними скреперами з укладанням його на поверхні внутрішнього відвалу після попередньої його планування. Така система розробки дозволяє знизити інтенсивність порушення природної структури гірського масиву [43].

У той же час необхідність в транспортному зв'язку поверхні і вибою в кар'єрі створює потребу в проведенні системи капітальних траншей, площа яких при повному відпрацюванні кар'єрного поля досягає 200 – 250 га. У зв'язку з цим, пропонується розкриття пологих родовищ виконувати системою внутрішніх тимчасових капітальних траншей в межах кар'єрного поля, після чого проводити розрізну траншею зі складуванням порід розкриву в межах гірничого відводу [49]. Далі розробку родовища вести з відсипанням внутрішнього відвалу по всій ширині кар'єрного поля. Для доступу до обладнання на розкривних уступах в торцях кар'єру слід споруджувати тимчасові напівтраншеї шириною 5 – 6 м. Транспортний зв'язок поверхні з вибоєм забезпечувати шляхом спорудження в торці кар'єра нахиленого або крутонахиленого конвеєра на рухомих опорах. Така система розробки дозволить підвищити ефективність рекультиваційних робіт, а також не тільки зберегти природну структуру гірського масиву, але і відновити його природне залягання і протягом підземних водоносних горизонтів.

Для цілей техніко-економічного порівняння технологічних схем виділені три основні варіанти транспортування корисної копалини на поверхню (рис. 3.5, 3.6, 3.7). При розрахунку їх економічної ефективності враховуються витрати на екскавацію, транспортування і навантаження гірничої маси в залізничний транспорт за статтями витрат: амортизація основних фондів, витрати на матеріали, електроенергію, заробітну плату та соціальне страхування.

Відповідно до першого варіанту (рис. 3.5) корисна копалина виймається екскаватором ЕКГ-5А з гірського масиву і відвантажується в автосамоскиди БелАЗ-548А, якими через споруджені на робочому борту тимчасові з'їзди і траншею в торці кар'єру доставляється на рудний склад з перевантаженням на нижній уступ, звідки другим екскаватором ЕКГ-5А руда відвантажується до залізничного потягу, який транспортує корисну копалину на подальшу переробку. Ця схема застосовується в даний час на кар'єрах Орджонікідзевського і Марганецького ГЗК.

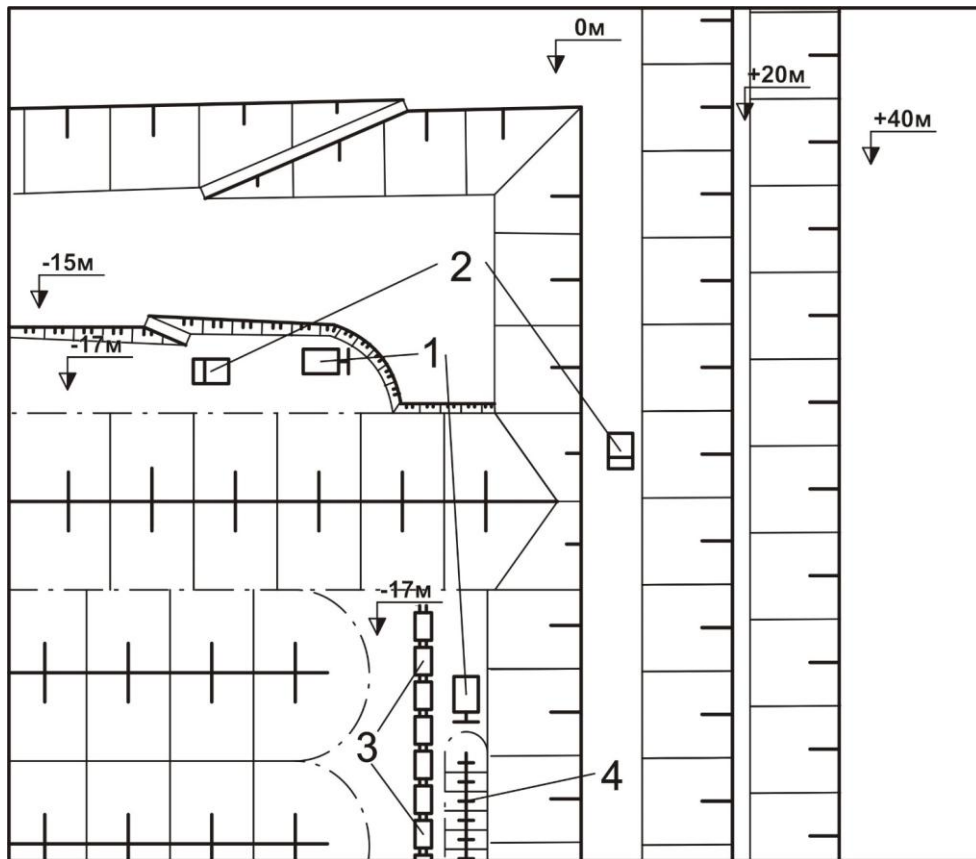


Рисунок 3.5 – Відома схема транспортування корисної копалини (схема 1):
 1 – екскаватор ЕКГ-5А, 2 - автосамоскид БелАЗ-548А, 3 – залізничний транспорт,
 4 – рудний склад

Недоліками такої схеми є велика відстань транспортування корисної копалини (3 км), значний парк автосамоскидів для підтримки проектної виробничої потужності кар'єру, а також наявність тимчасових з'їздів на його робочому борті, що ускладнює технологічний процес розробки порід розкриття. Також варто відзначити засмічення породами розкриття корисних копалин у зв'язку з їх транспортуванням самопливом по схилу уступу, що складається з глини і вапняків.

Для усунення цих недоліків запропонована нова гірничотранспортна схема із застосуванням крутонахилого конвеєра (рис. 3.6). Вона полягає в тому, що корисна копалина після виймання екскаватором ЕКГ-5А транспортується автосамоскидами БелАЗ-548А до крутонахилого конвеєра, із нього через бункер-живильник подається на транспортер, який укладає корисну копалину в рудний склад, з якого другим екскаватором ЕКГ-5А завантажується в залізничний потяг і ним доставляється на збагачувальну фабрику. Після відпрацювання видобувного уступу на всю ширину кар'єрного поля екскаватором ЕКГ-5А, крутонахилений

конвеєр на рухомих опорах переміщується по рейковому шляху в бік виробленого простору (рис. 3.6).

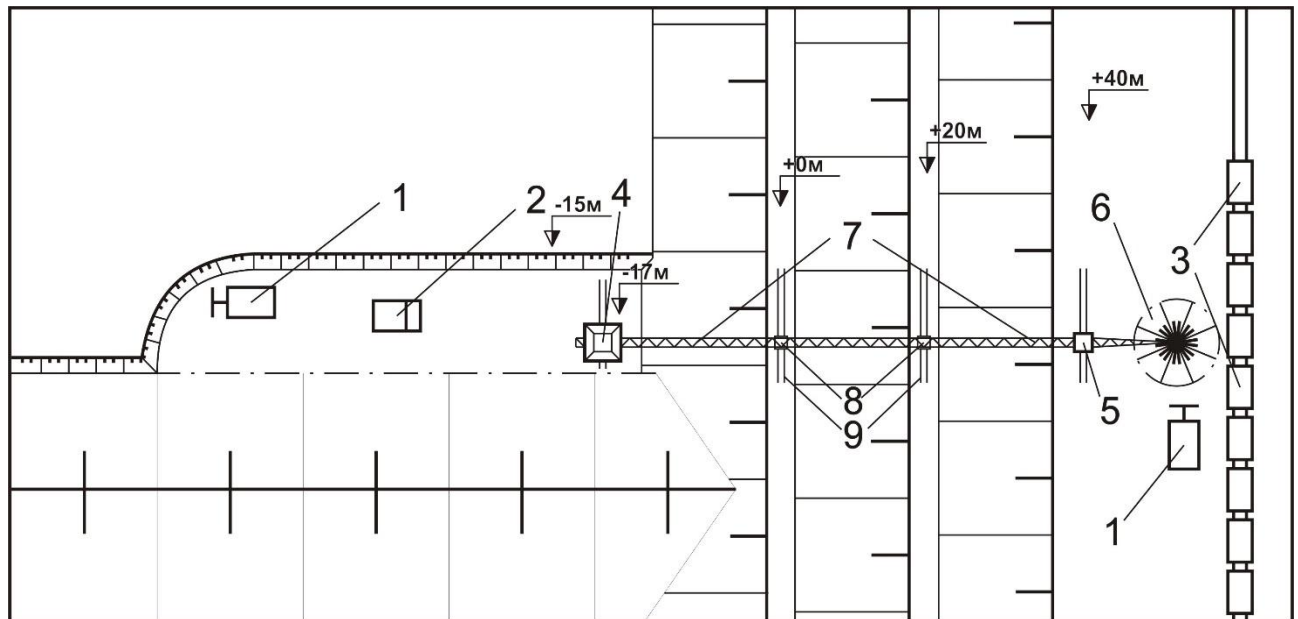


Рисунок 3.6 – Схема транспортування корисної копалини з застосуванням крутонахилого конвеєра: 1 - екскаватор ЕКГ-5А; 2 - автосамоскид БелАЗ-548А; 3 - залізничний потяг; 4 - бункер-живильник крутонахилого конвеєра; 5 - стрічковий транспортер, 6 - рудний склад, 7 - крутопохилий конвеєр, 8 - рухомі опори, 9 - рейковий шлях

Основна перевага другої схеми полягає в можливості ведення внутрішнього відвалування по всій ширині кар'єрного поля, що сприяє підвищенню кількості земель, придатних для повторного використання. Крім цього, виникає можливість для наскрізного проїзду залізничного транспорту, що значно збільшить його продуктивність. Проте найбільш істотним недоліком даної схеми є висока собівартість гірничотранспортних робіт за рахунок включення в технологічну схему додаткового обладнання – крутонахилого конвеєра і відвалоутворювача. Зниження собівартості транспортування корисної копалини можливо досягти шляхом зменшення кількості задіяного обладнання, а також зниження його металоємності і витрат на матеріали.

Так, наприклад, останнім часом все більшого поширення на гірничодобувних підприємствах отримують фронтальні колісні навантажувачі [50]. Їх переваги перед екскаваторами полягають в значній маневреності, мобільності і меншій вартос-

ті [51]. Невелика висота видобувного уступу 2 м дозволяє замінити два екскаватори ЕКГ-5А масою 170 т, перший на видобутку, другий на перевантаженні, одним колісним навантажувачем Caterpillar 988 Н вагою 50 т.

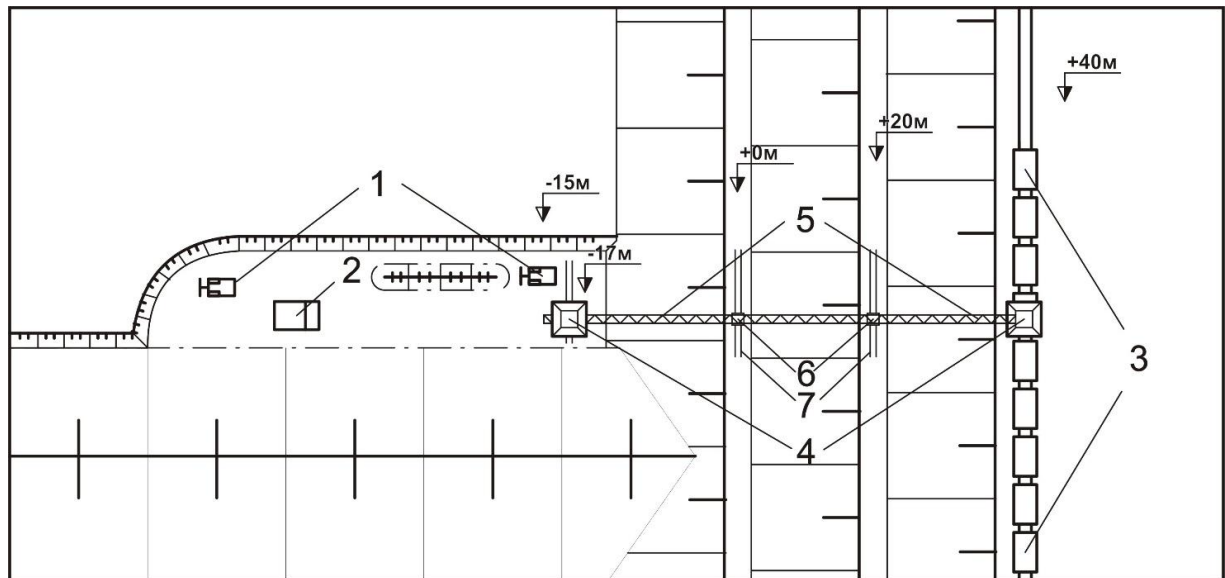


Рисунок 3.7 – Схема транспортування корисної копалини із застосуванням крутонахилого конвеєра: 1 - колісний навантажувач Caterpillar 988 Н, 2 - автосамосвал БелАЗ-548А, 3 - залізничний транспорт, 4 - бункер-живильник, 5 - крутопохилий конвеєр, 6 - рухливі опори, 7 - рейковий шлях

У зв'язку з цим автором запропонована нова схема розробки, яка зберігає всі переваги схеми 2 і дозволяє ліквідувати її недоліки. Вона полягає в тому, що корисна копалина виймається з масиву колісним навантажувачем, після чого відвантажується до автосамоскиду і доставляється ним на рудний склад. Транспортування корисної копалини на рудний склад проводиться до тих пір, поки під навантаження не подадуть залізничний транспорт. Потім колісний навантажувач переїжджає до рудного складу, звідки починає перевантаження корисної копалини в бункер-живильник, яким гірнична маса крутонахиленим конвеєром доставляється на поверхню і відвантажується в залізничні вагони через бункер-перевантажувач. Після відпрацювання західки видобувного уступу на всю ширину кар'єрного поля фронтальним колісним навантажувачем Caterpillar 988 Н, крутонахилений конвеєр на рухомих опорах переміщується по рейковому шляху убік виробленого простору.

Згідно з методичними рекомендаціями розрахунку ефективності нових інженерних рішень [52] проведено техніко-економічне порівняння існуючої схеми 1 (див. рис 3.5) і запропонованих схем 2 і 3 (див. рис. 3.6 і 3.7) при зміні виробничої потужності кар'єру у межах 0,5 - 3 млн. м³/р. Згідно з отриманими даними складено графік зміни собівартості транспортування 1 м³ руди в залежності від виробничої потужності кар'єру (рис. 3.8).

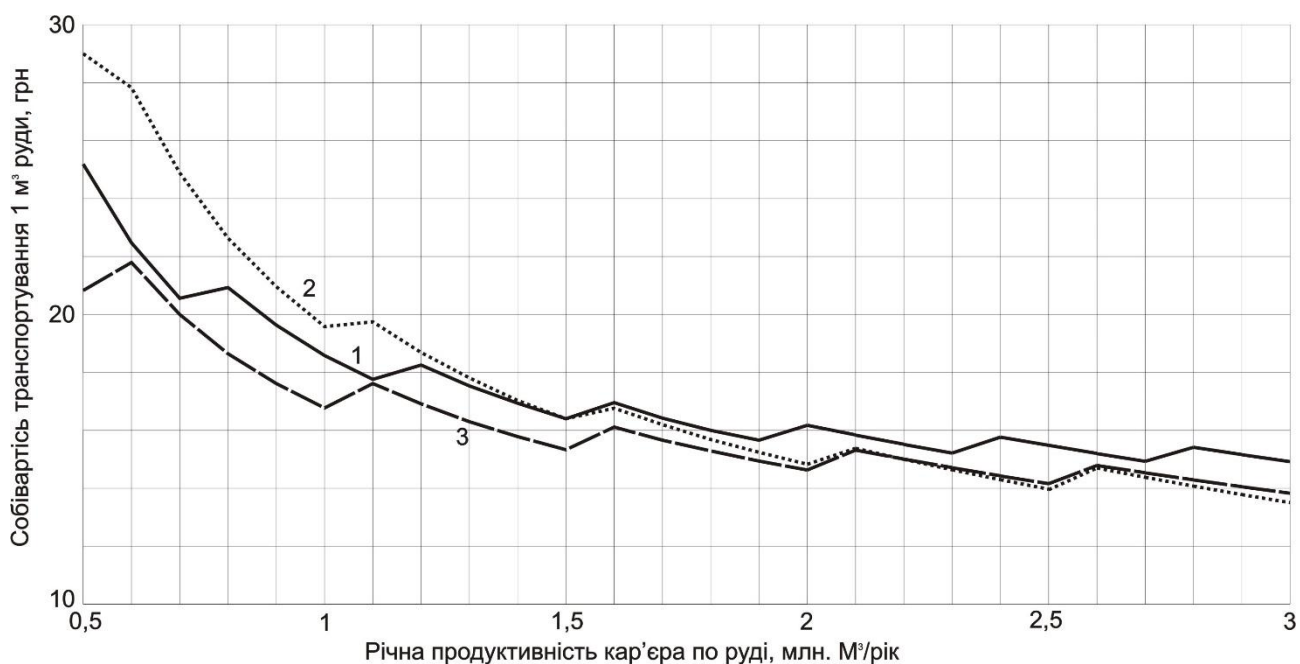


Рисунок 3.8 – Графік зміни собівартості транспортування 1 м³ руди в залежності від виробничої потужності кар'єру для роботи за схемами 1; 2; 3

Графік являє собою ступеневу спадну функцію з періодичним зростанням значення собівартості видобувних робіт. Розмір періоду, через який відбувається зростання дорівнює річній продуктивності автосамоскиду. Такі зміни зумовлені тим, що при досягненні певної виробничої потужності кар'єру з видобутку корисної копалини виникає необхідність в придбанні додаткових автосамоскидів. У результаті цього відбувається зростання собівартості транспортування. Таким чином найбільш коротким періодом, через який відбувається зростання собівартості добувних робіт є схема 1 (0,4 млн. м³/рік), тому що продуктивність автосамоскидів в цьому випадку найменша з-за найбільшої відстані транспортування (3 км). Схеми 2 і 3 дозволяють скоротити відстань транспортування корисної копалини на 2 км, а, отже, продуктивність автосамоскида при роботі по ним зростає, що ві-

дображено на графіку більшим періодом, через який відбувається зростання собівартості транспортування (0,5 млн. м³/р.).

Аналіз побудованого графіка показує, що найбільш ефективною з точки зору мінімізації собівартості транспортування корисної копалини є схема 3. Це обумовлено тим, що дана схема характеризується найменшими металоемкістю, витратами на матеріали і обслуговування обладнання. Дана схема найбільш ефективна при низькій виробничій потужності (до 2 - 2,1 млн. м³/р.). У той же час схема 2 є найменш ефективною за рахунок збільшення металоемності і витрат на обслуговування техніки. Проте, скорочення парку автосамоскидів веде до зниження собівартості транспортування при високій виробничій потужності. Так, при продуктивності кар'єру понад 1,5 млн. м³/р. транспортування корисної копалини за схемою 2 стає більш вигідним ніж за схемою 1, а при досягненні виробничої потужності 2,1 млн. м³/р. – вигідніше, ніж за схемою 3.

Слід зазначити, що розроблені технологічні рішення для умов відкритої розробки родовищ Нікопольського марганцеворудного басейну дозволяють не тільки скоротити кількість порушуваних земель, а й знизити собівартість видобутку корисної копалини за рахунок зменшення відстані транспортування на 2 км. Запропоновані схеми транспорту можуть бути впроваджені як на етапі розкриття родовища, так і під час його розробки. Вони дозволять отримати економічний ефект в розмірі 1 - 3 млн. м³. Встановлено, що найбільш ефективною є схема із застосуванням колісного навантажувача в якості виймального обладнання і, частково, транспортного засобу. Собівартість транспортування 1 м³ руди за цією схемою складе 4 – 22 грн.

Отримані результати дослідження доцільно використовувати при проектуванні кар'єрів, що розробляють родовища полого залягання, наприклад, родовища Нікопольського марганцеворудного, Дніпровського буровугільного, Предкарпатського сірконосних басейнів, а також деяких родовищ бурого вугілля Дніпровсько-Донецької западини. Подальші дослідження слід направити в сторону пошуку нових ресурсозберігаючих технологій розробки родовищ корисних копалин різних типів залягання відкритим способом.

3.3 Дослідження параметрів доробки глибоких кар'єрів відкритим способом

Відомо [53], що подальший розвиток гірничих робіт на буровугільних кар'єрах буде пов'язаний із залученням до експлуатації додатково глибинних і приконтурних запасів родовищ, що призведе до необхідності порушення гірського масиву об'ємом 300-400 млн. м³, а також призведе до втрати для сільського господарства 200-300 гектар землі й буде наносити йому шкоду на суму в розмірі 2-3 млн. грн. щорічно [54]. Крім того, значні запаси корисних копалин залягають в межах охоронних земельних площ залізничних колій, малих і великих річок. Порушення цих ціликів призведе до необхідності перенесення залізничних комунікацій із зони можливого обвалення і відведення річок в інше русло, щоб уникнути порушення нормальної діяльності кар'єрів і відповідних транспортних комунікацій. В таких умовах рішенням, що дозволяє залучити в експлуатацію додаткові обсяги корисної копалини слід вважати збільшення величини кутів укосу бортів кар'єру, що дозволить значно скоротити обсяг виїмки порід розкриву.

Дослідження параметрів відкритої доробки глибоко залягаючих покладів представлені в роботі [55]. У ній розроблена методика розрахунку скорочення обсягу виїмки порід розкриву в приконтурній зоні за рахунок переходу на підземний спосіб розробки; розглянуті технологічні схеми видобутку руди на глибоких горизонтах кар'єрів; викладені теоретичні основи і вирішені практичні завдання по формуванню робочої зони; приділено увагу технології вилучення приконтурних запасів руди при мінімальних обсягах розкривних робіт. Однак, в методі розрахунку скорочення обсягів виймання порід розкриву не враховано геометричні параметри бортів кар'єра, в контурах якого буде вестися доопрацювання родовища, а також не вказано, за рахунок чого формуються борти кар'єрів під більш крутим кутом укосу, а також не представлена методика розрахунку обсягів збереження від порушення порід розкриву у граничних контурах. У зв'язку з цим актуальною науково-практичною задачею є розробка способу залучення до експлуатації приконтурних і глибинних запасів корисних копалин в кар'єрі на глибину до 1000 м з мінімальним обсягом виймання порід розкриву. Мета роботи полягає в обґрунту-

ванні перспектив впровадження технології відкритої розробки приконтурної і глибинної частин запасів крутопадаючих родовищ з мінімальною виїмкою порід розкриву. Ідея роботи полягає в обґрунтуванні доцільності застосування, спорудження й нарощення штучного кріплення бортів кар'єра для утримання і збереження порід розкриву в цілинку, а також визначенні перспектив розвитку гірничих робіт на глибину до 1000 м нижче земної поверхні.

Збільшення кута укосу борту кар'єра веде до збереження в цілику значних обсягів порід розкриву. Для того, щоб встановити залежність зниження обсягу їх виїмки від глибини кар'єру зі збільшенням укосу його бортів з використанням програми AutoCAD побудований ряд комп'ютерних моделей (рис. 3.9). Вихідні дані для їх побудови були обрані з урахуванням умов розробки кар'єру № 1 ЦГЗК (табл. 3.1).

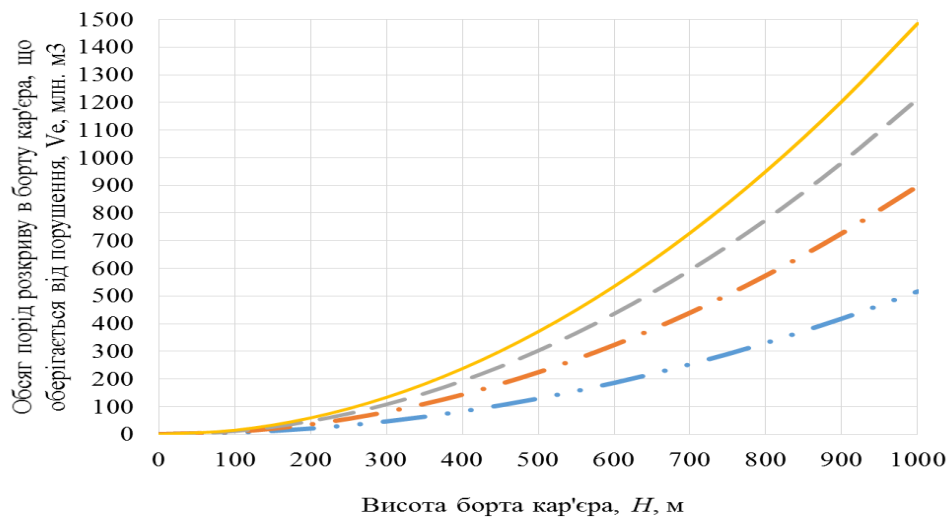


Рисунок 3.9 – Графік залежності обсягу порід розкриву, що зберігається від порушення при збільшенні кута укосу борту кар'єра α_{np} , град з ростом його висоти H , м:

— · — · — · — 50°, — · — · — · — 60°, — — — — — 70°, — — — — — 80

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для побудови моделі розрахунку порід розкриву

H , м	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	α_{np} , град
V_z , млн. м ³	5,1	20,6	46,4	82,5	129	185	252	330	418	516	50
	8,9	35,9	80,9	143	224	323	440	575	728	899	60
	12	48,4	109	193	302	436	593	775	981	1211	70
	14	59	133	237	371	534	728	951	1203	1485	80
l , м	200										
L , м	4290										
$\alpha_{сущ}$, град	40										

Аналіз отриманих даних показав, що в умовах кар'єру № 1 ЦГЗК зі зростанням кута укосу борту з існуючого $\alpha_{суц}$ град до запропонованого $\alpha_{пр}$ град при збільшенні його висоти H , м запобігається від порушення масив гірських порід обсягом V_3 , млн. м³, який описується наступною залежністю:

$$V_3 = \frac{1}{6} H^2 (l + 2L) (\operatorname{ctg} \alpha_{суц} - \operatorname{ctg} \alpha_{пр}), \quad (3.11)$$

де: H – висота борту кар'єру, м; l, L – ширина борту кар'єру поверху та понизу, м; $\alpha_{суц}, \alpha_{пр}$ – існуючий і запропонований кути укосів борту кар'єра, град.

Слід зазначити, що збільшення кута укосу борту кар'єра може призвести до виникнення зсувів і обвалів. Як способи їх запобігання доцільно застосовувати підпирні стінки [56]. Підпирні стінки - це штучна споруда, призначена для утримання масиву від обвалення. Підпирні стінки поділяють за призначенням; висотою; матеріалом виготовлення; кутом нахилу; принципом роботи, а також за способом зведення. Крім того, підпирна стінка підлягає різним навантаженням, серед яких власна вага стінки (q); тиск гірського масиву (P_M); тиск ваги споруд, розташованих на підтримуваному масиві (P_K); тиск гірничо-транспортного встаткування (P_O), а також тиск води із непорушеного гірського масиву (P_B) (рис 3.10).

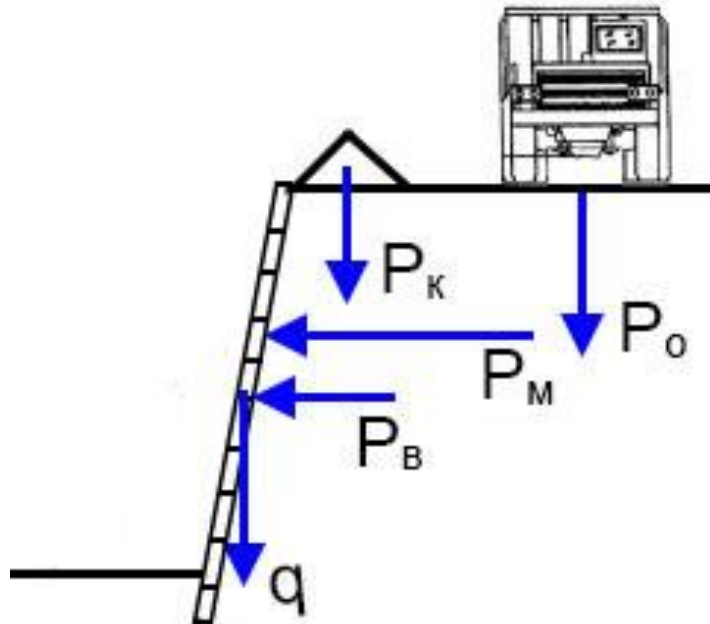


Рисунок 3.10 – Навантаження, яким піддається підпирна стінка на уступі неробочого борту кар'єра

Варто відзначити, що експлуатація глибоких кар'єрів відбувається в умовах значного припливу кар'єрних вод. Так, в умовах кар'єру ПівдГЗК приток підземних вод становить $871 \text{ м}^3/\text{г}$, а кар'єра ІнГЗК – $1096 \text{ м}^3/\text{г}$. Для запобігання негативного їх впливу на стінку в її підставі з боку гірського масиву зазвичай споруджують дренажну систему. Однак це пов'язано з додатковими витратами.

У той же час існують стінки такої конструкції, для яких не потрібне проведення дренажних систем. Вони складаються з габіонних сітчастих виробів. Габіони являють собою металеві контейнери різної форми, що складаються з металевої сітки подвійного кручення, які заповнюються кам'яним матеріалом. Вони призначені для створення міцних, гнучких і проникних масивних підпірних споруд. Основні різновиди габіонів: матрацно-тюфячні і коробчаті. При зведенні підпірних стін на сипучих ґрунтах використовуються габіони з армуючої панеллю. Протягом останніх років габіони поступово витісняють монолітні підпірні конструкції, виграючи у вартості і якості [56].

Процес монтажу підпірної стінки відбувається наступним чином. Габіон розкладають на твердій плоскій поверхні, потім на його дніщі зводять стінки і діафрагму, які зміцнюють конструкцію. Стінки і діафрагму з'єднують таким чином, щоб отримати ємність у формі паралелепіпеда. Після цього суміжні габіони з'єднують спеціальними мембранами жорсткості і встановлюють армуючі гачки. По довжині конструкції встановлюють опалубку для запобігання деформації габіонів і заповнюють її кам'яним матеріалом, після чого всі операції повторюють.

Підпірні стінки з сітчастих габіонних виробів застосовують для утримання м'яких порід, огорожі автодоріг і залізничних колій, при зведенні мостів і для створення терас на присадибних ділянках, а також в якості берегових укріплень русел річок. Досвід застосування габіонних сітчастих конструкцій в умовах відкритих гірських робіт ілюструється на прикладі Міхеевської ГЗК, який знаходиться в Челябінській області Російської Федерації. В ході його будівництва виникла необхідність спорудження дробильно-перевантажувального пункту із застосуванням підпірних стінок висотою 30 м. Споруда залізобетонних конструкцій вимагало великих трудовитрат і мала високу вартість.

У зв'язку з цим була запропонована альтернативна конструкція підпірної стінки (рис. 3.11), що представляє собою армогрунтований насип, утримувану трьома габіонними блоками висотою по 10 м, розділених двома проміжними майданчиками шириною по 2 метри, закріпленими матрацними тюфячними габіонами. У підставі нижнього блоку, а також по всій висоті в торцях стінки були влаштовані залізобетонні блоки. Спорудження стінки такої конструкції дозволило максимально використовувати місцеві будівельні матеріали зі скельних порід.

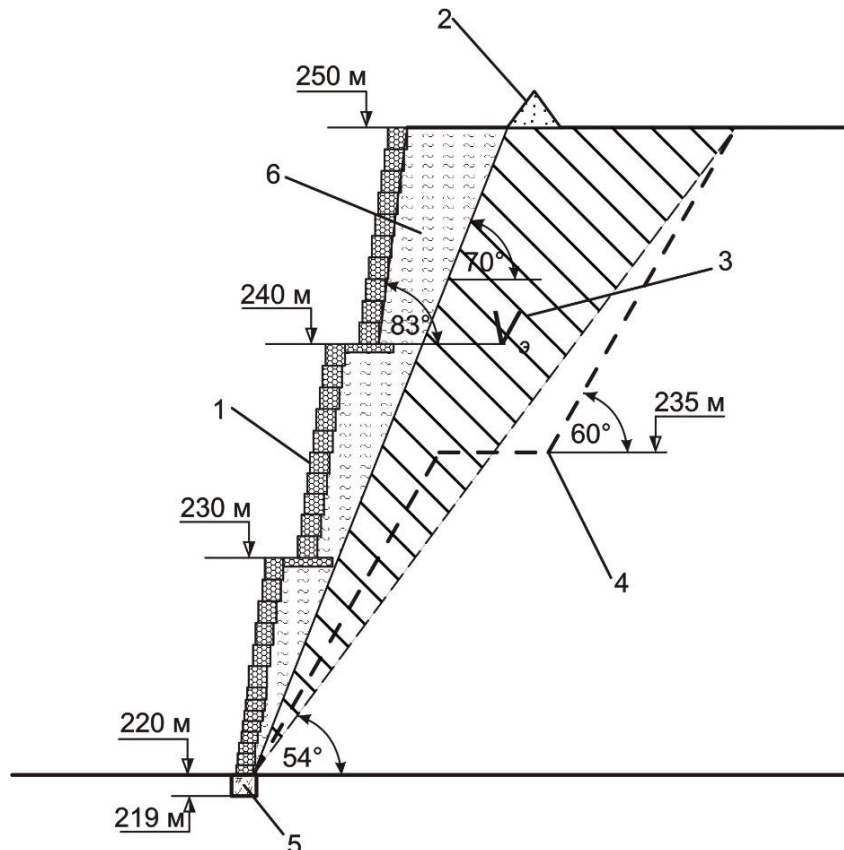


Рисунок 3.11 – Схема формування уступів неробочого борту кар'єру зі зведенням підпірної стінки зі габіонів: 1 – підпирна стінка із габіонів, 2 – захисний насип, 3 – обсяг порід розкриття, що зберігається від порушення, 4 – контур неробочого борту традиційної конструкції, 5 – залізобетонний фундамент, 6 – область уступів, частково порушених вибуховими роботами

Для встановлення ефективності запропонованих рішень розрахований економічний ефект для умов кар'єру № 1 ЦГЗК з перспективою його розробки на глибину до 1000 м (рис. 3.12). Встановлено, що при збереженні поточного стану верхньої бровки кар'єра, що оберігається від порушення обсяг порід розкриття зменшується на 250 млн. м³, а економія коштів за рахунок цього складе 3,5 млрд. грн. При збільшенні глибини кар'єру до 1000 м з'являється можливість додатково

залучити до експлуатації близько 600 млн. т корисних копалин, при збереженні в цілику 980 млн. м³ порід розкриву і економії 24 млрд. грн.

Обсяг порід розкриву, що оберігається від порушення V_3 , млн. м³ для умов кар'єру № 1 ЦГЗК розраховується за формулою:

$$V_3 = 983,4H^2 \cdot 10^{-6}. \quad (3.12)$$

Запрогнозований економічний ефект застосування підпірних стінок \mathcal{E} , млрд. грн розраховується за формулою:

$$\mathcal{E} = (V_3 \cdot C_8 - \mathcal{Z}_2) \cdot 10^{-3}, \quad (3.13)$$

де: V_3 – обсяг порід розкриву, що зберігається від порушення, м³, C_8 – собівартість 1 м³ порід розкриву, грн; \mathcal{Z}_2 – загальні витрати на зведення підпірних стінок, грн.

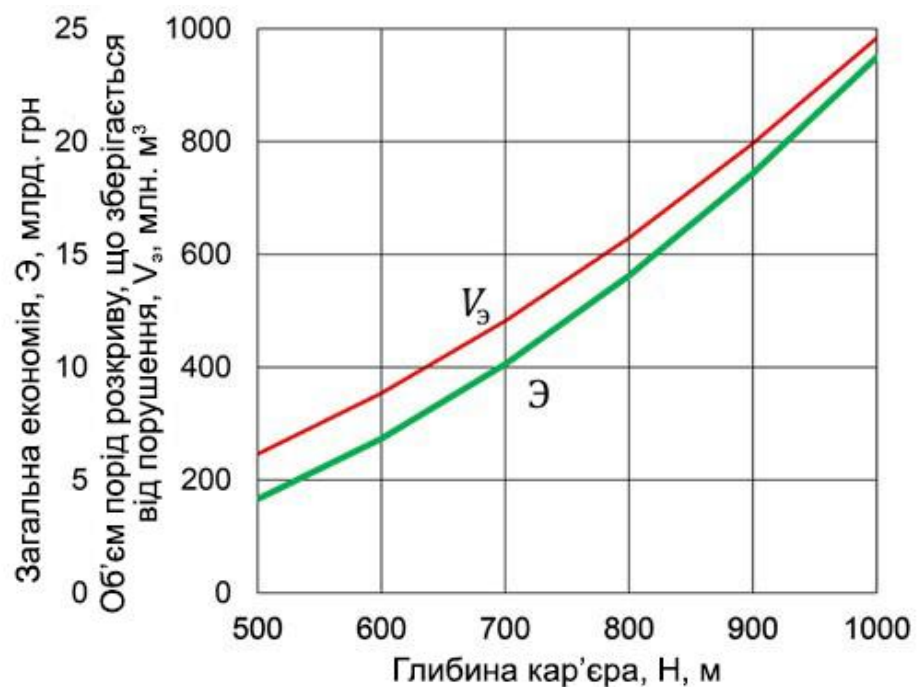


Рисунок 3.12 – Графік зміни прогнозованого економічного ефекту \mathcal{E} , млрд. грн зі збільшенням глибини кар'єру H , м

Ґрунтуючись на даному досвіді застосування підпірних стінок в умовах відкритих гірничих робіт, пропонується при збільшенні кута укосу бортів кар'єру застосовувати габіонні конструкції для утримування гірських порід від обвалення по всій протяжності неробочих бортів кар'єра, або на їх окремих ділянках.

Встановлено, що застосування габіонних сітчастих виробів економічно доцільно в умовах відкритих гірничих робіт на глибину до 1000 м за рахунок зниження обсягу порушення масиву гірських порід. При доопрацюванні кар'єра № 1 ЦГЗК на глибину до 500 м зі збереженням поточного становища верхньої бровки, економічний ефект застосування габіонних підпірних стінок складе 3,5 млрд. грн, а при розробці на глибину 1000 м - 24 млрд. грн.

Отримані дані рекомендується застосовувати в комплексі з розробленими на кафедрі відкритих гірничих робіт способами відкритої розробки крутопадаючих родовищ [57].

3.4 Обґрунтування економічної ефективності будівництва Ново-Дмитрівського кар'єру

Станом на 2017 р. Україна має вкрай обмежені можливості добування вугілля для забезпечення своєї незалежності у розвитку важкої індустрії. Особливо це стосується бурого вугілля. Олександрійський буровугільний район не має довгострокової перспективи підтримки своєї продуктивності. Інші перспективні родовища не розробляються, а деякі знаходяться в стадії пошуку і детальної розвідки. В той же час, Ново-Дмитрівське родовище детально розвідане, має значні запаси і може бути прикладом для початку відновлення вугільної промисловості у найближчий термін [1].

Ново-Дмитрівське родовище бурого вугілля відрізняється від родовищ Олександрійського району не тільки значними запасами різноманітних корисних копалин, а й складними умовами залягання: значною глибиною та великими водопритоками, що може істотно вплинути на економічну доцільність видобутку сировини [58]. Тому для його освоєння потрібна попередня оцінка на предмет економічної доцільності будівництва гірничого підприємства. При цьому, поряд з розглянутими раніше технологіями розробки родовищ корисних копалин із застосуванням напору води, доцільно виконати аналіз відомих гірничотранспортних систем, які довгі роки експлуатуються при добуванні марганцевих руд і бурого вугілля в Україні [59].

У якості критерію ефективності розглянутих систем використовують мінімальне значення зведених витрат на добування основної корисної копалини, тобто 1 т сировини. Отже, обґрунтування економічної доцільності розробки Ново-Дмитрівського родовища з подальшим будівництвом потужного гірничого підприємства являється надзвичайно актуальною науково-практичною задачею.

На підставі ведення досвіду розкривних робіт, розкриття кар'єрного поля можливо здійснювати двома високопродуктивними роторно-конвеєрними комплексами: 1-й комплекс – у складі роторного екскаватора СРС-2000 з теоретичною продуктивністю 4900 м³/год., конвеєрного транспорту, міжступного перевантажувача і відвалоутворювача типу ARs-B 5000.60. Даний комплекс експлуатується з початкової фази будівництва і поступово пересувається на нижні робочі горизонти кар'єру; 2-й комплекс – розкривні роботи планується виконувати із застосуванням більш потужного роторного екскаватора SRs-6300 з теоретичною продуктивністю 14000 м³/год. та навантаженням породи на стрічковий конвеєр у складі з міжступним перевантажувачем та від валоутворювачем [60].

Добувні роботи доцільно виконувати одноківшевою прямою мехлопатою з ємністю ковша не менше 12 м³ в комплексі з автосамоскидами. Склад такого комплексу відповідає підвищеній міцності бурого вугілля у масиві й широко апробований на кар'єрах з аналогічними гірничо-геологічними умовами.

Попередня оцінка капітальних вкладень для придбання й монтажу гірничо-транспортного устаткування становить 680,7 млн. дол. США (табл. 3.2). Експлуатаційні витрати на видобуток вугілля визначалися оціночно на базі рекомендацій німецького “Майстер-плану розвитку буровугільної промисловості України” [61]. За наведеною методикою розрахункові витрати на видобування відрізняються від класичної собівартості на рівень амортизаційних нарахувань та включають дисконтовану вартість обладнання. На основі застосовуваного устаткування визначають експлуатаційні витрати. Потреба в персоналі залежить від встановленого технічного оснащення кар'єру й режиму його роботи (керування й технічне обслуговування устаткування – однозмінне, виробничий процес – трьохзмінній).

Значення коефіцієнту відносини виробничого персоналу до других категорій розраховано по українських мірках. Потреба у персоналі для виконання допоміжних й проміжних робіт оцінювалася на досвіді вугільних підприємств Східної Європи. Для обраних видів витрат розраховані наступні передумови їх оцінки:

- термін експлуатації родовища 36 років;
- видобуток вугілля очікується на 6-й рік від початку монтажу обладнання й виконання підготовчих гірничих робіт з будівництва кар'єру та розкриття вугільного шару.

Таблиця 3.2 – Очікувані вкладення на придбання гірничо-транспортного обладнання для експлуатації Ново-Дмитрівського кар'єру

Найменування основного обладнання	Кількість, од.	Вартість, тис. дол. США	Вартість з ПДВ, тис. дол. США
Екскаватор з ковшем не менше 12 куб м	1	3 754	4 505
Роторний екскаватор SRs-2000	1	36 993	44 392
Роторний екскаватор SRs-6300	2	177 878	213 454
Відвалоутворювач типу ARs-B 5000.60	1	16 614	19 937
Відвалоутворювач типу Spreader ARs- (K) 8800.195	3	144 078	172 894
Перевантажувач типу BRs (K) 1800.65	1	4 543	5 452
Перевантажувач типу BRs 1600.47/72	2	23 364	28 037
Конвеєр вибійний	2	23 665	28 398
Конвеєр торцевий	1	14 732	17 678
Конвеєр магістральний	2	29 446	35 335
Конвеєр відвальний	2	36 265	43 518
Автосамоскиди	5	4 358	5 230
Невраховане гірниче устаткування (10 %)		51 569	61 883
Разом		567 260	680 712

Вартість технічного обслуговування приймається від встановленої суми інвестиції на рік:

- пристрої інфраструктури – 2 %;
- екскаватори ланцюгові, роторні – 3 %;
- стрічкові відвалоутворювачі – 3-3,5 %;
- екскаватори драглайни, прямі мехлопати – 4 %;
- автосамоскиди – 6 %;
- допоміжна техніка – 3 %;
- електроенергія – 80 дол./МВт годин без ПДВ; прогноз роздрібного тарифу на потребу електроенергії для промислових споживачів встановлюється на рівні першого класу;
- витрати на заробітну плату одного робітника становить в середньому 850 дол. США/місяць;
- нарахування на заробітну плату прийняті у розмірі 22 %;
- адміністративні та загальнозаводські витрати становлять 3 млн. дол. на рік;
- податок на землю, рентні платежі та інші витрати віднесені на невраховані витрати.

Додаткові експлуатаційні витрати по гірничому підприємству розраховані на період виходу на проектну потужність (9 млн. тонн на рік) і складають 4,71 дол./т.

Дані щодо вказаних капітальних вкладень і експлуатаційних витрат показують, що, не дивлячись на великі витрати для придбання гірничої техніки, експлуатаційні витрати на видобуток 1 т бурого вугілля при виході кар'єру на проектну потужність очікуються на рівні 4,7 дол. США. При теплотворній здатності бурого вугілля в 2527 ккал/кг вартість видобутку однієї тони умовного палива складає 13,1 дол. без ПДВ.

Однак, статичні дані, такі як CAPEX (англ. Сокр. от CAPital EXpenditure – капітальні затрати) і OPEX (англ. сокр. от operating expenses – операційні витрати), не дозволяють судити про ефективність експлуатації того чи іншого родовища в цілому. Такого роду оцінки прийнято виконувати на базі прогнозування руху грошових коштів або кеш-флоу (від англ. Cash Flow).

Тому, для можливості обґрунтування доцільного розвитку окремих ділянок кар'єру прийнята методика, що надійно зарекомендувала себе при розрахунку розвитку буровугільної галузі та енергетики, що застосовується в Німеччині й представлена в «Майстер-плані розвитку буровугільної промисловості України», виконаному німецькими буровугільними і енергетичними концернами. Відповідно до неї, варіанти розвитку проектів оцінюються загальними міжнародно-визнаними методами динамічного економічного розрахунку. При цьому визначаються щорічні витрати і доходи на повний період експлуатації родовища, або на термін планування гірничих робіт.

Витрати й доходи порівняні один з одним в фінансово-математичних усереднених витратах і визначені показниками:

- фактична вартість при різних калькуляційних процентних ставках;
- фінансово-математичні усереднені витрати (ФМУВ);
- рівень внутрішньої процентної ставки.

Передумовою для застосування методів динамічного економічного розрахунку є те, що всі витрати реєструються, як для інвестицій, так і для поточного виробництва по роках експлуатації на весь аналізований період у вигляді платіжного ряду. Амортизаційні відрахування і відсотки не враховуються. Можлива процентна ставка по кредиту або вартість інвестованого капіталу враховані в долях при прогнозуванні грошових потоків. Якщо є невраховані доходи, то вони обробляються аналогічно. При розрахунку передбачено щорічне перевищення доходів над витратами, а також перевищення доходів над витратами за весь період експлуатації родовища. Таким чином експлуатація підприємства повинна забезпечити позитивний NCF (від англ. Net Cash-Flow – чистий грошовий потік). При цьому необхідно дотримуватись наступного співвідношення:

$$NCF \geq 0 \quad (3.14)$$

Оплати здійснюють, як правило, в певні дати і окремі роки у різному розмірі. Щоб зробити їх порівнянними між собою, вони оцінюються на певну дату экс-

плату за допомогою калькуляційної процентної ставки. Внаслідок цього гарантується, що оплати, які за часом мають бути здійснені пізніше, незначні у розрахунку з тими, які мають бути виконані раніше. Використовувана калькуляційна процентна ставка встановлюється в залежності від відсотка для довго- та середньострокового кредиту й прийнятого розміру нарахування відсотків. Якщо прогнози для можливої майбутньої процентної ставки та очікуваного ризику інвестицій небезпечні, працюють, як правило, з більш високими процентними ставками. Для розгляду вибирається, як правило, початок усього періоду експлуатації або початок виробництва продукції. Сума всіх відповідних на цю дату виплат вказується як балансова вартість.

Реалізація проектів виробничо-економічно раціональна, якщо при заявленій калькуляційній процентній ставці (дисконтна процентна ставка) різниця між балансовою вартістю і внеском, щонайменше дорівнює нулю, а ще краще – позитивна. Як правило, поряд з балансовою вартістю при твердо заявленій калькуляційній процентній ставці встановлюється така, при якій балансова вартість буде прагнути до нуля. Ця процентна ставка називається внутрішньою.

Застосування названих методів передбачає, що поряд з виробничими витратами також відомі очікувані ціни за кінцеву продукцію і досягаються доходи за весь проектний період. Часто буває так, що ціни на товарну продукцію ще невідомі, не затверджені й не вивчені. У цьому випадку встановлюються фінансово-математичні усереднені витрати, які можуть бути розглянуті у якості спеціальних форм представлення вартості капіталу. Розраховані витрати підприємства відповідають фінансово-математичній вартості одиниці продукції, яка повинна бути визначена на весь період експлуатації. Або, інакше кажучи, балансова вартість перевищення доходів над витратами буде прагнути до нуля. При цьому повинно дотримуватись наступне співвідношення:

$$NPV = 0 = -(CAPEX_i + CAPEX_{(i+1)} + CAPEX_{(i+n)}) + NCF_{(i+n+1)}/(1 + IRR) + NCF_{(i+n+2)}/(1 + IRR)^2 + NCF_{(i+n+3)}/(1 + IRR)^3 + NCF_{(i+n+4)}/(1 + IRR)^4 + NCF_{(i+n+5)}/(1 + IRR)^5 + (NCF_{(i+n+6)}/IRR)/((1 + IRR)^5) \quad (3.15)$$

Перевищення доходів над видатками при цьому встановлюється виходячи з витрат і очікуваних доходів від продажу кінцевої продукції й прирівнюються до вартості на рівні ФМУВ.

Для того щоб розглянути і оцінити нове родовище у порівнянні з іншими, з'ясовують значення вартості та фінансово-математичні витрати по цих підприємствах окремо. У результаті розрахунку ФМУВ отримані наступні значення фінансової оцінки експлуатації підприємства на базі Ново-Дмитрівського кар'єру (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Фінансова оцінка експлуатації Ново-Дмитрівського кар'єру

Показник	Од. виміру	Витрати на добування 1 т рядового вугілля	Витрати на виробництво 1 т умовного палива
Капітальні витрати	дол./тонна	10,5	29,0
Експлуатаційні витрати	дол./тонна	7,0	19,4
Загальні витрати	дол./тонна	17,5	48,3

Дані табл. 3.3 вказують, що для реалізації прийнятої відсоткової ставки рентабельності інвестованого капіталу в 10 %, ціна на видобуток рядового бурого вугілля повинна скласти не менше 17,5 дол./т без ПДВ, або 48,3 дол./т умовного палива. Розрахована ціна на паливо цілком порівнянна з ціною на добування кам'яного вугілля. Оскільки розрахунок виконувався з деякою часткою припущень, то для визначення стійкості наведеної ціни на базі ФМУВ, потрібно виконувати аналіз її чутливості за такими параметрами: зміна процентної ставки на капітал - $\pm 25\%$; зміна операційних витрат - $\pm 25\%$; зміна капітальних вкладень - $\pm 25\%$. Результати моделювання ціни на паливо наведені на рисунку 3.13

З даних рис. 3.13 видно, що проект по розробці Ново-Дмитрівського родовища найбільш чутливий до вартості капіталу і, в найменшій мірі, до експлуатаційних витрат на виробництво. Це означає, що для підвищення фінансової стійкості гірничого підприємства на базі Ново-Дмитрівського родовища потрібно: залучення необхідного капіталу за якомога нижчим значенням процентної ставки й оптимізація капітальних вкладень в сторону зменшення. Зниження експлуатаційних витрат мо-

жливо тільки за рахунок власної генерації електроенергії (будівництво власної технологічної ТЕЦ) та підвищення рівня доходів від реалізації продукції.

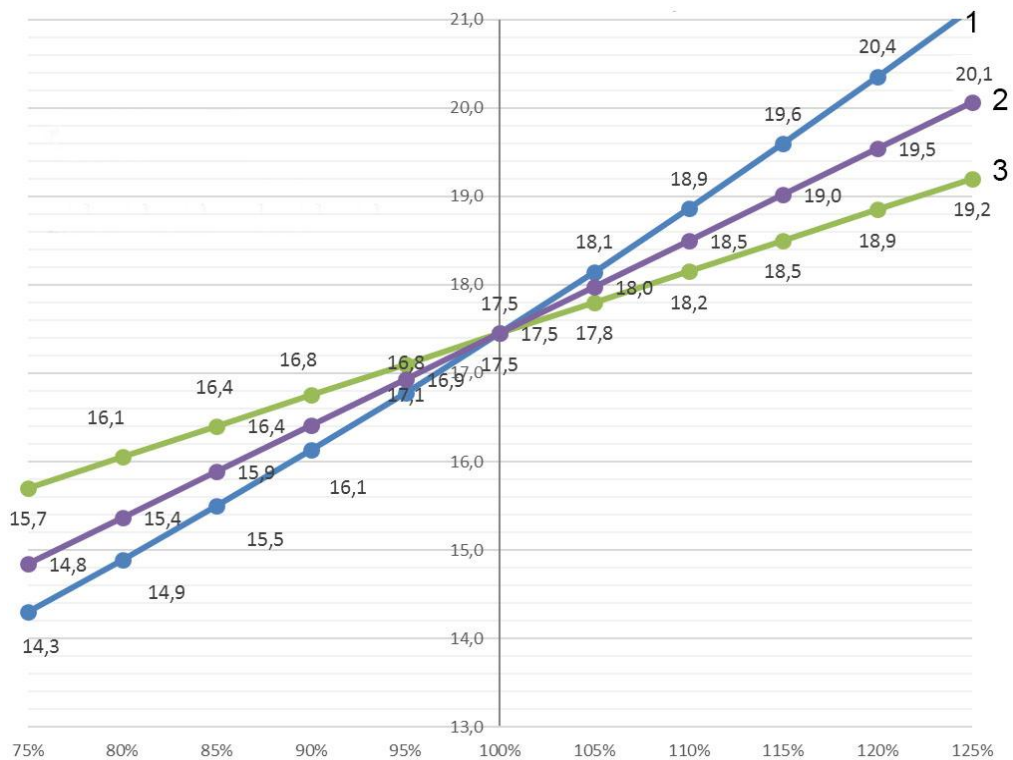


Рисунок 3.13 – Аналіз чутливості ФМУВ ціни палива, дол./т: 1 – зміна % ставки; 2 – зміна суми інвестицій; 3 – зміна операційних витрат на виробництво

У структурі запасів по Ново-Дмитрівському родовищу присутні вуглисті глини, які віднесені до нижнього пліоцену (над V вугільним покладом) и до полтавської свити міоцену (між IV та V вугільними покладами) й розповсюджені на площі понад 6 км². При середній потужності вуглистих глин 75 м попередні їх запаси перевищують 450 млн. м³, що при питомій вазі 1,35 т/м³ перевищує 600 млн. т. Вуглисті глини у якості енергетичної сировини раніше не вивчались. Зольність їх і теплота згоряння, за аналогією з Дніпровським буровугільним басейном, у розрахунку на горючу масу і на робоче паливо відповідно дорівнюють 4500-5600 і 700-900 ккал/кг. Характерна зольність змінюється в межах 55 – 65 %

Дослідженнями встановлено, що вуглисті глини перекривають Верхній і Складний вугільні горизонти. Беручи до уваги їх високу зольність і низьку тепло-

творну здатність, використання усього їх обсягу в якості окремої попутної сировини не представляється можливим. Проте, в суміші з рядовим бурим вугіллям, гірнична маса (рядове буре вугілля + вуглиста глина) представляють собою вже енергетичну сировину, придатну для подальшого використання. Для порівняння, нижча теплота згоряння гірничої маси зі значенням 1825,5 ккал/кг відповідає так званому енергетичному вугіллю, яке раніше спалювали на буровугільних ТЕЦ №1-3 в м. Олександрія. Спільний видобуток рядового бурого вугілля і вуглистих глин дозволяє збільшити обсяг корисної копалини на рівень більше, ніж 20 млн. тонн на рік з високими економічними показниками (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Дані розрахунку вартості добування вугілля й вуглистих глин за ФМУВ, дол. США/тонну

Показник	Видобуток рядового вугілля, млн. т/рік		Видобуток вуглистої глини, млн. т/рік	
	значення	на т.у.п.	значення	на т.у.п.
Капітальні витрати	10,5	29,0	4,7	18,0
Операційні витрати	7,0	19,4	3,2	12,1
Разом	17,5	48,3	7,9	30,1

Дані табл. 3.4 показують, що спільне видобування рядового бурого вугілля з вуглистими глинами дозволяє досягти зниження розрахункової ціни на паливо до 60 %. Аналіз чутливості показників за розрахунком ФМУВ виконаний аналогічно як і для видобутку рядового бурого вугілля. Попереднє техніко-економічне моделювання розробки Ново-Дмитрівського родовища показує доцільність комплексного використання бурого вугілля з урахуванням видобутку вуглистих глин. Не дивлячись на потребу значних капітальних вкладень, інтегральні фінансово-економічні показники гірничого підприємства знаходяться на високому рівні.

Враховуючи конфігурацію і контури родовища доцільно розглянути віялову систему розробки з можливістю внутрішнього відвалоутворення, що дозволить

більш ефективно використовувати параметри виймально-навантажувального обладнання. Використання продуктивної роторно-конвеєрної схеми розробки родовища регламентує терміни початку видобутку корисних копалин, оскільки виготовлення і монтаж роторно-конвеєрного комплексу може становити до 3-х років.

З метою зменшення терміну вводу в експлуатацію гірничого підприємства та прискореного виходу його на проектну потужність, доцільно розглянути на стадії будівництва застосування техніки циклічної дії у складі гідравлічних екскаваторів та кар'єрних автосамоскидів.

4 РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ НА ПРОЕКТУВАННЯ ОСВОЄННЯ НОВО-ДМИТРІВСЬКОГО РОДОВИЩА БУРОГО ВУГІЛЛЯ

4.1 Розробка рекомендацій щодо комплексного освоєння Ново-Дмитрівського родовища

Ново-Дмитрівське родовище характеризується найбільшими геологічними запасами бурого вугілля в Україні. За умовами утворення, комплексу різноманітних корисних копалин і запасами вугілля воно віднесено до унікальних. Вугленосними є відкладення олігоцену (верхній палеоген, Берекська свита) і міоцену (нижній неоген, Полтавська свита). У розрізі вони утворюють конседиментаційну мульду (рис. 4.1).

Загальні геологічні запаси вугілля становлять 600 млн.т., в тому числі в найбільш потужних III і IV горизонтах склали по родовищу 446537 тис.т.

Промислові запаси бурого вугілля складають 394081 тис.т, в тому числі: категорія А – 200 227 тис.т (50,8%); категорія В – 85929 тис.т (21,8%); категорія С₁ – 107925 тис.т (27,4%). У загальному обсязі геологічних запасів бурого вугілля України, Ново-Дмитрівське родовище сягає понад 7%.

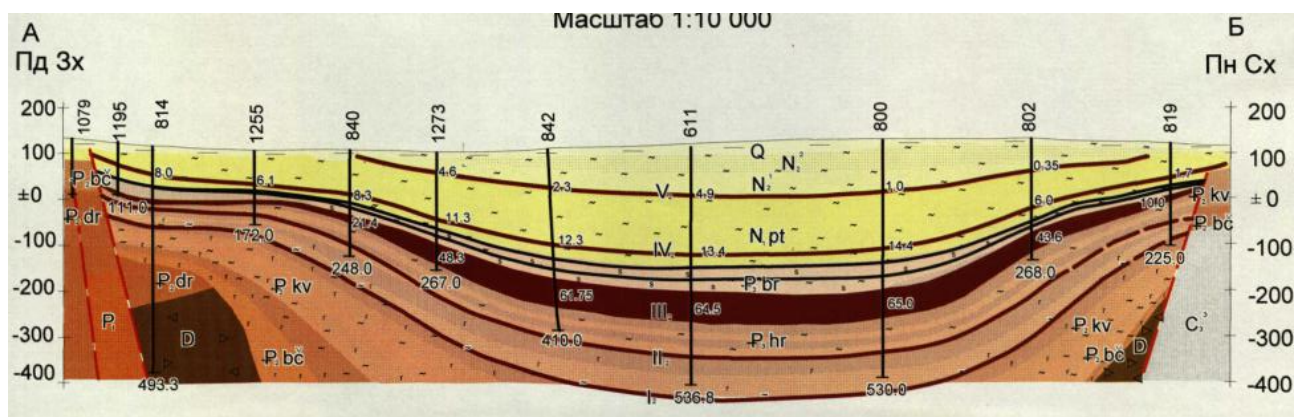


Рисунок 4.1 – Геологічний розріз Ново-Дмитрівського родовища бурого вугілля

Буре вугілля родовища класифікується як вугілля низького рангу (low-rank coal) і по системі the American Society for Testing and Materials (ASTM) – як лігніт. В системі DIN і діючої класифікації буре вугілля України за ДСТУ 3472:2015 відноситься до технологічної марки Б-1, Б-2 (табл. 4.1). Відносно якісних особливос-

тей воно характеризується вологістю до 60%; виходом летючих до 65%; вмістом золи у межах 5,6 ÷ 15,8% (характерна 8 ÷ 12%, середня 14,2%); вмістом сірки 2,0 ÷ 3,2% (середня 2,7%); низькою теплотою згорання на робочу масу до 2600 ккал/кг. Вказане вугілля на світовому ринку не призначається для біржової торгівлі та реалізується споживачам на відстані не далі, ніж на 100 км від місця видобутку.

Таблиця 4.1 – Порівняння класифікацій твердого палива

Класифікація вугілля та торфу			Вологість, %	Калорійність беззольної маси, кДж/кг	Вміст летких речовин в сухій беззольній масі, %	Середня довільна відбивна здатність вітриніту в маслі, %	
ЄЕК ООН	США (ASTM)	Німеччина (DIN)					
Торф (peat)	Торф (peat)	Торф (torf)					
Ортолігніт (ortholignite)	Лігніт (lignite)	М'яке буре вугілля (Weichbraunkohle)	75	6,700			
Металігніт (methalignite)	Напівбітумінозне вугілля (Subbituminous coal)	Тьмяне буре вугілля (matbraunkohle)	35	16,500		0.3	
Напівбіт. вуг. (Subbituminous coal)	Бітумінозне вугілля із високим вмістом летких речовин (high volatile bituminous coal)	Світле буре вугілля (glanzbraunkohle)	25	19,000		0.45	
Бітумінозне вугілля (bituminous coal)	Бітумінозне вугілля із середнім вмістом летких речовин (medium volatile bituminous coal)	Полум'яне вугілля (flamkohle)	10	25,000	45	0.65	
		Газово-полум'яне вугілля (gasflamkohle)			40	0.75	
		Газове вугілля (gaskohle)			35	1.0	
		Жирне вугілля (fettkohle)			36,000	28	1.2
		Вугілля із низьк. вмістом лет-х реч-н (eßkohle)				19	1.6
Антрацит (anthracite)	Напівантрацит (semi-anthracite)	Напівантрацит (magerkohle)	3	36,000	10	2.2	
Антрацит (anthracite)	Антрацит (anthrazit)						

Крім значних запасів бурого вугілля, родовище відрізняється істотними обсягами вуглистих глин, які представлені від темно-сірих до чорних вуглистих мас, на 35 – 45% збагачених гумусовою та сапрпельовою органікою. Вуглисті глини розташовані у верхній частині вугленосної товщі (берекська та полтавська свити). Їх загальна потужність коливається у межах до 75 – 100 м і розподілена таким чи-

ном: 20 – 25 м – в підосві IV вугільного горизонту, 55 – 75 м – в його покрівлі. При сумісному видобутку з вуглистими прошарками та вугіллям V покладу ці глини у загальній масі складають 50 – 60%. Загальна цінність гірничої маси при цьому суттєво знижується. При середній загальній потужності вуглистих глин, що складає 75 м, попередні запаси їх перевищують 450 млн м³, що при питомій вазі 1,35 т/м³ перевищує 600 млн т.

Вуглисті глини у якості енергетичної сировини раніше не вивчались. Однак, за аналогією із Дніпровським буровугільним басейном та урахуванням поправки на зольність, їх теплота згорання в розрахунку на горючу масу і на робоче паливо відповідно дорівнює 26 МДж/гк й близько 1100 ÷ 1200 ккал/кг. Характерна зольність змінюється в межах 55 – 65% (табл. 4.2, 4.3).

Таблиця 4.2 – Якісні характеристики вуглистої глини

Найменування воказників	од. вим.	Стан корисної копалини		
		робоча	суха	горюча
W	%	41%	—	—
A	%	36%	60%	—
S	%	1%	2%	5%
V	%	15%	26%	65%
Q _ш ^B	МДж/кг	—	—	26,0
Q _ш ^P	ккал/кг	1 172,3	—	—

У розрахунку на одну тону умовного палива (т.у.п.), запаси вуглистих глин прогноуються в обсязі 75 ÷ 100 млн. т.у.п. що становить практично 50 % від загальної кількості умовного палива в бурому вугіллі. У цілому, відповідно до геологічних даних, в контурах родовища з урахуванням вуглистих глин розташовано біля 1,2 млрд. т горючої корисної копалини.

Як видно з отриманих значень, гірнична маса родовища відрізняється високою зольністю (близько 40 %) і високою вологістю (до 47 %). Загальна сірка гірничої маси складає 3,6 %.

Таблиця 4.2 – Розрахункові значення якісних характеристик суміші бурого вугілля й вуглистих глин (гірничої маси)

Найменування воказників	од. вим.	Стан корисної копалини		
		робоча	суха	горюча
W	%	46,1%	—	—
A	%	21,5%	40%	—
S	%	1,2%	2,2%	3,6%
V	%	20,0%	37%	62%
$Q_{ш}^B$	МДж/кг	—	—	28,2
$Q_{см\ к/у}^P$	ккал/кг	1 825,5	—	—

У цілому, рівень пустої породи у гірничій масі складає 67,6%, що на 10% вище, ніж по рядовому бурому вугіллю. Це не дає можливості економічно транспортувати паливо на великі відстані. Виходячи зі світової практики, даний вид палива повинен бути перероблений у безпосередній близькості від місця видобутку. Проте, розраховані параметри гірничого підприємства показують, що при виході на проектну потужність кар'єру в 9 млн т рядового вугілля, залучення вуглистих глини дає можливість збільшити щорічний видобуток сировини до 20 млн т.

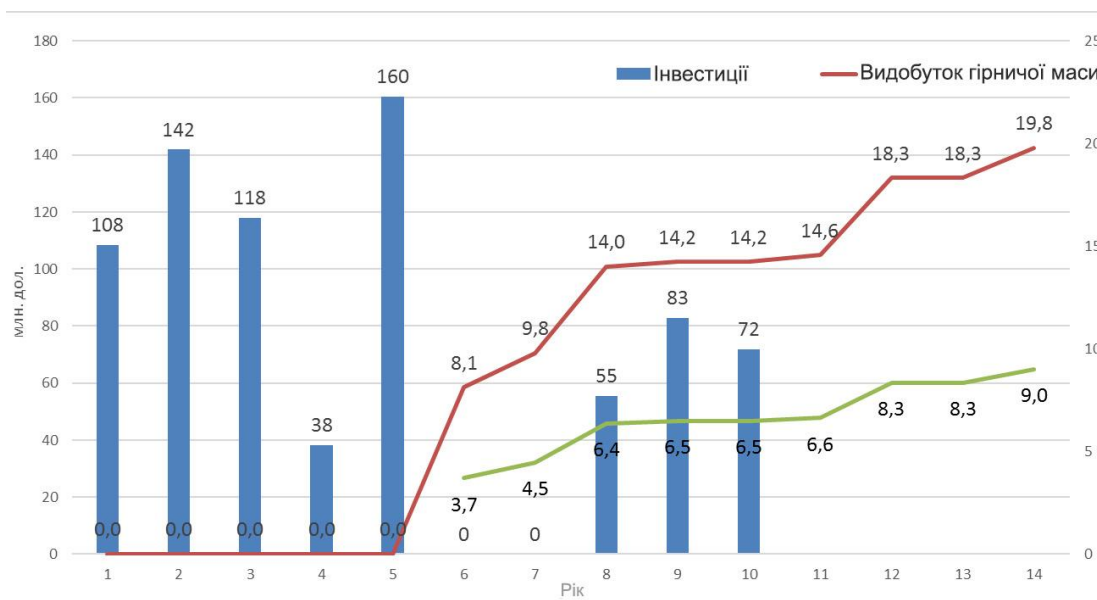


Рисунок 4.2 – Рух грошей по варіантам видобутку гірничої маси

В динаміці, видобуток гірничої маси прогнозується зростаючим (рис. 4.2). При цьому середній коефіцієнт розкриття знижується зі значення 3,96 до 1 м³/т.

Цінові параметри видобутку корисних копалин, скориговані в ході даної роботи, наведені в таблиці 4.3 на базі ФМУВ.

Слід відмітити, що вартість 1-1 т.у.п. в 11,2 дол. показує, що еквівалентна кількість кам'яного вугілля з теплотворною здатністю 5700 ккал / кг буде коштувати всього 9,1 дол., а з урахуванням дисконтної ставки – 20,1 дол. / т. При цьому, поточна вартість кам'яного вугілля на ринку України прирівняна до європейської за формулою «Роттердам +» і складає близько 100 дол./т. Без урахування ПДВ і транспортних витрат або, в розрахунку на т.у.п – 85-86 дол. / т.

Таблиця 4.3 – Оцінка видобутку гірничої маси за ФМУВ, дол/т

Показник	Без дисконтування		З фактором дисконту	
	Значення	на т.у.п.	Значення	на т.у.п.
Капітальні витрати (CAPEX)	1,4	5,25	5,0	19,19
Операційні витрати (OPEX)	1,5	5,94	1,7	6,53
Усього (CAPEX+OPEX)	2,9	11,20	6,7	25,72

Іншими словами, видобуток гірничої маси на Ново-Дмитрівському родовищі є найнижчою у розрахунку на собівартість і рентабельність відповідно до окупності капітальних вкладень. Низькі параметри OPEX і ціни ФМУВ дають важливу конкурентну перевагу добування гірничої маси цього буровугільного родовища при його використанні в економіці України.

Слід відмітити, що за операцією, на якій здійснюється вплив на вартість палива й отримані продукти переробки, чисті вугільні технології поділяють на: технології попередньої підготовки сировини, де її переробка відбувається до моменту використання в процесі спалювання або газифікації (pre-combustion technology); чисті вугільні енерготехнології спалювання та газифікації (combustion/gasification), де високі екологічні та технологічні показники досягаються в самому процесі переробки вугілля; технології переробки продуктів, що утворились в ході термохімічної переробки палива (post-combustion technology) [62].

У першу групу входять методи збагачення вугілля, зниження його зольності, вмісту сірки та інших небажаних домішок. В другу, найбільш широку групу, входять технології спалювання та газифікації твердого палива: спалювання в класичному (бульбашковому) та циркулюючому киплячому шарі (ККШ та ЦКШ) при атмосферному тиску; ККШ та ЦКШ під тиском (КШТ); газифікація в ККШТ та ЦКШТ; двостадійні методи переробки палива в КШТ; газифікація в потоці та шарі; ступінчасте спалювання; застосування пальників із низьким викидом оксидів азоту та ін. Крім перерахованих методів отримати зниження питомих викидів шкідливих речовин на одиницю електроенергії, що виробляється, можливо шляхом експлуатації пиловугільних котлів з ультра-надкритичними параметрами пари (USC-boiler: ultra-supercritical boiler).

Третя група містить технології очистки димових газів від оксидів сірки та азоту; твердих частинок; комплексні технології десульфуризації димових газів з отриманням будівельних матеріалів; методи утилізації утворюваних твердих продуктів; очистки стічних вод та ін., Для цього застосовують процеси, як селективне каталітичне відновлення (СКВ); селективне некаталітичне відновлення (СНКВ) – (обидва для очищення від NO_x); високотемпературна очистка газових потоків в керамічних фільтрах під тиском та ін.

Серед екологічно чистих методів термічної переробки твердого палива, що входять у другу групу, особливе місце займають технології спалювання вугілля в різних модифікаціях киплячого шару.

Перша група підготовки сировини. Відомі види збагачення бурого вугілля, які застосовувалися раніше на брикетних фабриках ДХК «Олександрівугілля» у вигляді сушіння в паровій трубчастій сушарці та брикетування в штемпельному пресі, є енерговитратним виробництвом. При цьому збагачення та підвищення споживчих характеристик бурого вугілля є досяжними тільки за рахунок зниження вологості палива та його кускування. Тому, ряд цих та других факторів й стали натепер основною причиною ліквідації буровугільної галузі в Україні.

Як відомо, буре вугілля внаслідок своїх фізико-хімічних властивостей практично не піддається збагаченню класичними гравітаційними і флотаційними ме-

тодам. Перспективним видом збагачення бурого вугілля і вуглистих глини є його термічна обробка, що спричиняє зниженню частки кисню і сірки в органічній масі, виходу летких, підвищенню теплотворної здатності палива. Однак, це призводить до пропорційного збільшення мінеральної маси в сировині. Знезолування, судячи з даних відкритих публікацій, цілком можливо здійснювати в електричних і магнітних полях. Прогнозується, що виконуючи комплекс процесів над рядовою гірничою масою з використанням прогресивного термо-вакуумного сушіння дозволить отримувати висококалорійне паливо з теплотою згоряння до 6000 ккал/кг, що дозволить транспортувати збагачене буре вугілля на далекі відстані, а відходи збагачення розміщувати у виробленому просторі кар'єру.

Однак, на даний момент часу, цей напрямок переробки недостатньо вивчений і рекомендується до досліджень на 2018-20 рр.

Друга група (спалювання в ЦКШ). Відмінна особливість спалювання вугілля в киплячому шарі порівняно з пиловугільним застосуванням полягає в тому, що частка горючих частинок в інертному матеріалі складає всього декілька (2-5%) відсотків його загальної маси. Значне тепло, накопичене інертними частинками шару, робить його термічно інерційним. Як результат, зміна властивостей палива (теплоти згоряння, зольності) менш суттєво позначається на роботі КШ котла, ніж звичайного пиловугільного. В окремих випадках технологія спалювання вугілля в ЦКШ - єдина, застосовуючи яку можливо утилізувати низькорекційні (антрацит, нафтовий кокс), високозольні ($A^d < 65\%$) та високосірчисті ($S=1,5-7\%$) палива; відходи вуглевидобування та вуглезбагачення, а також промислові та сільськогосподарські.

Процес спалювання вугілля в ЦКШ відбувається при порівняно низьких температурах (близько 880-900°C проти 1450-1600°C в пиловугільних котлах). Паливні частинки зазвичай подрібнюються до 0,1-5 мм на відміну від мікронного енергомісткого помолу для пиловугільного спалювання. Низька температура шару суттєво обмежує утворення «термічних» оксидів азоту, властивих пиловугільному спалюванню, та дозволяє забезпечити низькі норми на викиди оксидів азоту

– менше 200 мг/нм^3 , що відповідає чинним вимогам України та ЄС (директива 2001/80/ ЄС) до нових енергоблоків.

Можливість зв'язування оксидів сірки всередині топкової камери КШ-котлоагрегату (до рівня менше 200 мг/нм^3) шляхом додавання сорбенту (вапняку) виключає необхідність побудови коштовних систем сіркоочищення, вартість яких становить близько 10-15% від загальних капітальних витрат на ТЕС. Можливим є також подальше зниження викидів оксидів сірки шляхом впровадження нових засобів їх очищення.

З огляду на вказані переваги в останні десятиріччя саме технології спалювання вугілля в киплячому шарі (КШ) при атмосферному тиску отримали найбільше розповсюдження серед екологічно чистих технологій другої групи. Розвиток та вдосконалення КШ-технології призвело до розробки й зростаючого промислового впровадження енергоблоків з циркулюючим киплячим шаром (ЦКШ) при атмосферному тиску. В ЦКШ-енергоблоках відбувається багатократна внутрішня та зовнішня (завдяки циклонам) циркуляція паливних частинок, що забезпечує їх високий ступінь конверсії, який проходить у всьому обсязі топкової камери (нижній частині шару та надшаровому просторі). ЦКШ-енергоблоки мають велику одиничну електричну потужність (до 300-500 МВт); широкий діапазон регулювання навантаження (40-110%) без використання природного газу на «підсвічування», горіння відбувається при меншому надлишку повітря, а зв'язування оксидів сірки - при меншій частці вапняку. Можливе ступінчасте подавання повітря в топку для зменшення викидів оксидів азоту. Одна з основних переваг ЦКШ-енергоблоків пов'язана з можливістю ефективного спалювання низькорекційних високозольних (до 55-65%) палив при дотриманні жорстких екологічних норм.

На даний час серед технологій спалювання твердого палива в киплячому шарі найбільший сегмент ринку займає саме спалювання в ЦКШ при атмосферному тиску. Ця технологія знаходиться на етапі широкого промислового впровадження та експлуатації енергоблоків середньої та великої потужності. Найбільша одинична електрична потужність працюючого ЦКШ-енергоблоку становить 460 МВт (ТЕС Lagisza, Bedzin, Польща, пуск - 2008 р.). Будуються також блоки з еле-

ктричною потужністю 500 МВт (Green Power Project - Південна Корея). Слід зазначити, що в світовій теплоенергетиці спостерігається стійка тенденція до зростання використання ЦКШ-енергоблоків.

Основні компанії - розробники технологічних схем з ЦКШ, які набули найбільшого поширення в світі: «Alstom» (Франція); «Lurgi» (натепер «LL Plant Engineering», Німеччина); «Foster Wheeler» (США); «Ahlstrom» (Фінляндія) (натепер у складі «Foster Wheeler» як «Foster Wheeler Energia Oy») - процес «Pyroflow»; «Babcock&Wilcox» - (США) процес «IR-CFB»; Kvaerner (натепер у складі «Metso», Фінляндія) та ін. Менш поширеними технологічними схемами є розробки інституту Battel (США) - процес «Multisolid»; «Deutsche Babcock» (Німеччина) – процес «Circofluid» та ін.

Виходячи з даних балансу енергетичного вугілля марки Г, розробленого компанією ДТЕК, до 2030 року очікується дефіцит 4,4 млн тон або близько 3,6 млн. тон умовного палива. Потужність Ново-Дмитрівської розрізу дозволяє добувати понад 5,1 млн тон.у.п. що повністю покриває такий дефіцит (рис. 4.3).

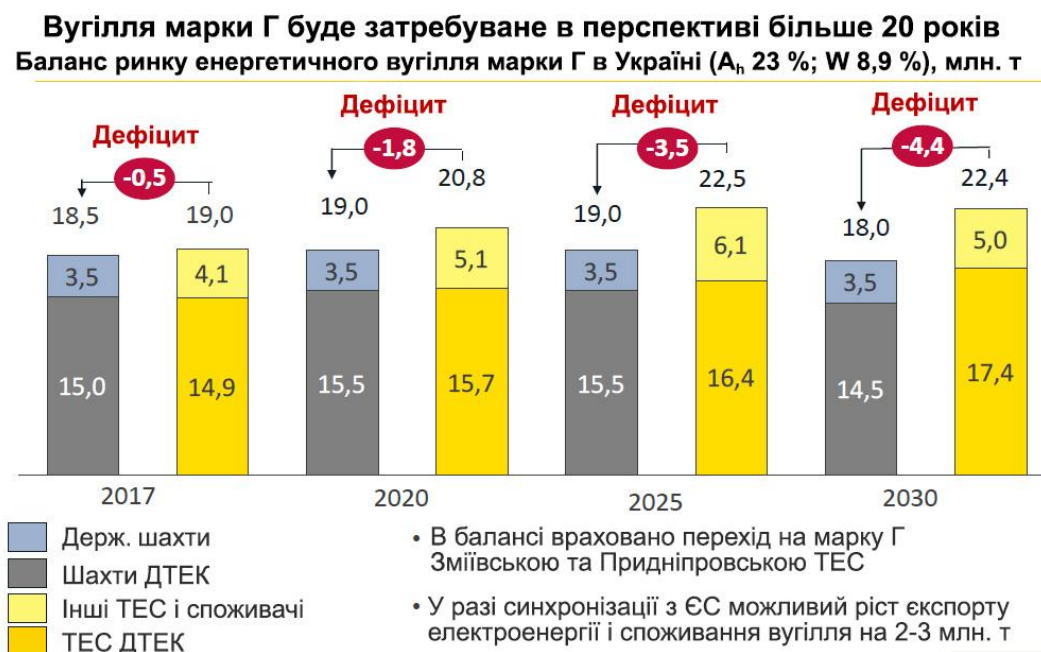


Рисунок 4.3 – Діаграма аналізу потреб енергетичної промисловості в твердому паливі

Тому, було розглянуто варіант будівництва нової ТЕС на борту Ново-Дмитрівської розрізу. У якості котельного обладнання були прийняті котли ЦКШ

(рис. 4.4). Розрахункові значення показують, що видобуток 20 млн тон вугільної маси в рік, при фонді завантаження ТЕС 335 днів, в еквіваленті становить виробництво 5,2 ГВт-год. З огляду на те, що коефіцієнт корисної дії (ККД) сучасних енергетичних блоків становить не менше 40 %, то потужність станції з подачею в мережу електричної енергії може скласти не менше 2 000 МВт.

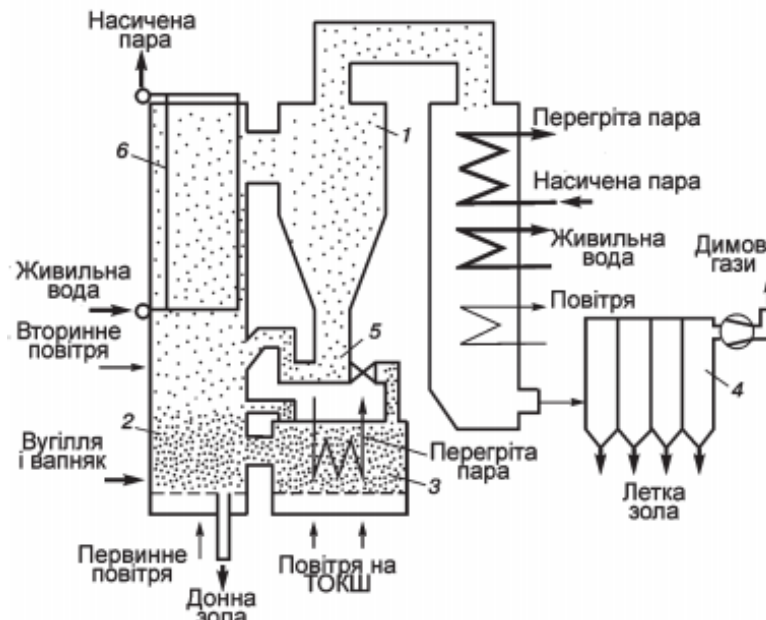


Рисунок 4.4 – Схема роботи котла ЦКШ

На цій підставі був виконаний розрахунок вартості вироблення і реалізації електроенергії на базі ФМУВ. В основу розрахунку були покладені дані за вартістю вугільної продукції, що наведені в таблиці 4.4. ККД генерації електроенергії прийнятий у розмірі 40%. Питома вартість будівництва ТЕС прийнята 2000 дол. за кВт встановленої потужності (рис. 4.5).

Таблиця 4.4 – Вартість ФМУВ електроенергії без урахування дисконтування та з рівнем дисконту 10%

Показник	Од. вим. Дол/МВт-год	Без дисконтування	З фактором дисконту
Капітальні витрати (CAPEX)	Дол. США/т	11,2	39,1
Операційні витрати (OPEX)	Дол. США/т	9,9	9,9
Всього (ΣCAPEX+OPEX)	Дол. США/т	21,2	49,1

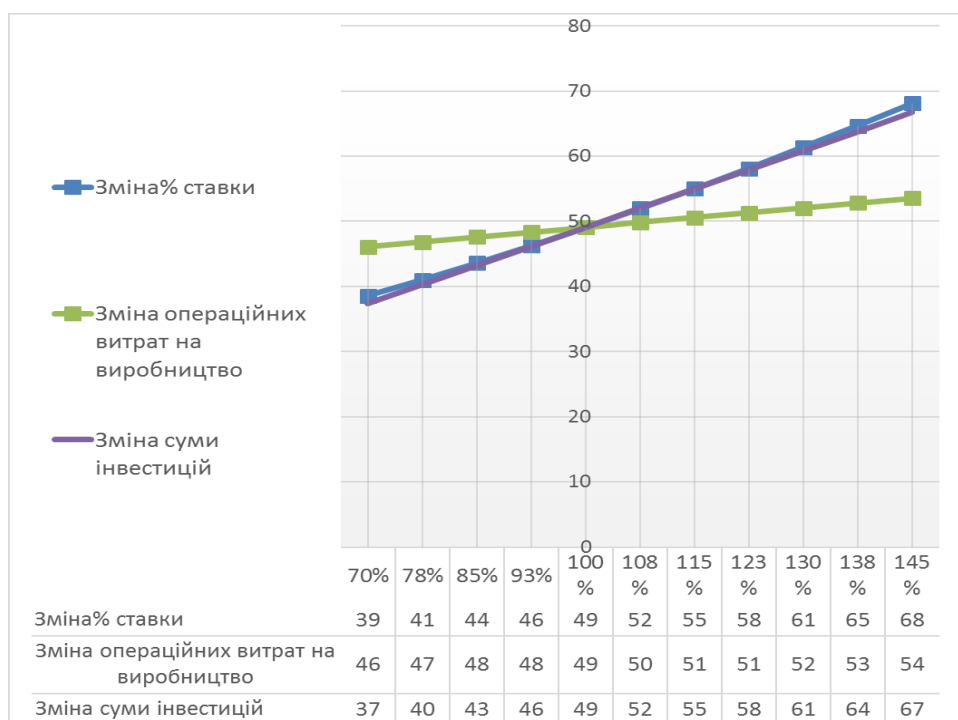


Рисунок 4.5 – Стрес-аналіз вартості виготовлення електроенергії

У порівнянні з даними за тарифами від інших енергоджерел України, показаними в таблиці 4.5, значення ціни від Ново-Дмитрівській ТЕС без урахування дисконтування капіталу нижче поточної ціни в 2,5 рази, а з урахуванням дисконтної ставки – практично тотожна ГК ТЕС.

Таблиця 4.5 – Тарифи на відпуск електричної енергії
01.01.2017 01.02.2017 (діючий)

Виробники електричної енергії на 2017 рік	Плановий відпуск на рік*, млн кВт·год	Тариф, коп/кВт·год	Тариф, коп/кВт·год
НАЕК "Енергоатом"	77 920	46,64	46,64
ПАТ "Укргідроенергетика"	8 736	66,57	66,57
ТЕЦ	9 974	173,87	187,28
Тец (вугілля)	3 826	153,34	155,86
Тец (газ)	6 148	186,59	206,76
ГК ТЕС**	45 089	138,36	122,00
Інші	2 022		
Всього	143 742	96,86	93,58

Друга група (газифікація). Технології повітряної, пароповітряної та парокисневої газифікації вугілля в потоці та КШТ розробляються вже понад 50 років. Впровадження останніх 20–25 років значну увагу було приділено використанню газифікаторів

у складі потужних ПГУ (понад 100 МВт) на твердому паливі для виробництва електроенергії. При цьому також розвивався напрям їх впровадження для виробництва хімічних продуктів. До переваг перших слід віднести можливість досягнення високого ККД у межах 44–46% за рахунок збільшення частки вироблення електроенергії в ГТУ до 45–70%; високу екологічну чистоту технологій за рахунок організації холодної очистки газоподібних продуктів газифікації; широкий діапазон регулювання продуктивності установок; можливість використання вугілля з порівняно високим рівнем зольності (для ЦКШ та КШ газифікаторів), в тому числі – високосірчистих.

За минулий період було розроблено безліч промислових процесів газифікації вугілля і до теперішнього часу освоєні їх різних модифікацій. Найбільш поширеними з яких є технології Лурги (стаціонарний шар кускового вугілля), Вінклера (киплячий шар вугільних частинок), Копперс-Тотцека (пиловугільного потік), Тексако (водовугільна суспензія) і їх різні модифікації. На дослідно-промисловому рівні зараз відпрацьовується близько 20 технологій газифікації вугілля нового покоління. Серед основних типів газифікаторів слід виділити наступні (рис. 4.6).

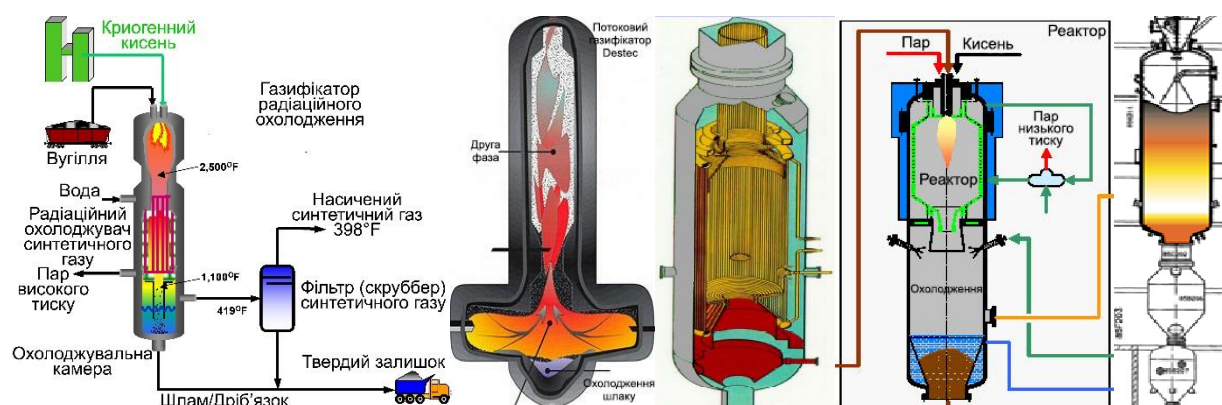


Рисунок 4.6 – Основні типи газифікаторів

З літературних джерел відомо, що українське буре вугілля найбільш доцільно перероблювати за способом потокової газифікації, що реалізується фірмою Siemens, або газифікації в киплячому шарі Fluidized bed gasification HTW вироблених концерном ThyssenKrupp. Згідно рис. 4.7, процес HTW найкраще підходить для виробництва палива низького рангу, до яких належить і українське буре вугілля.

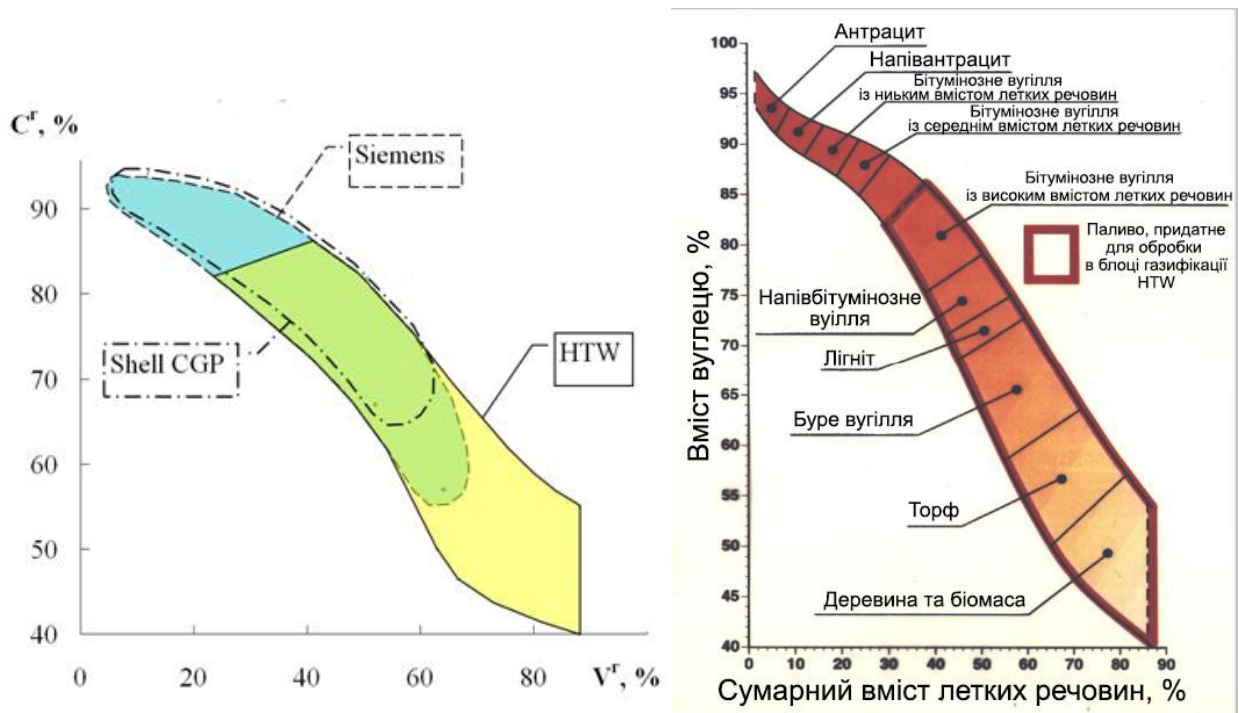


Рисунок 4.7 – Графіки залежності сумарного вмісту летких речовин від вмісту вуглецю для різних марок вугілля

Більш того, на відміну від газифікаторів Сіменс, технологія НТВ найменш вибаглива щодо підготовки викопного палива і дозволяє газифікувати навіть високобаластні його різновиди такі, як вуглиста глина або її суміш з «чистим» бурим вугіллям у вигляді гірської маси (рис. 4.8).

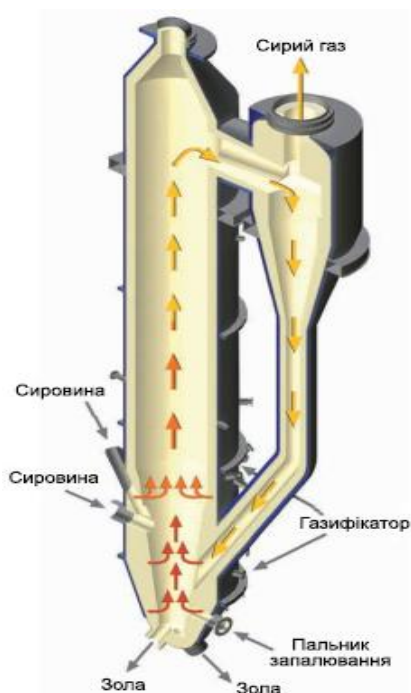


Рисунок 4.8 – Основні особливості процесу НТВ™

- Киплячий шар;
 - Газифікація проводиться нижче температури пом'якшення золи 800 – 1000 ° С;
 - Система сухого харчування вугіллям;
 - Циклон;
 - Зона постгазифікації для руйнування смоли;
 - Кілька сопел для оптимального розподілу кисню.
- Зольність вугільної речовини – до 45%
- Вологість вугільної речовини \approx 20%
- Фракція – 0-6 мм, із середнім діаметром 0,5 мм.

Максимальна одинична потужність газифікатора НТВ становить 700 МВт.

Продукти газифікації бурого вугілля. Синтез-газ як сировина для отримання різних речовин відомий і застосовується тривалий час (рис.4.9). Сировиною для його отримання можуть служити різні види вуглеводнів – від природного газу, до муніципальних відходів. Залежно від цінової кон'юнктури ринку вуглеводнів процеси газифікації ТГП останнім часом отримали широке поширення в світі [63].

Газифікація: максимальна гнучкість продукту

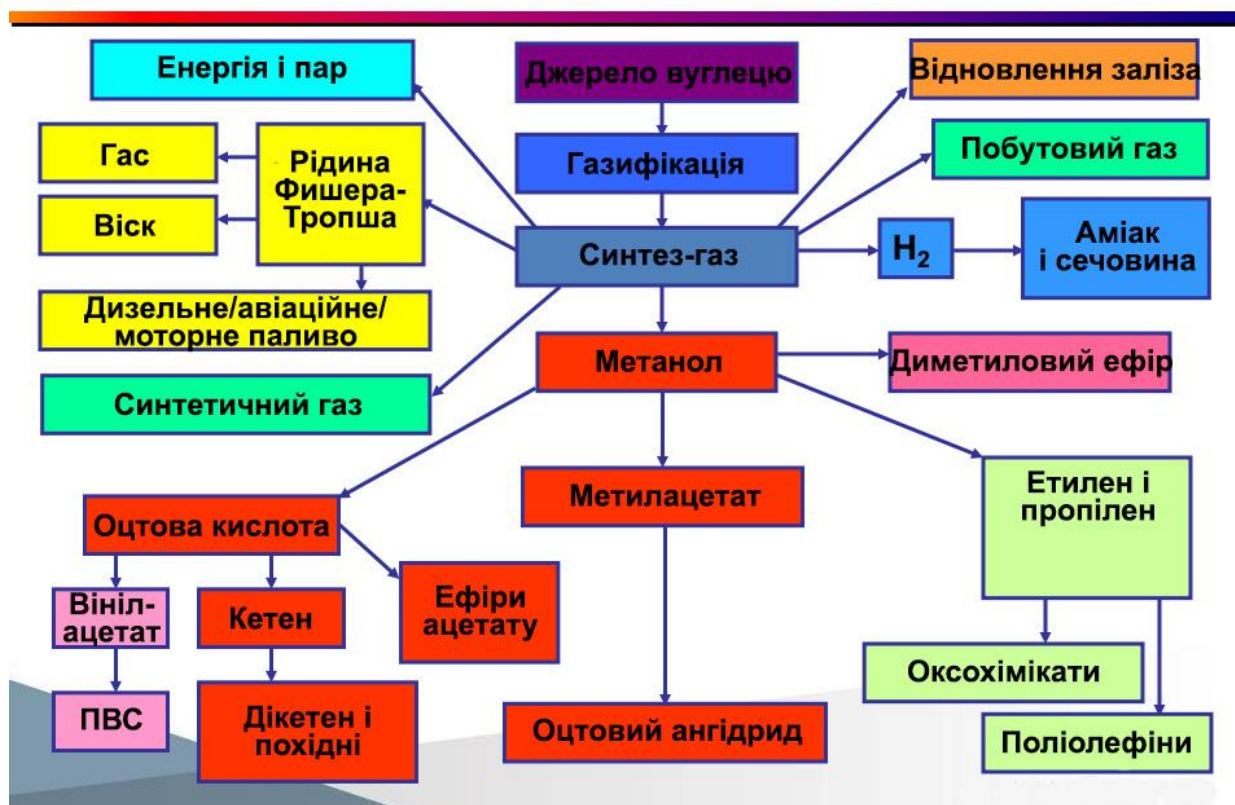


Рисунок 4.9 – Продукти газифікації бурого вугілля

Проте, не всі продукти з точки зору ККД процесу і цінової кон'юнктури, рентабельно отримувати на поточний момент часу.

Грунтуючись на даних матеріального і енергетичного балансу технічних звітів NETL, NREL та інших документів у т.ч. «Polygeneration-Annex: Combining lignite-based power generation and syngas-based chemicals production» TU Bergakademie Freiberg, Institute of Energy Process Engineering and Chemical

Engineering, Fuchsmuehlenweg 9, 09599 Freiberg, Germany, був виконаний розрахунок отримання різних продуктів на базі вугільної маси українських лігнітів.

Дані таблиці 4.6 показують, що, при прийнятих цінах, найбільш вагомим напрямком переробки бурого вугілля і отримання з нього продукції синтезу є метанол. На другому місці знаходиться аміак. Метан або замітник природного газу (ЗПГ) є найменш ефективним продуктом переробки в наземних газифікаторі.

Таблиця 4.6 – Дані щодо виготовлення продуктів синтезу на базі Ново-Дмитрівського кар'єру

Показники	Од. виміру	HTW-MTG	HTW-LTFT	HTW-NH3	HTW-CH4	HTW-CH3OH
Переробка вугілля	млн тон / рік	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8
	млн Гкал/рік	36,1	36,1	36,1	36,1	36,1
Час роботи, Т	доб.	335,0	335,0	335,0	335,0	335,0
Pth, Coal Annex	MWth	5 224,0	5 224,0	5 224,0	5 224,0	5 224,0
Вихід продукції	МТ-ч/год	20 055	19 089	22 077	25 620	25 689
		595	566	080	760	030
	Гкал/год	17 244	16 414	18 982	22 029	22 088
		707	072	872	888	590
	т/рік т.м ³ /рік	1 711 093	1 642 036	3 874 055	2 736 632	4 074 031
Ціна реалізації, без НДС	дол./т	517	444	300	210	320
Прибуток	Млн дол./рік	884 803	729 488	1 162 217	574 693	1 303 690

З огляду на те, що в даний час у зв'язку з деякими складнощами українські хімічні підприємства знизили виробництво аміаку і його похідних, а транспортна система – аміакопровід «Гольятті – Одеса» через деякий період часу може залишитися недовантаженою, подальший розрахунок прогнозованої економічної ефективності був виконаний для виробництва тільки аміаку (табл. 4.7, рис. 4.10).

Таблиця 4.7 – Розрахунок вартості ФМУВ на виробництво аміаку, дол./т

Показники	Од. вим. дол/МВт-год	Без дисконтування	З фактором дисконту
-----------	-------------------------	-------------------	---------------------

Капітальні витрати (CAPEX)	дол. США/т	53	184,1
Операційні витрати (OPEX)	дол. США/т	54,01	54,0
Усього (ΣCAPEX+OPEX)	дол. США/т	107	238,0

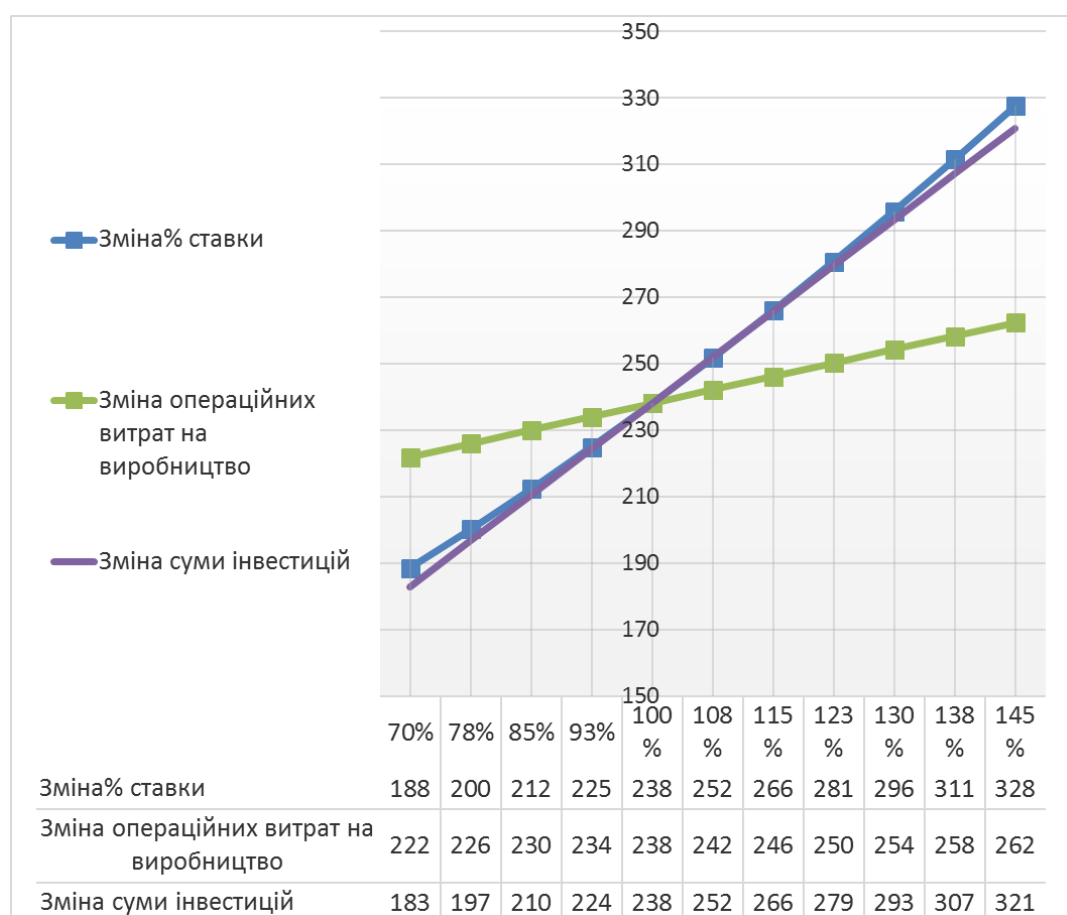


Рисунок 4.10 – Стрес-аналіз виготовлення аміаку на основі бурого вугілля

З рис. 4.10 видно, що проект з виготовлення аміаку на базі Ново-Дмитрівської родовища найбільш чутливий до вартості вкладеного капіталу, і в найменшій мірі, – до експлуатаційних витрат на виробництво. Це означає, що для підвищення фінансової стійкості переробного підприємства необхідно залучення капіталу з найменшим значенням процентної ставки і подальшою оптимізацією капітальних вкладень в сторону зменшення. З огляду на те, що проект розглядався в постійних цінах без урахування інфляції, то прийнята в розрахунку процентна

ставка 10% річних, є реальною. Беручи до уваги, що в якості основного обладнання розглядалися поставки обладнання по імпорту, з огляду на можливість локалізації виробництва частини обладнання на українських підприємствах, цілком можливе зниження капітальних вкладень на рівень близько 20%.

4.2 Напрямки рекультивації порушених земель при розробці буровугільних родовищ

Існує кілька способів розкриття горизонтальних родовищ, спрямованих на зменшення площі земель, що порушуються при проведенні розкривних виробок [64]. Однак, ці способи здійснюються шляхом виконання додаткових гірничобудівельних робіт і застосування складних транспортних технологічних схем. Це призводить до підвищення собівартості розробки корисних копалин. В роботі [65] було проаналізовано можливі варіанти технологічних рішень щодо експлуатації й гірничотехнічної рекультивації земель, відчужуваних під гірничі відводи марганцеворудних кар'єрів Орджонікідзевського ГЗК. У ній встановлено найбільш доцільні комплекси гірничотехнічного обладнання для виконання рекультиваційних робіт, а також витрати на відновлення природних ресурсів. Встановлено, що в залежності від технологічної схеми рекультиваційних робіт витрати на гірничотехнічну рекультивацію становлять 64 – 88,8 тис. грн. за гектар. Проте в роботі не обгрутован технологічні рішення щодо скорочення кількості порушуваних земель.

В ІТГМ ім. Н.С. Полякова НАН України виконані роботи по дослідженню методів відновлення якості родючих земель, порушених гірничими роботами шляхом їх пошарової та гірничотехнічної рекультивації [66]. У той же час питання землесбереження при розробці пологих родовищ корисних копалин не розглянуті.

Аналіз існуючих наукових праць показує, що найбільший інтерес у сучасних науково-дослідних розробках приділений гірничотехнічній та біологічній видах рекультивації вже порушених земель. Недоліками відомих землесберегаючих технологій є складність в організації та плануванні робіт, що негативно вплива-

ють на інтенсивність посування фронту гірничих робіт, а також необхідність залучення додаткової гірничої техніки на етапі розкриття родовища.

У зв'язку з цим, вишукування нових параметрів технології розробки родовищ пологого залягання без використання зовнішньої капітальної траншеї виконано на прикладі типової схеми робіт кар'єрів ОГЗК і МГЗК (Нікопольський марганцеворудний басейн) глибиною 20 – 120 м з кроком 10 м і кутами природного укоосу порід розкриву 30 – 50 ° з кроком 10 °.

Корисна копалина Нікопольського марганцеворудного басейну представлена у вигляді марганцевих конкреційних утворень, включених в товщу піску і глини. Середня потужність пласта складає 1,9 м, при середній потужності порід розкриву 55,7 м. Відпрацювання порід розкриву виконується за комбінованою системою розробки трьома уступами з паралельним посуванням фронту гірничих робіт (рис. 4.11).

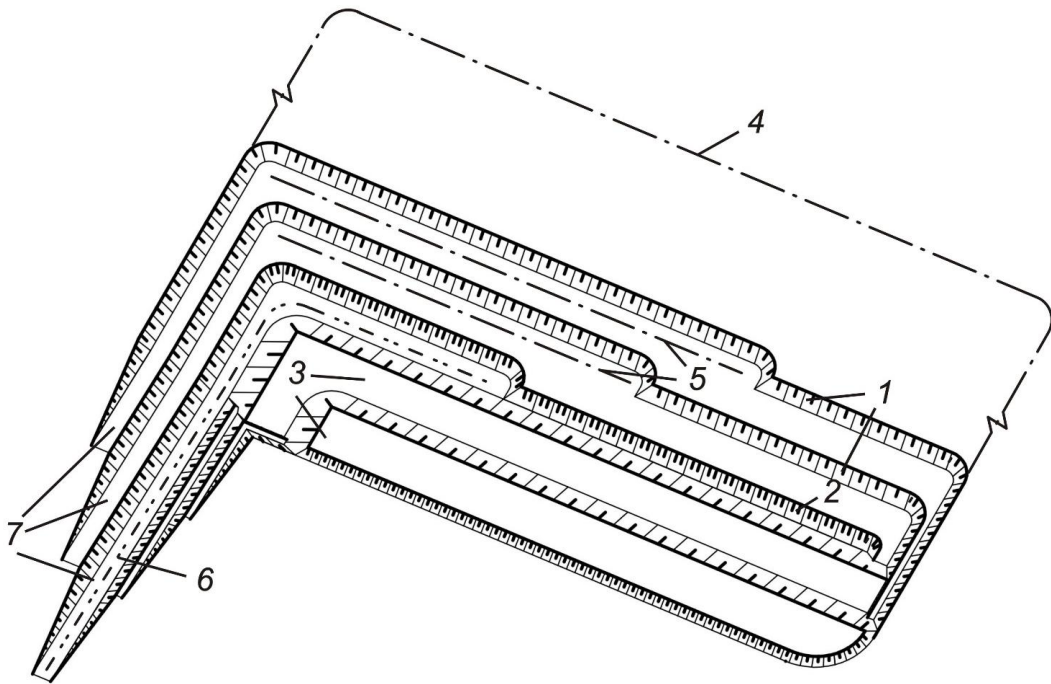


Рисунок 4.11 – Типова технологічна схема розробки горизонтальних родовищ: 1 – розкривні уступи; 2 – видобувний уступ; 3 – внутрішній відвал; 4 – межа гірничого відводу; 5 – вісь руху розкривних екскаваторів; 6 – вісь транспортування корисної копалини; 7 – зовнішня капітальна траншея

Нижній розкривної уступ відпрацьовується двома підступами із застосуванням драглайнів: перший зверху відпрацьовуються верхнім черпанням, другий - нижнім. Два верхніх уступи відпрацьовують роторним екскаватором: перший відвантажує породи розкриву до внутрішнього відвалу через відвальний міст,

другий – по магістральному конвеєрі через транспортер. Корисна копалина відпрацьовується гусеничним екскаватором, після чого автосамосвалами доставляється на рудний склад, звідки другим екскаватором відвантажується до залізничного складу. Проектна виробнича потужність кар'єру по розкриву в становить 31,25 млн м³, по руді – 1,98 млн т. Ширина кар'єрного поля – 2,5 км, довжина – 6 км. Відстань транспортування руди автосамоскидом – 3 км.

При існуючих параметрах кар'єру, площа, що відчужується під капітальну траншею в межах земельного відводу, досягає 12 га. Загальна площа відчужуваних земель під гірничий відвід – 1667 га, з них рекультивована площа внутрішнього відвалу – 1393,5 га (83,6%). Площа капітальної траншеї після закінчення терміну служби кар'єра – 216,5 га (13%), площа залишкової траншеї – 57 га (3,4%). Таким чином, після закінчення терміну служби кар'єру, 285,5 га землі (без урахування залізничної дороги, автошляхів, відвалів і адміністративних будівель) будуть безповоротно втрачені для сільського господарства. При цьому площа капітальної траншеї складе 228,5 га (80%). Економічні збитки сільському господарству від втрати цих площ Π (грн.) розраховуються за формулою:

$$\Pi = 0,1S(C - 3)U; \quad (4.1)$$

де: Π – річний прибуток з даної площі землі, грн.; S – площа порушуваних земель, га; C – дохід від використання відновлених в сільському господарстві, грн./т; 3 – витрати на вирощування сільгосп культур, грн./т; U – урожайність сільськогосподарських культур, ц / га.

У якості сільськогосподарських культур розглянуто пшеницю. Згідно ринкової вартості, дохід з 1 га ріллі становить 3,5 тис. грн. Таким чином, щорічний збиток сільському господарству від невикористання земель, зайнятих капітальною траншеєю досягає 1,12 млн. грн. Шляхом математичного та комп'ютерного моделювання встановлена залежність площі порушуваних земель від потужності порід розкриву при аналогічних параметрах (потужність порід розкриву 20 – 120 м, кути природнього укосу порід розкриву 30 – 50 °) в межах гірничого відводу і пологої частини капітальної траншеї (рис. 4.12).

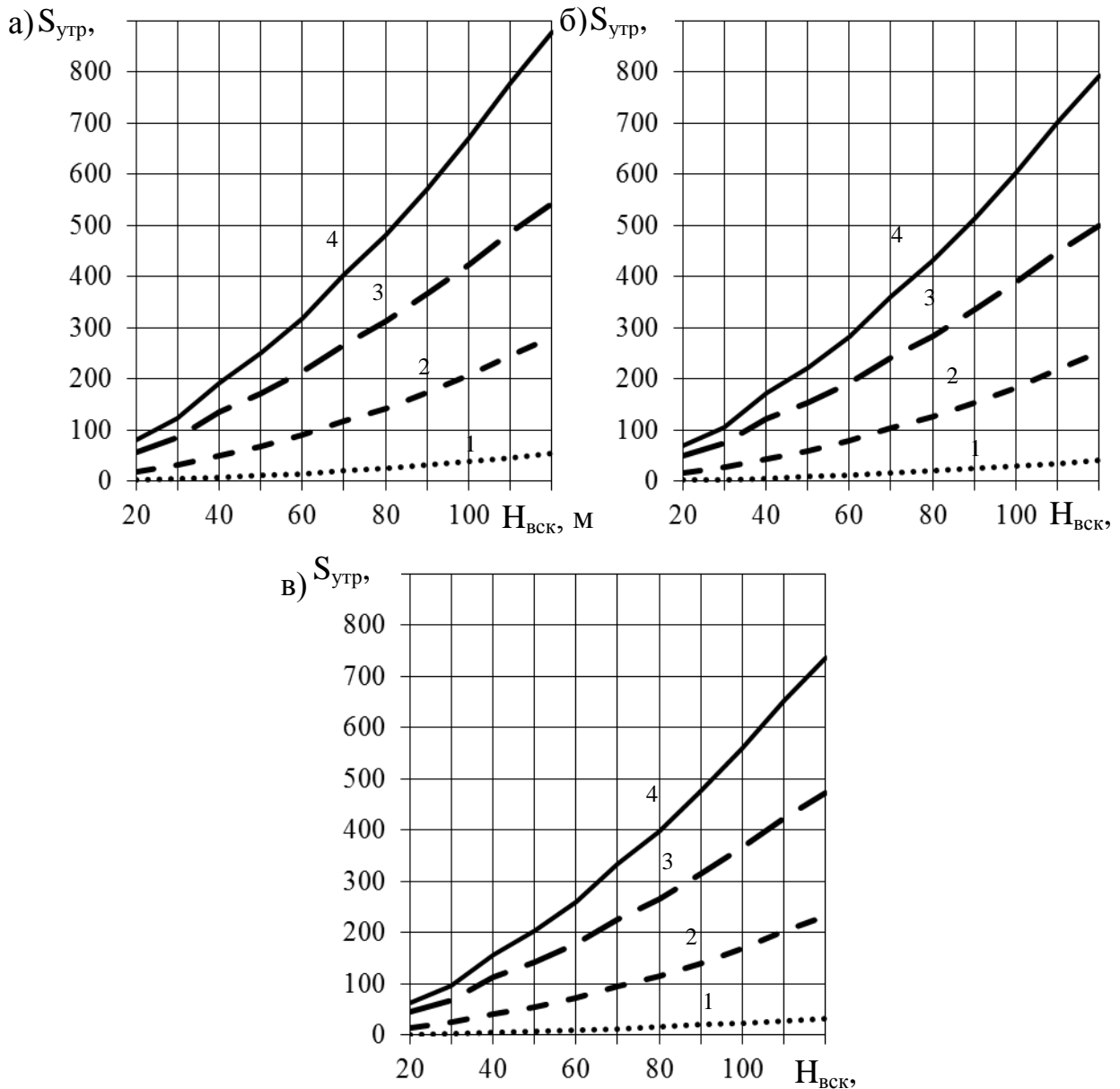


Рисунок 4.12 – Залежність площі втрачених земель ($S_{\text{утр}}$, га) від потужності порід розкриття ($H_{\text{вск}}$, м) при потужності корисної копалини 2 м, кутах природнього укосу порід 30° (а), 40° (б), 50° (в), де 1 – площа, зайнята похилою частиною капітальної траншеї; 2 – площа залишкової траншеї верхом; 3 – площа капітальної траншеї верхом після закінчення відпрацювання кар'єрного поля; 4 – площі, займані капітальної та залишкової траншеями

Аналіз графіків, представлених на рис. 4.12, показав, що зі збільшенням глибини кар'єру в 6 разів з 20 м до 120 м, збільшується площа порушених земель в 14,6 разів – з 60 га до 880 га. З виразу (4.1) випливає, що невикористання цих земель в сільському господарстві еквівалентне збитку 0,21 – 3,08 млн грн на рік, відповідно.

Зменшення площі порушених земель відкритою розробкою під час експлуатації кар'єру можливо здійснювати шляхом ліквідації зовнішніх капітальних траншей. Це можливо виконувати за рахунок застосування сучасних гірничо-транспортного обладнання та технологій. Одним із видів такого обладнання є крутонахилені конвеєри (КНК). Вони дозволяють доставляти гірничу масу на поверхню по найкоротшій відстані.

Діючі КНК мають ряд переваг: при їх установці немає необхідності в розносі борту, а також спорудженні додаткових гірничих виробок; менші у порівнянні з традиційними конвеєрами матеріаломісткість, а також менша площа; можливість транспортування гірничої маси на більшу висоту одним конвеєрним ставом; при комбінуванні з циклічним транспортом підвищується його ефективність в підвищенні продуктивності й витрати палива; скорочення просипу породи і вивітрювання вантажу, що веде до поліпшення внутрішньокар'єрної екологічної ситуації, а також сприяє меншому запиленню земель навколо підприємства [43].

Досвід застосування КНК на глибоких кар'єрах є в Узбекистані, Сербії, Мексиці, США, Канаді, Південно-Африканській республіці та інших. В Україні ряд гірничодобувних підприємств, такі як Полтавський ГЗК і Південний ГЗК, розглядають перспективу застосування КНК у якості гірничотранспортного ланцюга при комбінованих видах транспорту. Такі комплекси в Україні проектують і будують на Новокраматорському машинобудівному заводі (НКМЗ). Для Навоїнського гірничо-металургійного комбінату (НГМК) по робочому проекту ДП «Інститут УкрНІІпрект» заводом НКМЗ побудований гірничотранспортного комплексу ЦПТ-руда, до складу якого входить транспортна установка КНК-270 [43].

За даними НГМК за 2012 рік економічний ефект, отриманий від впровадження в технологічну схему транспортної складової КНК-270 склав близько 1,5 млн доларів США. При цьому відстань транспортування автотранспортом знижена на 40%, а пробіг автосамоскидів – на 3,6 км. Для використання КНК в умовах розробки пологих родовищ, конвеєр повинен мати рухливі опори, оскільки на кар'єрах відбувається постійне посування фронту гірничих робіт, внаслідок чого застосування КНК в стаціонарному положенні неможливе. Рішенням цієї

проблеми може бути установка опор КНК на рейковому ході. Це рішення забезпечить переміщення конвеєрного ставу паралельно з посуванням фронту гірничих робіт і транспортуванням корисної копалини на поверхню за найкоротшою відстанню без проведення додаткових розкривних виробок (рис. 4.13).

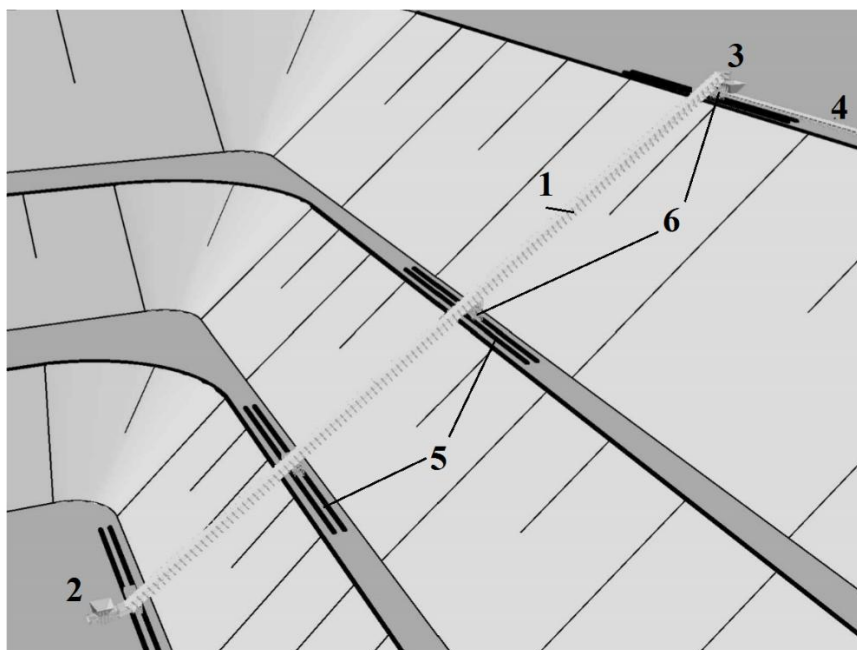


Рисунок 4.13 – Крутонахилений конвеєр з опорами на рейковому ході:
 1 – крутонахилений конвеєр з притискнутою стрічкою; 2 – приймальний бункер;
 3 – бункер-перевантажувач; 4 – магістральний конвеєр; 5 – рейковий шлях;
 6 – опори на рейковому ході

Застосування КНК такої конструкції дозволяє відмовитися від експлуатації капітальної траншеї, що дає можливість вести закладку виробленого простору по всій ширині кар'єрного поля під час експлуатації кар'єра. В такому випадку площа достроково рекультивованих земель, наприклад для умов Запорізького кар'єру – збільшиться на 216,5 га. Таким чином, після закінчення відпрацювання кар'єрного поля площа рекультивованих земель під сільськогосподарське використання складе 96,6% від порушених гірничими роботами. Також шляхом розтину родовища із закладенням капітальної траншеї в межах гірничого відводу скорочується порушення площі земельного відводу до 12 га (рис. 4.14).

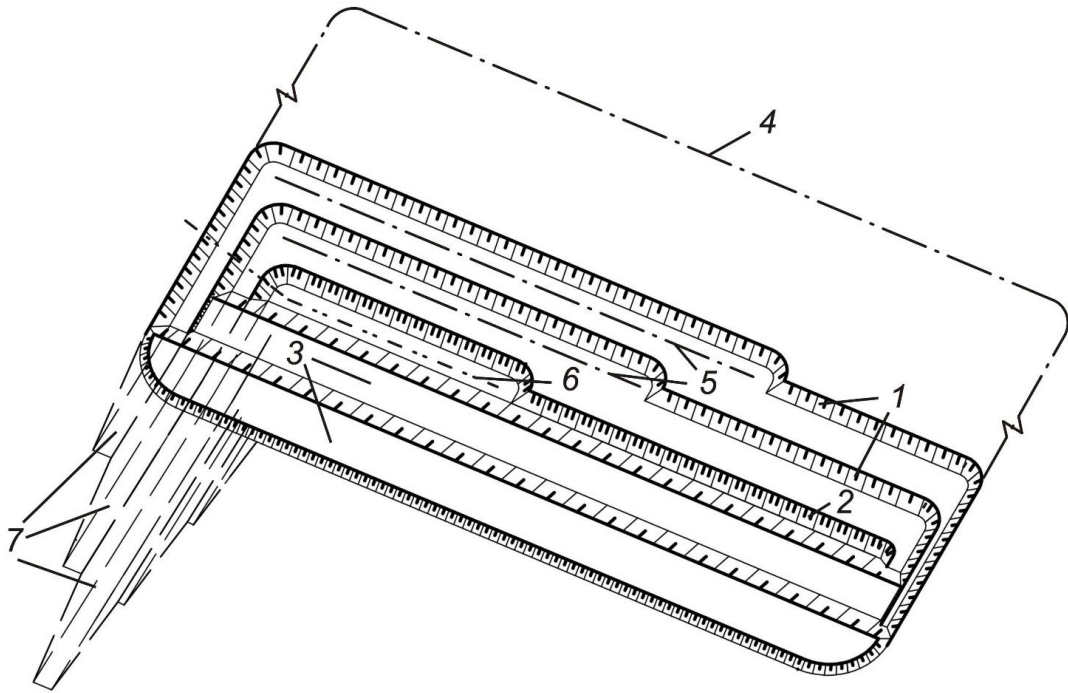


Рисунок 4.14 – Пропонована технологічна схема розробки горизонтальних родовищ: 1 – розкривні уступи; 2 – видобувний уступ; 3 – внутрішній відвал; 4 – межа гірничого відводу; 5 – вісь руху розкривних екскаватора; 6 – вісь транспортування корисної копалини; 7 – контур зовнішньої капітальної траншеї

Економічний ефект від впровадження КНК на рекультиваційних роботах розраховується за формулами:

$$\Delta S_{\text{сбер}} = \Sigma S_{\text{нар1}} - \Sigma S_{\text{нар2}}, \text{ га} \quad (4.2)$$

$$\Delta S_{\text{рекульт}} = \Sigma S_{\text{утр1}} - \Sigma S_{\text{утр2}} - \Sigma S_{\text{сбер}}, \text{ га} \quad (4.3)$$

де: $\Delta S_{\text{сбер}}$ – ефективність втілення запропонованої технології (з урахуванням розтину родовища із закладенням капітальної траншеї в межах кар'єрного поля) щодо існуючої зі зберіганням від порушення частини земельного відводу, га; $\Sigma S_{\text{нар1}}$, $\Sigma S_{\text{нар2}}$ – загальна площа порушуваних земель при розробці родовища за існуючою і запропонованою технологіями відповідно, га; $\Delta S_{\text{рекульт}}$ – ефективність запропонованої технології щодо існуючої по земній поверхні, що рекультивується, га; $\Sigma S_{\text{утр1}}$, $\Sigma S_{\text{утр2}}$ – загальна площа втрачених земель при розробці родовища за існуючою і запропонованою технологіями відповідно, га.

Розрахунки, виконані за формулами (4.1, 4.2, 4.3) вказують на ефективність запропонованої технології з точки зору землесбереження. Площа збережених від порушення земель в умовах одного кар'єру становить 1,5 – 65 га, а додатково рекуль-

тивованих – 45 – 530 га (рис. 4.15). Річний економічний ефект від повернення земель, що зберігаються від порушення і рекультивованих в сільському господарстві складе 5,3 – 227,5 тис. грн і 0,16 – 1,85 млн. грн., відповідно.

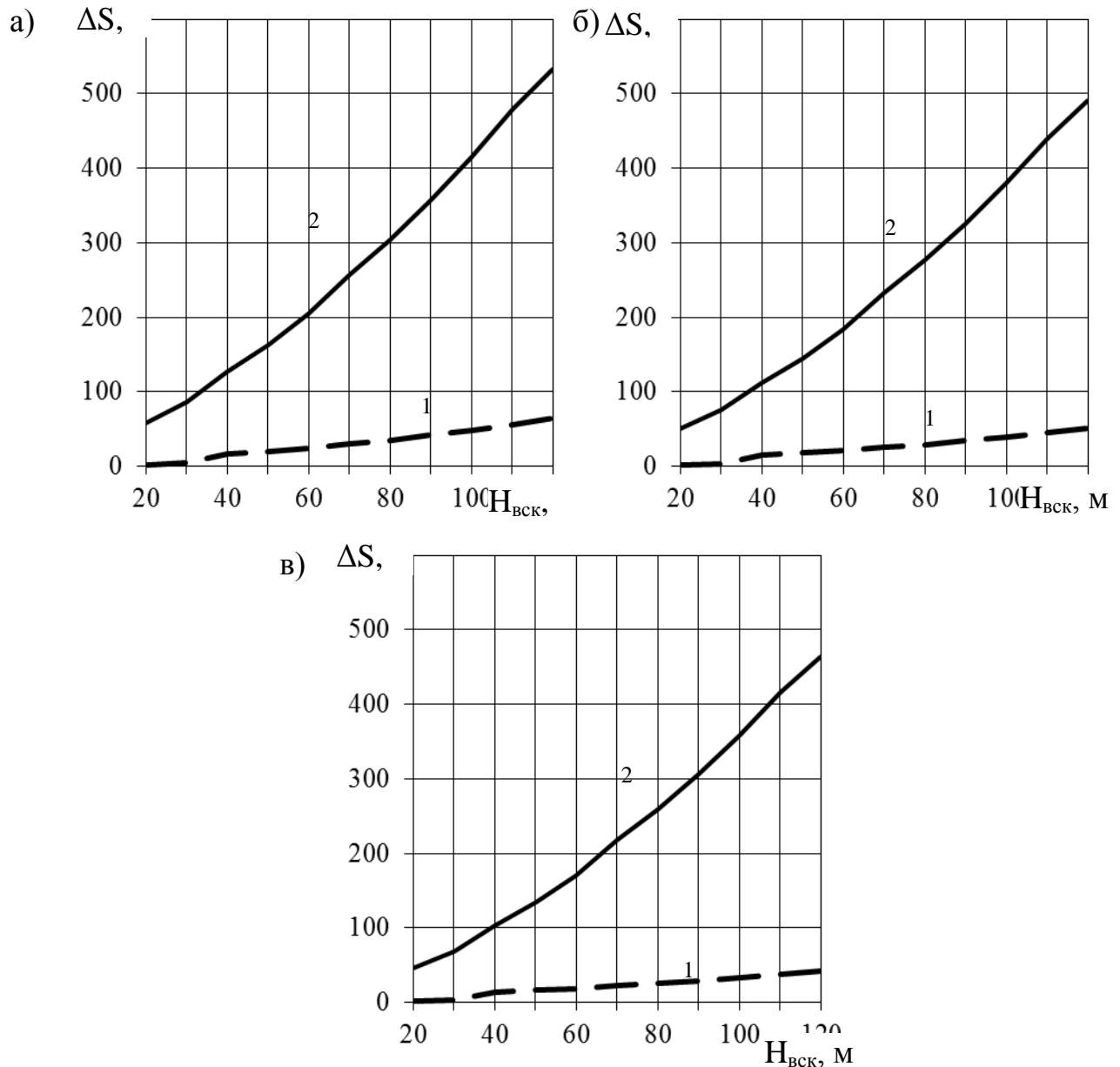


Рисунок 4.15 – Ефективність застосування круто нахилених конвеєрів за площею (ΔS , га) при потужності корисної копалини 2 м, кутах природного укосу порід 30° (а), 40° (б), 50° (в); де 1 – ефект по збереженим землям; 2 – ефект по землі, що рекультивується

Виконані дослідження показують, що застосування крутонахилених конвеєрів для умов відкритої розробки родовищ корисних копалин пологого залягання є доцільним і має позитивний екологічний і економічний ефект з точки зору заощадження орних земель від порушення в розмірі 0,16 – 2 млн. грн./рік. Розроб-

ку і спорудження КНК запропонованої конструкції можливо здійснити зусиллями українських проектних інститутів і підприємств важкого машинобудування без залучення іноземних фахівців в цій сфері виробництва.

Для умов типових горизонтальних родовищ з глибиною залягання корисних копалин 20 – 120 м, ефективність рекультиваційних робіт із застосуванням крутонахиленого конвеєра в якості транспорту зростає в 10 – 12 разів. Встановлено, що для умов розробки Запорізького кар'єру застосування запропонованої технології дозволить отримати економічний ефект від дострокового повернення додатково рекультивованих земель сільському господарству в розмірі понад 800 тис. грн. на рік. Дану технологію доцільно застосовувати також і для умов кар'єрів Марганецького та Орджонікідзевського ГЗК, чинного Мокрокалігорського і перспективного для експлуатації Костянтинівського буровугільних розрізів.

4.3 Нові технологічні рішення з розкриття й відпрацювання глибоких буровугільних родовищ

Спосіб розкриття нижніх горизонтів діючого глибокого кар'єру. У процесі відпрацювання перших нижніх горизонтів в кар'єрі гірничу масу транспортують до дробарки автосамоскидами (рис. 4.16), а з боку неробочого торця кар'єру по його укосі розміщують першу окрему секцію основного крутонахиленого стрічково-візкового конвеєра, сполучають його розвантажувальну кінцівку із дробаркою крупного дроблення живильником із одночасним формуванням по мірі розкриття кожного нижчележачого горизонту відповідної транспортної площадки з перевантажувальним пристроєм та бункером-накопичувачем. Далі продовжують завантаження кожного бункера-накопичувача гірничою масою автосамоскидами та одночасно на укосі нижчележачих горизонтів, із зміщенням у напрямку до робочої зони кар'єру, розміщують допоміжний стрічково-візковий конвеєр, а основний стрічково-візковий конвеєр кожного разу в процесі поглиблення гірничих робіт нарощують черговою секцією, після чого переміщують допоміжний конвеєр на нижчележачий горизонт, з'єднуючи з відповідною нарощеною секцією основного конвеєра, і так безперервно транспортують гірничу масу із почерговим на-

рощуванням секціями основного конвеєра та переміщенням униз допоміжного аж до проектної глибини кар'єру [67].

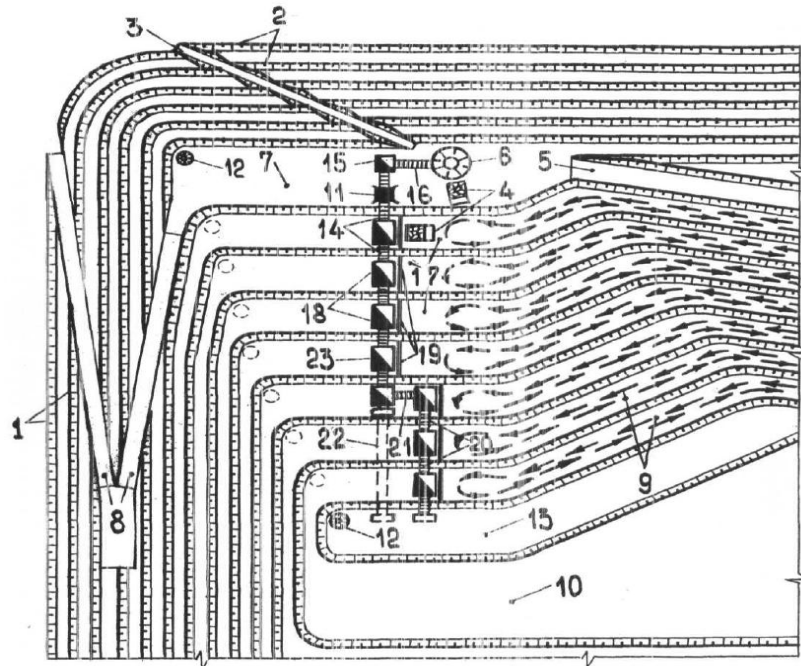
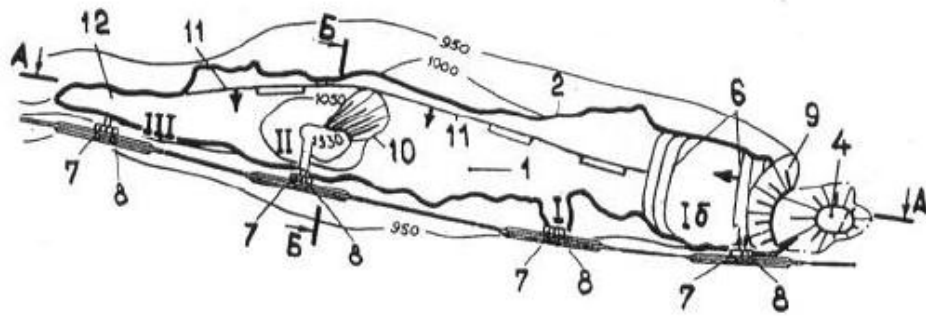


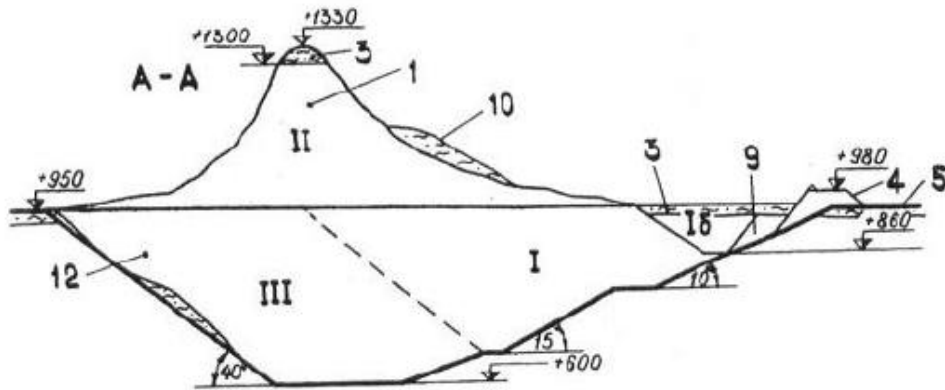
Рисунок 4.16 – Технологічна схема розкриття нижніх горизонтів діючого глибокого кар'єру у плані, на якій показано: 1, 2 – неробочий борт кар'єру у торці кар'єрного поля та на прилягаючій до нього фронтальній ділянці; 3 – діючий стрічковий конвеєр; 4 – автосамоскиди; 5 – капітальна траншея для переміщення гірничої маси автосамоскидами; 6 – дробарка крупного дроблення; 7 – концентраційний горизонт для розвантаження автосамоскидів у дробарку крупного дроблення; 8 – допоміжна траншея для заїзду автосамоскидів у кар'єр; 9 – нижчележачі транспортні площадки робочої зони кар'єру; 10 – робочі горизонти кар'єру; 11 – платформа для проїзду автосамоскидів; 12 – водозбірники; 13 – розрізна траншея; 14 – основний крутонахилений стрічково-візковий конвеєр; 15 – бункер-перевантажувач; 16 – розвантажувальний живильник; 17 – розширена частина транспортної площадки; 18 – бункери-накопичувачі; 19 – огорожуючий залізобетонний брус; 20 – допоміжний крутонахилений стрічково-візковий конвеєр; 21 – перевантажувальний живильник; 22 – траса для нарощування довжини основного крутонахилоного стрічково-візкового конвеєра; 23 – кінцевий бункер-накопичувач основного конвеєра

Спосіб відкритої розробки нагірно-заглибленого родовища залізної руди. Спосіб відкритої розробки нагірно-заглибленого родовища залізної руди (рис. 4.17), що включає відпрацювання нагірної й глибинної частин кар'єрного поля, складування та транспортування залізної руди й пустих порід, який відрізняється тим, що попередньо кар'єрне поле у плані поділяють на три етапи, **перший** формують у межах пологої поздовжньої частини родовища нижче рівня панівної зем-

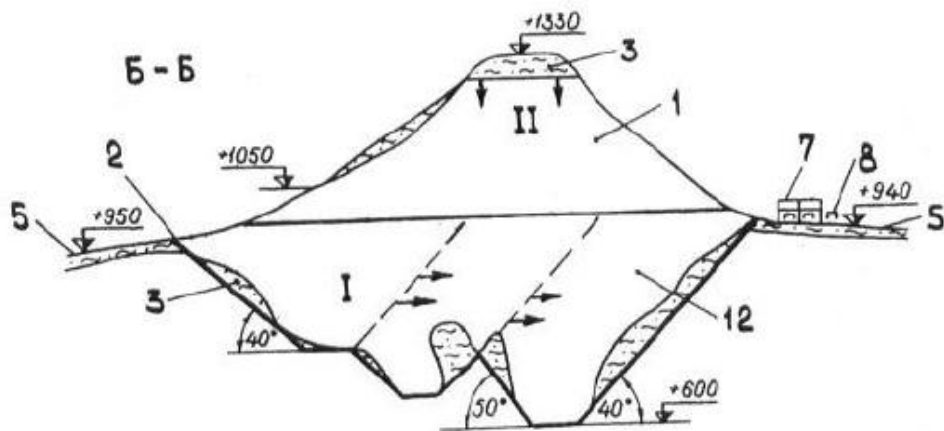
ної поверхні до кінцевої глибини залягання й відпрацьовують поперечними західками від граничного торця кар'єрного поля у напрямку до межі із другим етапом зі складування покриваючих пустих порід спочатку на прилеглий до граничного торця зовнішній площі, а потім – у виробленому просторі до постійного внутрішнього відвалу; одночасно за **другим етапом** нагірну частину розробляють послідовними, починаючи зверху, шарами з вершини гори до рівня панівної поверхні родовища із формуванням накопичувального складу руди за граничним контуром кар'єру та тимчасовим складуванням пустих порід до підніжжя гори; за **третім етапом** протилежну від внутрішнього відвалу поздовжню частину родовища відпрацьовують в напрямку виробленого простору поздовжніми західками зі складуванням пустих порід сумісно із породами першого і другого етапів з панівної поверхні у виробленому просторі, а здобуту руду на відповідних зовнішніх складах кожного із етапів завантажують до вагонів залізничного транспорту й вивозять за межі кар'єру, після чого відсипаний внутрішній відвал рекультивують у лісогосподарському напрямку, а залишкову частину виробленого простору в кар'єрі відводять для заповнення підземними й дощовими водами із можливістю улаштування у ній садкового рибного господарства і так до повного відпрацювання запасів залізної руди [68].



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

Рисунок 4.17 – Схема послідовності відпрацювання нагрірно-заглибленого родовища, де на плані (фіг.1) та поздовжньому (фіг.2) і поперечному перерізах (фіг.3) позначено: I, II, III – етапи відпрацювання кар'єрного поля; 1 – план кар'єрного поля; 2 – західний фронтальний контур кар'єрного поля; 3 – покривні пусті породи; 4 – тимчасовий зовнішній відвал пустих порід; 5 – рівень панівної земної поверхні; 6 – поперечні екскаваторні західки; 7 – перевантажувальні бункери; 8 – залізничні станції; 9 – постійний внутрішній відвал у виробленому просторі; 10 – тимчасовий внутрішній відвал другого етапу; 11 – поздовжні екскаваторні західки; 12 – остаточний об'єм виробленого простору

Крутонахилений стрічково-візковий конвеєр для транспортування крупношматкової гірничої маси. Крутонахилений стрічково-візковий конвеєр для транспортування крупношматкової гірничої маси (рис. 4.18), що має корпус, несучу стрічку, привідний та натяжний барабани, дугоподібні траверси на ходових опорах, які поєднані між собою ланцюгами, механізм утримання насипного вантажу.

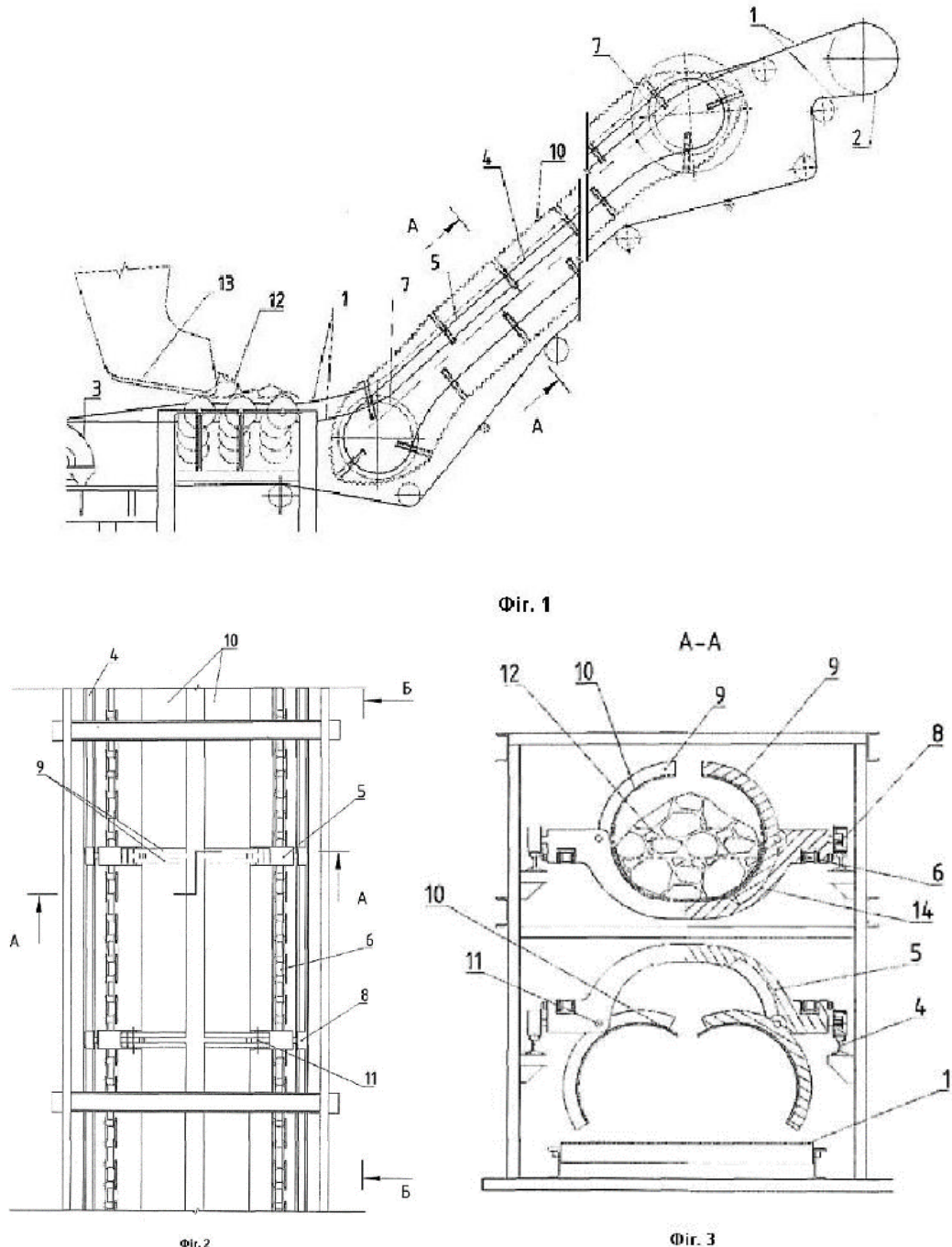
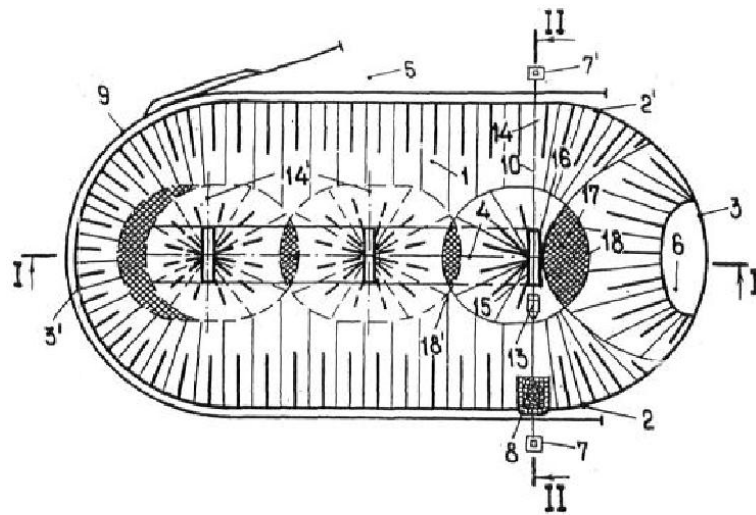


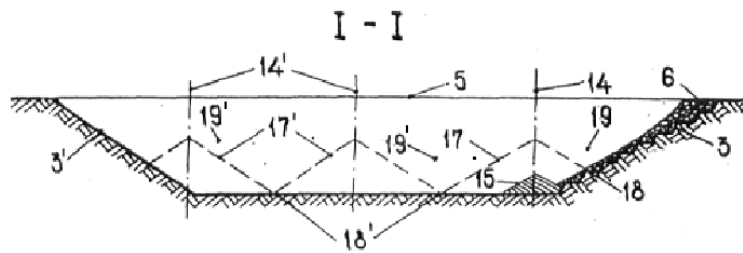
Рисунок 4.18 – Крутонахилений стрічково-візковий конвеєр: 1 – несуча стрічка; 2, 3 – привідний і натяжний барабани; 4 – постав з напрямними; 5 – дугоподібні траверси; 6 – ланцюги; 7 – привідні шестерні; 8 – ходові ролики; 9 – притискні нерівноплечі важелі. 10 – бокові стрічкові відрізки; 11 – шарніри; 12 – сипучий матеріал; 13 – живильник; 14 – нижні роликопари

Механізм утримання виконано секційним, а кожену секцію виготовлено із установлених на відповідних траверсах пар суміжних нерівноплечих важелів, причому важелі кожної секції на внутрішній поверхні мають з обох боків жорстко закріплені на внутрішній поверхні відповідні відрізки конвеєрної стрічки, вільні кінці яких укладено під несучу стрічку з можливістю переміщення останніх та разом з важелями як поворотний елемент та змикання в коло над несучою стрічкою під час транспортування вантажу [69].

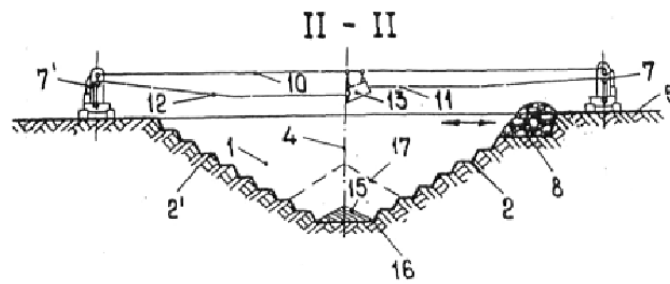
Спосіб засипки відробленого глибокого кар'єру. Спосіб засипки відробленого глибокого кар'єру (рис. 4.19), що включає доставку відвальної породи технологічним транспортом до борту кар'єру, розвантаження її до приймального бункера, утвореного у непорушеному масиві верхнього уступу на борту відпрацьованого кар'єру нижче рівня транспортних комунікацій, подальше переміщення породи транспортним засобом поверхнею внутрішнього відвалу з визначеного торця кар'єру з формуванням його відвальними західками, який відрізняється тим, що попередньо на протилежних стійких фронтальних бортах кар'єру улаштовують відповідну привідну й натяжну опори баштового екскаватора, далі в процесі укладання породи в першу відвальну західку ківшовим скрепером баштового екскаватора формують її нижній шар до змикання по дну виробленого простору з нижніми брівками протилежних фронтальних бортів та з одним із торців кар'єру, нарощують далі відвальну західку до денної поверхні, продовжують послідовно одна за одною засипку відповідними відвальними західками з попереднім формуванням і нарощуванням їх висоти до денної поверхні й засипкою між ними та одним із торців кар'єру породою, яку доставляють технологічним транспортом та укладають відвальним устаткуванням, а потім покривають м'якими породами розкриву для виконання наступної рекультивації або нарощують породу відвалом [70].



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

Рисунок 4.19 – Послідовність засипки відробленого глибокого кар'єру, на якому у плані (фіг. 1), поздовжньому (фіг. 2) та поперечному (фіг. 3) перерізах позначено: 1 – відроблений кар'єр; 2 і 2' та 3 і 3' – положення фронтальних і торцевих бортів відносно поздовжньої осі по лежачому й висячому боках кар'єру; 4 – поздовжня центральна вісь між бортами кар'єру; 5 – поверхня землі; 6 – стійке положення відвального насипу у торці кар'єру; 7 і 7' – привідна та хвостова опори баштового екскаватора; 8 – приймальний бункер для відвальної породи; 9 – відвальна залізнична колія; 10, 11 і 12 – підвісний, хвостовий і тяговий канати баштового екскаватора; 13 – ківшовий скрепер; 14 і 14' – поздовжня вісь першої та наступних відвальних заходок; 15 – нижній шар першої відвальної заходки; 16 – внутрішня нижня брівка нижнього шару першої відвальної заходки; 17 і 17' – наступні шари відповідних відвальних заходок; 18 і 18' – нижні внутрішні брівки першої й наступних відвальних заходок; 19 і 19' внутрішня ємність між торцем кар'єра й внутрішньою поверхнею першої відвальної заходки та у подальшому між ними

Пристрій для транспортування відходів збагачення до хвостосховища.

Пристрій для транспортування відходів збагачення до хвостосховища (рис. 4.20), що включає напірний пульпопровід, який відрізняється тим, що робочий кінець пульпопроводу виконаний ступінчато-секційним із послідовним зростанням днища ступенів по висоті одного за одним у сторону випуску пульпи та має перфоровані лотки для розтікання шламу, кожен пару з яких закріплено під днищем відповідної секції з направленням лотків у протилежні сторони відносно поздовжньої осі, а між суміжними секціями є поперечні перемички, верхня частина кожної з яких є перфорованою [71].

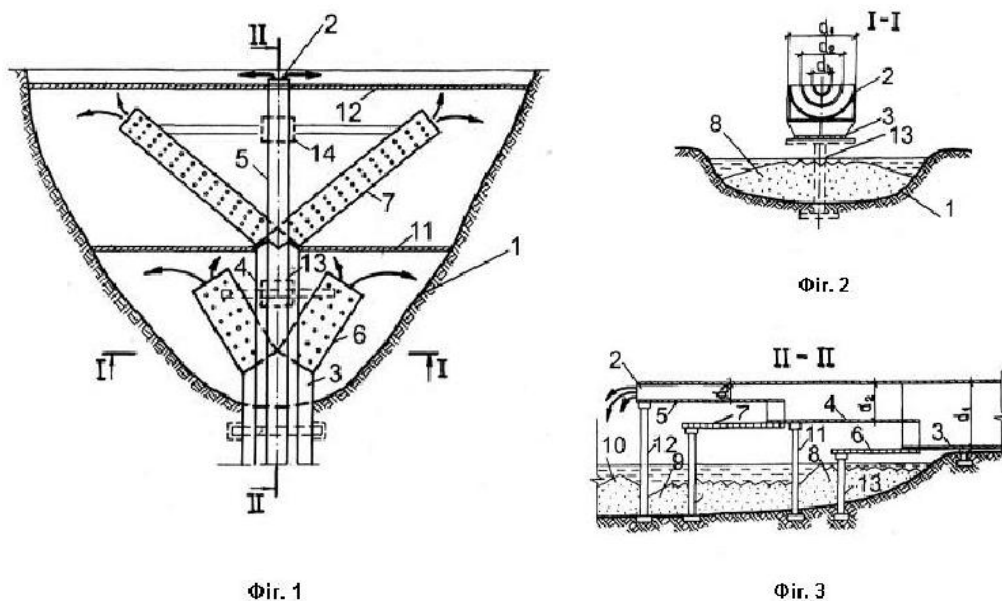


Рисунок 4.20 – Приймальна частина хвостосховища у плані, на фіг. 2 і фіг. 3 – відповідно на поперечному та повздовжньому перерізах. На кресленнях позначено: 1 – приймальна частина хвостосховища; 2 – робочий кінець пульпопроводу; 3, 4, 5 – послідовно зростаючі по висоті днища ступінчатих секцій пульпопроводу; 6, 7 – пара перфорованих лотків, що закріплені з нахилом під відповідними днищами секцій пульпопроводу 3 і 4 та направлені у різні сторони від його повздовжньої осі 2; 8, 9, 10 – заскладовані за встановленою крупністю хвосту збагачення; 11, 12 – поперечні перемички у хвостосховищі; 13, 14 – опори перфорованих лотків

Спосіб відкритої розробки крутоспадаючих родовищ корисних копалин. Спосіб відкритої розробки крутоспадаючих родовищ корисних копалин (рис. 4.21), що включає підготовку кар'єрного поля, розкриття, розробку гірничої маси з встановленим темпом поглиблення та транспортування її на денну поверхню.

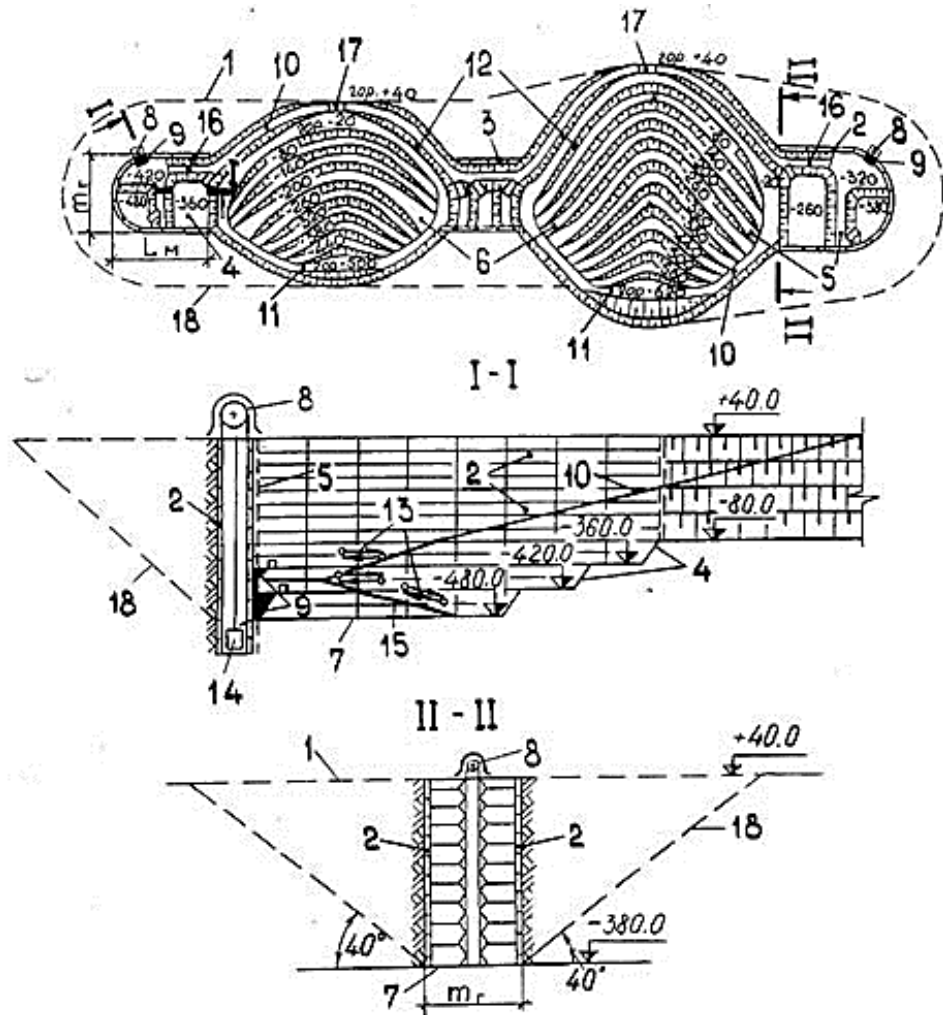
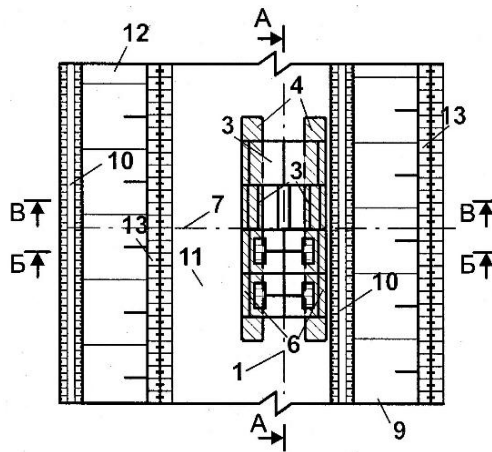


Рисунок 4.21 – Схема послідовності відпрацювання крутоспадного родовища з мінливою горизонтальною потужністю: а – вид в плані, б – вид в поздовжньому перетині, в – вид в поперечному перетинах: 1 – контур кар'єрного поля на денній поверхні; 2, 3 – підпирні стінки в торцях кар'єрного поля і на його відповідних малопотужних ділянках; 4 – робочі уступи; 5 – відкрите робочий простір кар'єру; 6 – потужні ділянки родовища; 7 – проектна глибина розробки родовища; 8 – підйомний скіповий комплекс; 9 – прийомні бункери скіпового комплексу; 10, 11 – відповідно виїзні та розрізні траншеї; 12 – робочі горизонти кар'єру; 13 – напрямок руху навантажених і порожніх автосамоскидів; 14 – скіпові ємності; 15 – автомобільні з'їзди; 16 – система капітальних виїзних траншей; 17 – вихід транспортних комунікацій на денну поверхню; 18 – обсяги порід розкриття, які зберігаються від порушення

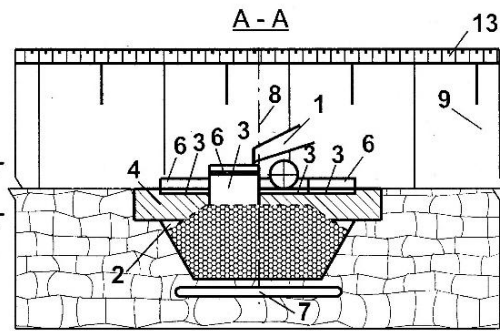
Спосіб відрізняється тим, що попередньо на денній поверхні будують підйомний скіповий комплекс, а в процесі підготовки кар'єрного поля визначають зони ідентичних потужностей рудного тіла, на кожній малопотужній із яких у межах до проектної глибини розробки будують приймальні бункери з пошаговим переміщенням один відносно одного під відповідними скіповими підйомачами.

При цьому розкриття робочих горизонтів здійснюють шляхом проведення виїзних і розрізних траншей із посуванням фронту добувних робіт у протилежному від кріплення напрямку, розпушену вибухом гірничу масу навантажують і транспортують за різновидами до приймальних бункерів, які відповідно до встановленого темпу поглиблення переносять по чергово один за одним углиб кар'єру з відповідним нарощуванням кріплення вертикальних огорожувальних стінок, які виконують суцільними по висоті у межах вузьких зон ідентичних потужностей рудного тіла з відкритим робочим простором, робочі горизонти якого послідовно з'єднують із центральною зоною кар'єру автомобільними з'їздами з можливістю виходу в напрямку денної поверхні, а рудне тіло відпрацьовують до проектної глибини кар'єру одночасно з розробкою потужних зон рудного тіла за звичайною системою розробки [72].

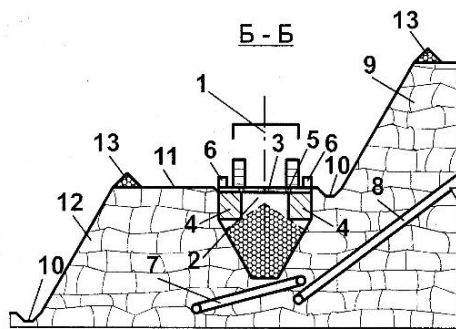
Пристрій для розвантаження порід із автосамоскидів у бункер. Пристрій для розвантаження порід із автосамоскидів у бункер (рис. 4.22), що включає міст із несучим елементом на опорах та противаги, і відрізняється тим, що несучий елемент виконано у вигляді однакових парних плит, кожна із яких має жорстко закріплену на зовнішньому краї противагу та з'єднана рухомо із віссю обертання опори з можливістю повороту внутрішніх кінців у напрямку один від одного для розвантаження під дією вивантаженої самоскидом породи та повернення у початкове положення після розвантаження за допомогою противаг, які є бар'єрним огородженням для можливості безпечного прямолінійного руху автосамоскидів, що розвантажені [73].



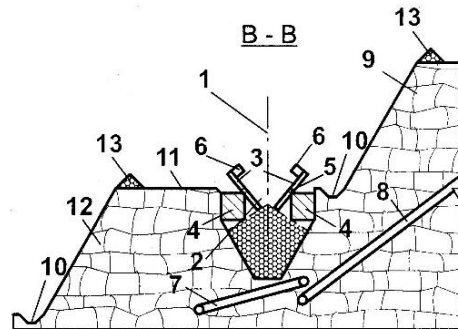
Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4

Рисунок 4.22 – Пристрій для розвантаження скельних порід у бункер із наскрізним проїздом автосамоскидів, вигляд зверху; на фіг. 2 – те ж, поздовжній переріз А – А; на фіг. 3 – те ж, поперечний переріз Б – Б; на фіг. 4 – те ж, поперечний переріз В – В. 1 – автосамоскид; 2 – бункер; 3 – секційні однакові горизонтальні парні плити; 4 – несучі балки; 5 – осі обертання; 6 – бар'єрні огороження-противаги; 7 – перевантажувальний конвеєр; 8 – магістральний; 9 – підшва верхнього уступу; 10 – водовідвідна канава; 11 – площадка для проїзду допоміжного обладнання; 12 – нижній уступ; 13 – запобіжний породний вал

Спосіб підготовки до рекультивації відробленого та заповненого водою залізорудного кар'єру. Спосіб підготовки до рекультивації відробленого та заповненого водою залізорудного кар'єру (рис. 4.23), що включає визначення положення неробочих уступе по м'яким і скельним породам та площадок між ними, доставку скельних порід розкритву із сусідніх кар'єрів залізничним транспортом з наступною засипкою виробленого простору драглайном.

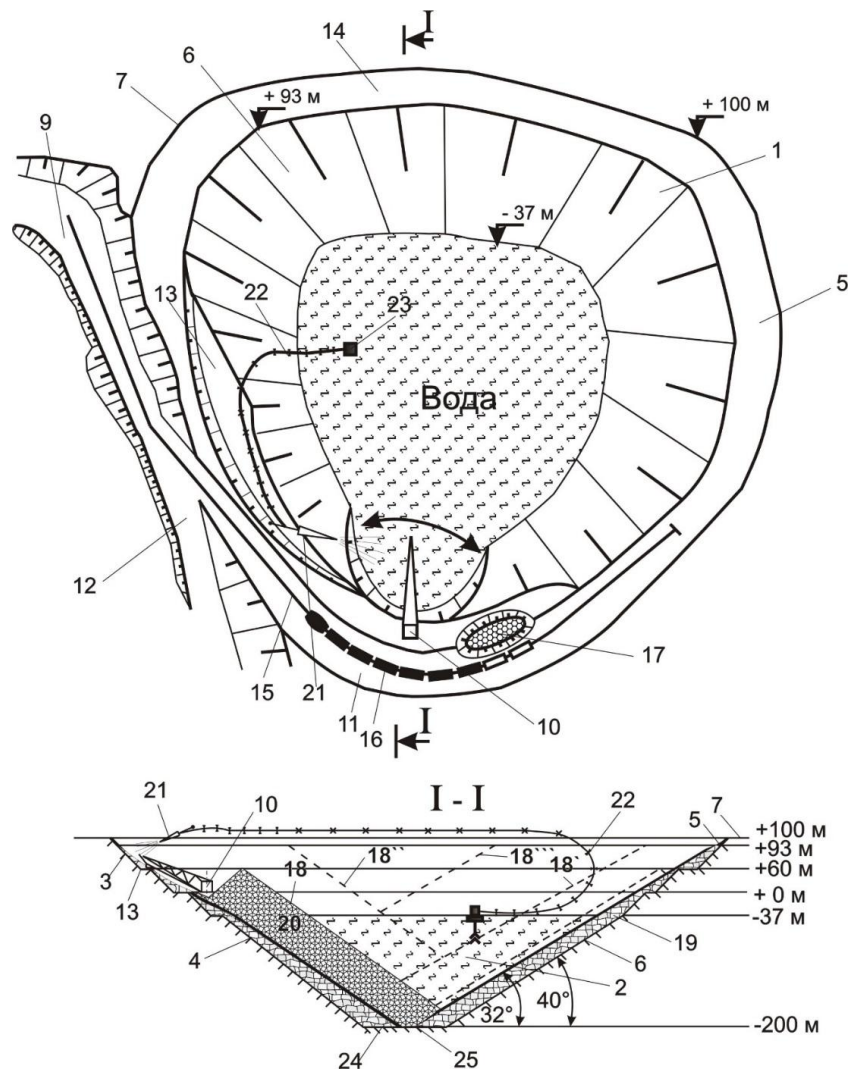


Рисунок 4.23 – Послідовність засипки відробленого та заповненого водою залізорудного кар'єру, на яких у плані (фіг. 1) та поперечному перерізі (фіг. 2) позначено: 1 -вироблений простір відпрацьованого залізорудного кар'єру; 2 – рівень води у кар'єрі; 3, 4 -відпрацьовані уступи по м'яких і скельних породах відповідно; 5 – верхня та інші неробочі площадки між уступами; 6 – укіс порід розкриття, яким засипані відпрацьовані уступи; 7, 8 – рівень земної поверхні та дна кар'єру; 9 – верхня частина сусіднього кар'єру, що експлуатується; 10 -драглайн; 11 – ближній торець затопленого кар'єру; 12 – напівтраншея; 13 – нижчерозташована площадка м'яких порід; 14 – протилежний торець затопленого кар'єру; 15 – залізнична колія; 16 – залізничний потяг з думпкарми, що навантажені породами розкриття; 17 – приймальний бункер; 18, 18¹, 18², 18³ – перша, друга, третя та четверта відвальні західки; 19, 20 – відвальні скельні породи розкриття та відсіпані між ними глинисті прошарки м'яких порід; 21, – гідромонітор; 22 – гнучкий водопровід; 23 – плавучий насос; 24, 25 – нижні брівки протилежних відвальних західок

Спосіб відрізняється тим, що попередньо на верхній неробочій площадці м'яких порід одного із бортів відпрацьованого кар'єру обладнують залізничну ко-

лію, по якій із сусіднього кар'єру подають потяги із м'якими породами розкриву, з послідовним формуванням з них шару на неробочому борті. В напрямку їх розвантаження встановлюють гідромонітор, а на нижчерозташованій площадці обладнують пересувний приймальний бункер для накопичення порід розкриву й встановлюють драглайн, яким із приймального бункеру ведуть засипку відпрацьованого кар'єру – попередньо м'якими, а потім і скельними породами з одночасним розмиттям їх гідромонітором з подачею води до нього із затопленого виробленого простору кар'єру й переміщенням крупних кусків скельних порід донизу, формуючи першу відвальну західку уздовж схилу внутрішнього відвалу. Кожну наступну західку відсипають шарами поперемінно з м'яких та скельних порід розкриву до змикання на дні кар'єру нижніх брівок від протилежних відвальних західок, і так до повного заповнення виробленого простору породами розкриву [74].

Спосіб відкритої розробки нагірного родовища залізної руди. Спосіб відкритої розробки нагірного родовища залізної руди (рис. 4.24), що включає відпрацювання покриваючих м'яких порід, проведення буропідривних робіт для формування породо- і рудоскатів, відпрацювання м'яких та скельних порід розкриву й залізної руди, і відрізняється тим, що розробку родовища ведуть вхрест його простягання з частковим відпрацюванням покриваючих м'яких порід. Пороdosкат й рудоскат формують від нижньої межі м'яких порід розкриву на вершині гори до панівної денної поверхні, причому останній виконують двохсекційним із поздовжньою перемичкою між ними. Далі, після проведення буропідривних робіт, відпрацьовують скельну гірничу масу упродовж однієї із половин простягання родовища між породоскатом і рудоскатом уступами із формуванням виймальних шарів і західок й транспортуванням руди до відповідної секції рудоскату з розвантаженням через попередньо сформований огорожуючий вал. Причому, у першу чергу, відпрацьовують покриваючий боковий шар нестійкої породи кожного уступу по схилу гори зворотною мехлопатою і транспортують гірничу масу колісними навантажувачами до відповідного рудо- чи породоскату, потім видаляють залишки м'якої породи на вершині гори й одночасно, зі зниженням висоти гірни-

чих робіт – гасять відповідні поро- й рудоскат аж до рівня денної поверхні й таким же чином розробляють протилежну поздовжню частину родовища [75].

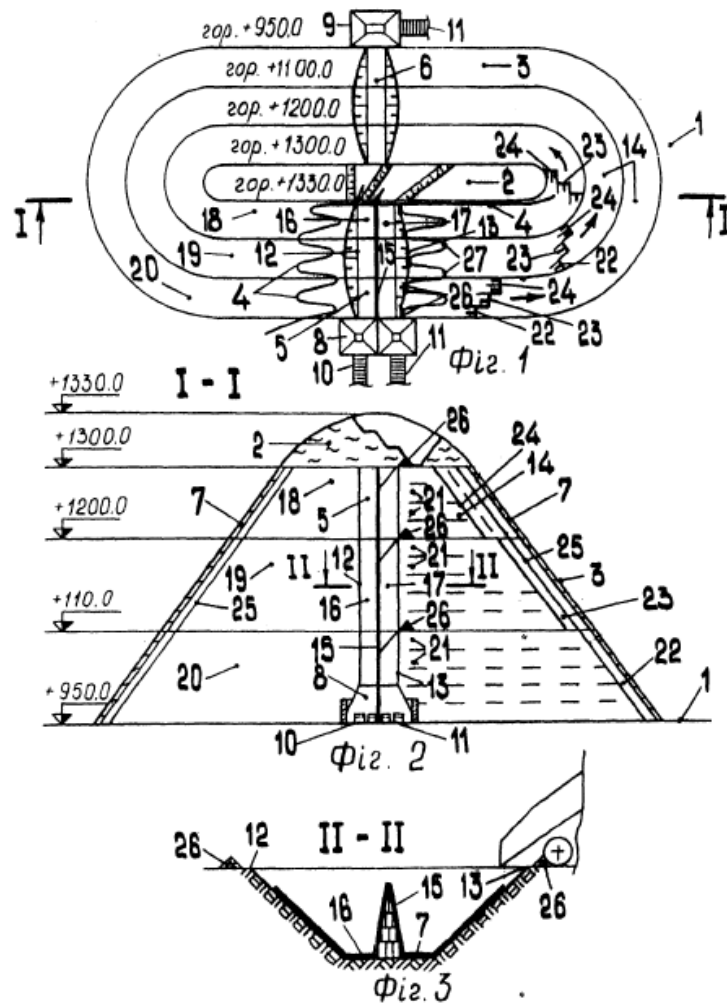
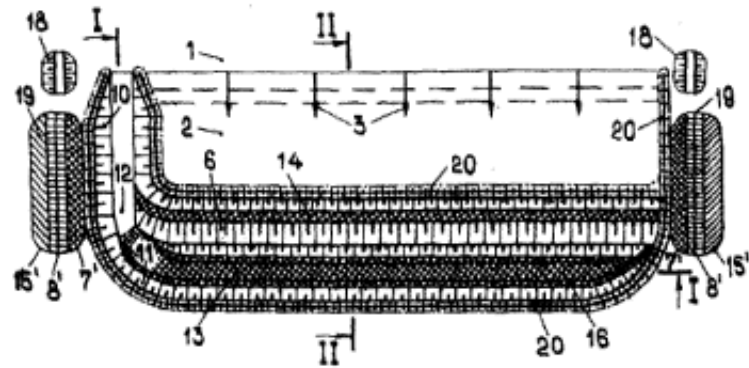
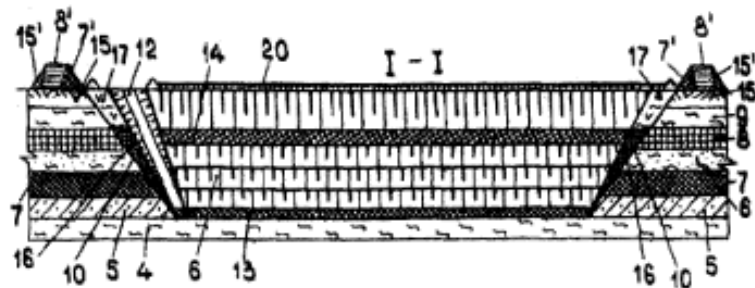


Рисунок 4.24 – Схема послідовності відпрацювання нагрітого родовища, де на плані (фіг.1) та поздовжньому (фіг.2) і поперечному перерізах (фіг.3) позначено: 1 – денна поверхня; 2 – вершина гори з м'якими та напівскельними породами розкриву зверху; 3 – поперечний схил гори; 4 – підйомна дорога; 5, 6 – крутонахилені рудоскат і породоскат відповідно; 7 – нахилений шар м'яких та напівскельних порід на схилах гори; 8, 9 – накопичувальні бункери рудо- та породоскату; 10, 11 – відповідні випускні отвори накопичувальних бункерів для різнотипової багаті та бідної руди із розташованими під ними відповідними живильниками; 12, 13 – протилежні верхні брівки рудоскату відповідно до розташування підйомної дороги 4; 14 – горизонтальні площадки уступів; 15 – поздовжня стінка рудоскату; 16, 17 – самостійні секції рудоскату; 18, 19, 20 – уступи з формування робочої зони кар'єру; 21 – виймальні горизонтальні шари для розробки масиву гори в уступах; 22, 23, 24 – перша, друга і третя виймальні західки; 25 – лінія можливого зсуву поверхні гори; 26 – запобіжний вал для розвантаження колісного навантажувача; 27 – допоміжна дорога для руху зворотної мехлопати і транспортних засобів

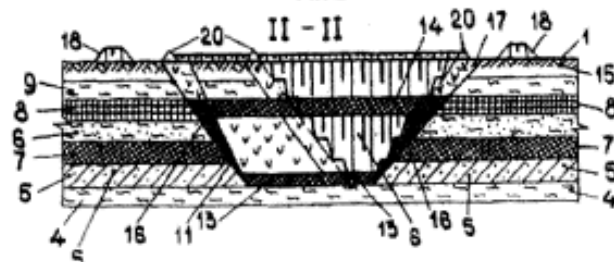
Спосіб відновлення продуктивності земель, що порушені відкритими гірничими роботами. Спосіб відновлення продуктивності земель, що порушені відкритими гірничими роботами (рис. 4.25).



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

Рисунок 4.25 – Положення гірничих виробок у відпрацьованому кар'єрі, на яких у плані (фіг. 1), поздовжньому (фіг. 2) та поперечному (фіг. 3) перервах позначено: 1, 2 – земна поверхня, непорушена та відновлена у межах кар'єрного поля; 3 – напрям перетікання підземних вод; 4 – засолені підземні води підрудного шару; 5 – шар марганцевої руди; 6 – горизонти засолених підземних вод у межах кар'єрного поля; 7, 7' – шар водонепроникних порід (зелених глин) у масиві та відвалі; 8, 8' – шар вапняку-ракушняку у масиві та відвалі; 9 – прісний водоносний горизонт; 10, 11 – бокові та поздовжні борти кар'єру; 12 – виїзна траншея; 13, 14 – шари перекриття водонепроникною породою розкриву підрудного й надрудних засолених водоносних горизонтів у виробленому просторі кар'єрного поля; 15, 15' – лесовидні суглинки у непорушеному масиві та у відвалі; 16, 17 – прибортова огорожуюча стінка із водонепроникних порід та суглинків відповідно; 18, 19 – прибортові відвали із знятого чорнозему та порід розкриву відповідно; 20 – огорожуючі вали із суглинків на земній поверхні

Спосіб включає відпрацювання порід розкриву, засипку виробленого простору, визначення потужності й розташування підземних водоносних горизонтів у масиві за глибиною від шару корисної копалини до денної поверхні, який відрізняється тим, що попередньо визначають напрямок руху підземних вод у межах кар'єрного поля, а відпрацювання його ведуть від однієї із поздовжніх границь із більшою інтенсивністю водопостачання до протилежної границі, причому останню добувну екскаваторну західку на всю її довжину на протилежній поздовжній границі кар'єру проходять по корисній копалині із залишенням ємності на всю її довжину для природного накопичення прісної води та можливості перетікання її у звичайному режимі за межі відкрито) розробки, починаючи від торцевої поперечної границі кар'єрного поля, на якій розташовано виїзну траншею, зі складуванням на дні виробленого простору водонепроникних порід розкриву (зелених глин) і перекриттям ними засолених водоносних горизонтів та наступною засипкою на висоту потужності прісних водоносних горизонтів дренажними породами розкриву (різкозернистими пісками та суглинками) з подальшим перекриттям їх зверху потенційно родючими породами та чорноземом до рівня непорушеного доквілля з урахуванням остаточної їх усадки [76].

ВИСНОВКИ

1. Одним із ключових питань розвитку теплової енергетики України є промислове освоєння нових вугільних родовищ. Якщо в структурі світових запасів вуглеводневої сировини вугілля складає 67%, а нафта і газ – відповідно 18 та 15%, то в Україні, навпаки, це співвідношення становить: вугілля – 95,4%; нафта – 2% й газ – 2,6%. Таке становище утримується на протязі тривалого часу й має стійку тенденцію до збільшення ролі вугілля у паливному балансі держави. Слід відмітити, що експлуатація вугільних родовищ Донбасу ведеться підземним пов'язана з вкрай складними гірничо-геологічними умовами, насамперед – із постійно зростаючою глибиною розробки та високою й важкопрогнозованою газоносністю вугільних пластів у близькій перспективі. З поважних причин готується закриття десятків вугільних шахт Донецького й Львівсько-Волинського басейнів. Добування бурого вугілля на підприємствах ДХК “Олександріявугілля” призупинено. Тому в цих умовах особливу актуальність набуває промислове освоєння родовищ бурого вугілля нового генетичного типу, запаси яких приурочені до депресійних вирв над сольовими штоками у північно-західній частині Донецького басейну.

Найбільш потужне із них – Ново-Дмитрівське, детально розвідане. Його промислові запаси у обсязі 390 млн. т затверджені ГКЗ СРСР ще в 1972 р. На відстані 10 – 30 км від нього виявлені ще декілька родовищ і проявів бурого вугілля. Масштаби їх значно менші, геологічні запаси становлять десятки або перші сотні млн. т (Бантисевське – 6,85 млн. т; Степківське – 20,4 млн. т; Берекське – 161 млн т).

2. На підставі проведених пошуково-розвідувальних робіт на Бантисевському, Степківському і Берекському родовищах бурого вугілля встановлено доцільність виконання подальших етапів розвідки для детального обґрунтування їх промислового освоєння. Отримані дані дозволяють дати лише загальну оцінку цих родовищ, що не є достатнім для їх повної промислової – розробки ТЕО постійних кондицій та підрахунку запасів за промисловими категоріями. Для більш детального дослідження групи цих родовищ потрібен незначний, але достатній обсяг пошуково-оцінювальних робіт.

3. Встановлено, що вугленосні поклади відносяться до берекської і полтавської свит і розповсюджені тільки в депресійних структурах над сольовими діапірами. На

підставі аналізу літолого-фаціального складу окремих свит, їх потужності та площі розповсюдження відтворені палеографічні обставини, умови накопичення цієї товщі осадових утворень, досліджені закономірності цього процесу. Масштаби розчину солевих ядер не залежать від форми і розміру діапирових структур. Так, найбільша за площею Берекська депресія має значно меншу глибину ніж Ново-Дмитрівська. Глибина депресій визначається конкретними умовами: масштабами тріщинуватості порід, потужності водоносних горизонтів, терміном та активністю тектонічних процесів. Аналіз потужності утворень київської свити в депресійних западинах показує, що поверхня солевого ядра Берекської структури за цей час знизилась на 50 – 70 м, Степківської на 80 – 100 м, Бантишевської – на 30 – 40 м

4. На підставі досліджень літологічного складу континентальних утворень на занурених ділянках докайнозойської поверхні встановлені умови формування продуктивних покладів. Так, формування продуктивних горизонтів Берекського, Степківського, Бантишевського і Ново-Дмитрівського родовищ починається з середини берекського віку. Повільне та поступове занурення дна депресії супроводжувалося наростанням потужності торф'яної маси, що забезпечило в подальшому формування шару торфу потужністю до десятків і сотень метрів.

5. Виконано прогнозування об'ємів виробництва вугілля і порід розкриття на розглядаємих родовищах. Встановлено, що річна продуктивність з видобування бурого вугілля становить для Бантишевського родовища 0,5 млн. т; Степківського – 1 млн. т; Берекського – 2,7 млн. т при середньому коефіцієнті розкриття 1,09; 8,8; 28,4 м³/м³ і терміну експлуатації 22 і 25 і 62 років відповідно. На близьку перспективу доцільно ввести до експлуатації Ново-Дмитрівське родовище з промисловими запасами 390 млн. т і середнім коефіцієнтом розкриття 4 м³/т. Для підтримки його продуктивності та на період будівництва, в першу чергу слід розробляти Бантишевське родовище бурого вугілля. Степківське та Берекське родовища будуть задіяні у міру дорозвідки і служитимуть підставою для нарощування продуктивності паливно-енергетичного комплексу держави у майбутньому.

6. Обґрунтовані границі кар'єрного поля Ново-Дмитрівського буровугільного родовища. З урахуванням значень кутів укусу неробочих бортів, які збігаються з ку-

том падіння буровугільних покладів в межах $25 - 15^\circ$ та глибиною майбутнього кар'єру 380 м, довжина кар'єрного поля буде становити поверхнею 5250 м, та шириною у центральній частині – 2700 м. Форма майбутнього кар'єру поверхнею овальна, що пов'язано з процесами утворення родовища. У межах родовища визначені запаси бурого вугілля за категоріями для кожного з п'яти вугільних покладів, які затверджені ДКЗ СРСР. При відпрацьовуванні промислових запасів з виділенням етапів річна продуктивність кар'єру може досягати 9 – 10 млн. т.

7. Центральна частина буровугільних шарів у родовищі має значну потужність – приблизно 115 м, а на периферійних ділянках зменшується до 2 – 8 м. Така мінлива потужність призвела до того, що коефіцієнт вугленосності по родовищу коливається в межах $34 \pm 4,5\%$. Буре вугілля характеризується високою природною вологістю, яка у середньому по родовищу змінюється від 10 до 56 – 65%. Теплота згоряння на органічну масу і на робоче паливо відповідно дорівнює 4500 – 5500 і 700 – 900 ккал/кг.

8. Дослідження гідрогеологічних умов залягання родовища призводять до висновку, що для створення безпечних умов розкриття та розробки родовища потрібно проведення комплексу дренажних заходів, основною метою яких являється осушення харківського водоносного горизонту на крилах мульди, зниження його напору до підлоги Основної вугільної лінзи, а також обмеження надходження води до видобувних вибоїв з порід розкривної товщі.

9. Гідрогеологічні умови Ново-Дмитрівського родовища характеризуються наявністю значних запасів підземних вод, які приурочені до четвертинних відкладень, потужної товщі вуглевмісних покладів та підвугільних пісків у межах мульдоподібної структури. Їхнє формування відбуваюся як за рахунок інфільтраційного живлення по всій площі родовища, так і внаслідок припливів з боку суміжних територій. До особливостей гідравлічного взаємозв'язку вказаних водоносних горизонтів слід віднести наявність у межах крайових ділянок мульдоподібної структури великих зон заміщення слабкопроникних глинистих відкладень піщаними породами.

10. Різноманітність умов залягання родовищ корисних копалин зумовило систематизацію кар'єрних полів по глибині розробки з п'яти груп в межах від 20 м (вельми дрібні) до 1000 м (дуже глибокі). Як правило, кар'єри глибиною до 100 – 150 м від-

працюють пологі родовища за суцільними системами розробки з внутрішнім відвалуванням сипучих і м'яких порід розкриву. Вони відрізняються постійною висотою робочої зони і найменшою собівартістю видобутку корисних копалин. У міру збільшення глибини кар'єрів на них широко експлуатуються бульдозери, скрепери, одно- і багатоковшові екскаватори з безпосереднім переміщенням порід розкриву у вироблений простір або застосуванням автосамоскидів і стрічкових конвеєрів у комплексі з консольними відвалоутворювачами. На деяких потужних кар'єрах для переміщення гірничої маси на великі відстані використовують залізничний та гідравлічний транспорт. Проте, перспективи розвитку відкритих розробок пологих вугільних родовищ невеликі, оскільки всі відомі поклади експлуатуються протягом тривалого часу.

11. Група заглиблювальних систем розробки найбільш поширена і продовжує розширюватися. Вона характеризується систематичним зниженням глибини гірничих робіт і складуванням порід розкриву до зовнішніх відвалів. Корисні копалини і породи розкриву представлені міцними різновидами і розробляються з застосуванням буропідривних робіт. Для переміщення гірничої маси повсюдно використовують комбіновані види транспорту. Умови гірничих робіт і економічні показники кар'єрів з часом систематично погіршуються. Низька якість корисних копалин вимагає складного збагачувального переділу, в результаті якого під хвостосховища відводяться значні земельні площі. Круте падіння і величезні запаси родовищ в умовах розвитку нових високопродуктивних технічних засобів і технологій їх застосування надає вирішальне значення на перегляд проектної глибини вугільних кар'єрів та їх продуктивність у бік збільшення. У цих умовах перехід роботи підприємств на комбіновані заглиблювально-суцільні системи розробки найбільш перспективне в економічному і природоохоронному відношенні.

12. Представлені результати наукових досліджень, апробація їх при проектуванні й впровадженні на потужних кар'єрах дозволяють намітити наступні вдосконалення гірничотранспортних робіт, як найбільш трудомістких і вагомих у собівартості товарної продукції. Так, зниження витрат на розробку порід розкриву досягається при впорядкованій реалізації зростаючого графіка режиму гірничих робіт. В умовах крутого падіння покладів це можливо шляхом відпрацювання порід розкриву крутопохи-

лими шарами з підшвоуступним переміщенням вибоїв і розосередженням по висоті робочих площадок, що дозволяє збільшити кут укосу робочих бортів до $35 - 40^\circ$ на всьому протязі фронту гірничих робіт. За рахунок цього виїмка максимальних обсягів розкриву зміщується на завершальний період експлуатації родовища при виході верхньої бровки кар'єру на проектні контури земною поверхнею.

13. При досягненні кар'єром граничної глибини розробки в одному із торців кар'єрного поля з подальшим переміщенням фронту гірничих робіт в протилежному напрямку з'являється можливість організації внутрішнього відвалування порід розкриву. Для зменшення обсягів транспортування порід розкриву до відвалів певну її частину слід використовувати в якості сировини для виробництва будівельних матеріалів, зокрема: піску, щебеню та бутового каменю з постачанням стороннім споживачам. Для потреб гірничо-збагачувального комбінату породи розкриву використовують в дорожньому будівництві, при зведенні огорожуючих дамб і екранів хвостосховищ та стабілізації зсувів бортів у кар'єрах. Позитивний досвід використання порід розкриву слід розширювати. Це призводить не тільки до отримання додаткового прибутку, а й повсюдно знизить вартість роботи кар'єрного транспорту, а також порушення земельних площ відвалами.

14. Експлуатація електрифікованого залізничного транспорту з тяговими агрегатами на кар'єрах Росії і Казахстану, а також на Південному ГЗК і ПГЗК в Україні показує великі його переваги у порівнянні з тепловозною тягою. Можливість спорудження виїзних доріг в глибоких кар'єрах з ухілами $55 - 60\%$ дозволяє відпрацьовувати гірничу масу з безпосереднім навантаженням в думпкари на глибині до $300 - 450$ м. Автомобільний транспорт, як найбільш мобільний і маневрений, слід використовувати тільки при розробці від 4-х до 6-ти нижніх горизонтів у кар'єрі з подальшим перевантаженням гірничої маси в думпкари або на стрічкові конвеєри чи скіпові підіймачі. Переважно слід експлуатувати автосамоскиди вантажопідйомністю $90 - 108$ т, які мають меншу ширину і дозволяють зменшити ширину транспортних площадок на $2 - 3$ м, за рахунок чого збільшити кути укосів неробочих бортів кар'єрів.

15. Перевантаження гірничих порід в процесі переміщення на поверхню є повсюдним на всіх глибоких кар'єрах при автомобільно-залізничному транспорті. вико-

нується воно кар'єрними екскаваторами з місткістю ковша $5 - 12,5 \text{ м}^3$, що призводить до тривалих простоїв поїздів при навантаженні. Частина борту кар'єру з пристроєм перевантажувальних пунктів на окремих уступах довжиною до $200 - 300 \text{ м}$ і шириною $40 - 60 \text{ м}$ має кут укосу не більше 20° , що збільшує обсяги виймання порід розкриву й стримує необхідну інтенсивність поглиблення кар'єру. Великі обсяги гірничої маси, яку заскладовано на перевантажувальному складі, ведуть до заморожування коштів і підвищення терміну навантаження поїздів кар'єрними мехлопатами.

16. Для інтенсифікації навантажувальних робіт розроблені конструкції бульдозерних і безекскаваторних перевантажувальних пунктів з віброживильниками. Однак, акумулююча ємність бункерів невелика (до $5 - 10 \text{ тис. т}$), що стримує їх промислове освоєння. У той же час запас гірської маси на перевантажувальному пункті можна суттєво розширити за рахунок обсягів підірваних порід у вибоях і, при необхідності, поповнювати ними поточні потреби перевантажувальних робіт по заданому плану. При автомобільно-конвеєрному транспорті на перевантажувальних площадках біля дробарок крупного дроблення слід створювати аварійні ємності з кар'єрними екскаваторами і віброживильниками, що істотно збільшить коефіцієнт використання установи, особливо у міжзмінних перервах.

17. У відповідності зі специфікою експлуатації буровугільних родовищ розглянута динаміка розвитку робочої зони кар'єрів, обґрунтовані основні закономірності її формування, показано взаємозв'язок з елементами системи розробки. Вперше встановлені параметри системи розробки порід розкриву підшоуоступними вибоями в крутонахилених шарах з розосередженими по висоті робочими площадками. Розроблені пропозиції щодо вдосконалення гірничих робіт, які реалізовані при проектуванні на типових кар'єрах з різними розмірами і продуктивністю по корисній копалині, та зниженням поточного коефіцієнту розкриву по кожному з них на найближчі $10 - 15$ років. Обґрунтовано зменшення розробки порід розкриву на кар'єрі у межах $2 - 4 \text{ млн. м}^3/\text{рік}$ за рахунок підвищення кутів укосу неробочих бортів кар'єрів шляхом будівництва підтримуючих стінок.

18. На підставі вивчення досвіду експлуатації зовнішніх відвалів висотою $300 - 600 \text{ м}$ створений типовий ряд технічних рішень, обґрунтована область їх засто-

сування при засипці відпрацьованих кар'єрів на певну глибину безпосередньо із земної поверхні. Вперше у світовій практиці на відпрацьованому кар'єрі №1 ВАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг" глибиною 300 м реалізовані пропозиції щодо формування внутрішніх відвальних західок безпосередньо з верхнього горизонту екскаваторами ЕКГ-6,3УС, ЕКГ-4У і ЕШ-6/60 як самостійно, так і при спільній роботі. Безпека виконання відвальних робіт розрахована теоретично і систематично контролюється інструментально. Їх результати враховані в паспортах експлуатації відвальних екскаваторів при доставці виключно скельних порід розкриву автомобільним і залізничним транспортом з урахуванням можливих обвалень і усадки поверхні свіжовідсипаних західок. У період 1979 – 2017 рр. інтенсивного обвалення поверхні внутрішнього відвалу не спостерігалося. За рахунок скорочення відстані перевезення порід розкриву автосамоскидами і залізничними поїздами для складування у внутрішній відвал, у порівнянні із зовнішнім, отримано значний економічний ефект, вивільнена з експлуатації частина транспортного обладнання.

19. Оскільки породи розкриву мають різні характеристики і практичну цінність, розроблені пропозиції щодо їх спільного складування у відвал з подальшою можливістю повторного відпрацьовання. В районі кар'єрів №2-біс, №1 ВАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг" та прилеглої площі можливо окреме складування окислених залізистих кварцитів об'ємом до 10 млн м³ на висоту до 100 м при суміщенні верхньої площадки з Бурщицьким відвалом. Подальше розширення відвалу в напрямку відпрацьованої частини кар'єру №2-біс дозволяє повністю вирішити проблему роздільного складування порід розкриву і окислених кварцитів до завершення відпрацьовання балансових запасів гірничо-збагачувального комплексу.

20. Наведені результати дослідження з розкриття буровугільних родовищ шляхом проведення внутрішніх траншей зі складуванням порід розкриву поряд з кар'єрним полем висотою, що дозволяє рекультивувати прилягаючі угіддя й порушену відкритими розробками поверхню у сільськогосподарському напрямку. Залишковий об'єм виробленого простору пропонується підготувати для розміщення культивуємої водойми й розведення риби цінних сортів.

21. Встановлено, що попередня підготовка Бантишевського родовища до експлуатації повинна супроводжуватися проведенням обвідного каналу довжиною біля 2 км. Гірничі роботи планується виконувати двома драглайнами ЕШ-6/45, які потім будуть задіяні на проведенні розкривної траншеї й подальшого виймання гірничої маси у період експлуатації кар'єру. Невелика потужність порід розкриву обумовлює їх розробку одним уступом середньою висотою 20 м.

22. Степківське і Берекське вугільні родовища характеризуються значною потужністю порід розкриву, розробку яких пропонується вести роторними екскаваторами ЕРГ-1600 сумісно зі стрічковими конвеєрами з шириною стрічки 1600 мм і консольними відвалоутворювачами ОШ-1600/110. Перспективною схемою проведення розкривних робіт є застосування спеціалізованих роторних екскаваторів ЕРГН-5000, перевантажувачів ПГН-5000 і відвалоутворювачів ОГН-5000 для виймання порід розкриву шарами під кутом 10 – 15° до горизонту. Добувні роботи ефективно проводити драглайнами ЕШ-6/45. Річна продуктивність по породам розкриву на кар'єрах відповідно становить 1,7; 9,0 і 20,5 млн. м³. Для кожного з кар'єрів кількість їх становить по дві одиниці. Кількість автосамоскидів коливається у межах від 4 – 5 (Бантишевський кар'єр) до 10 – на Берекському кар'єрі. Застосування драглайнів дозволить побудувати кар'єри за 0,5; 2,7 і 3,5 роки відповідно.

23. Розглянуті технологічні схеми будівництва відвалів, які рекомендується відсипати двома ярусами уздовж торця кожного із кар'єрів. Висота відвальних ярусів 10 м. Ширина автодоріг по 15 м з двома виїздами з відвалу. Планування розвантаженої породи передбачено бульдозерами. Раціональна гірничотранспортна система передбачає використання транспортних засобів для перевезення вугілля на ст. Гусарівку і золи – у зворотному напрямку.

24. Обґрунтовані параметри схем відсипки внутрішніх відвалів з подальшою рекультивацією у сільськогосподарському напрямку. Залишкову траншею рекомендується облаштувати у водоймище на кожному із кар'єрів.

25. Розробка вугілля на Бантишевському родовищі дозволить у короткий термін побудувати кар'єр і використати його у якості ділянки першої черги для будівництва і експлуатації потужного вугледобувного Ново-Дмитрівського комплексу. Попередні

висновки щодо Берекського і Степківського родовищ свідчать про їх невисокі технологічні й технічні показники, на підставі чого можна стверджувати про їх передчасне освоєння у промислових масштабах на близький термін розвитку вітчизняної енергетики.

26. Розкривні роботи супроводжуються значними обсягами виймання порід розкриву. Для їх використання у якості попутних корисних копалин поряд з бурим вугіллям потрібно провести дорозвідку вивчаємих родовищ, у першу чергу – Бантишевського. Це дозволить взяти на баланс певну частину різнотипових супутніх корисних копалин і провести їх техніко-економічну оцінку в процесі проектування розробки Ново-Дмитрівського родовища бурого вугілля.

27. Розроблені календарні плани відпрацювання буровугільних родовищ. Обґрунтовані основні техніко-економічні показники їх промислового освоєння. На базі досліджених родовищ доцільно створити єдиний вугледобувний комплекс з переробки бурого вугілля, виготовлення гірського воску та твердого палива.

28. Всі відомі буровугільні родовища України над сольовими штоками є комплексними, тобто окрім бурого вугілля містять інші корисні копалини. В різних родовищах їх перелік змінюється – від діатоміту і вогнетривких глин до будівельних та скляних пісків. Крім основного призначення бурого вугілля для використання в енергетичному напрямку, з нього можна також формувати брикети та виділяти гірський віск, що є цінною сировиною для багатьох галузей промисловості. Вуглисті глини придатні для теплоенергетики шляхом спалення у котлах циркулюючого киплячого шару.

29. Соціальний ефект полягає у створенні методології та концептуальних підходів до екологічно безпечної технології з розробки родовищ бурого вугілля відкритим способом в умовах надсольових депресійних западин. Результати досліджень у порівнянні з показниками роботи ДХК “Олександріявугілля” забезпечать нові робочі місця лише на гірничих роботах у кар’єрі для 1520 чоловік; продуктивність праці 1 робочого зросте до 716 т/міс. проти 203,1 т/міс. за рахунок комплексного використання порід розкриву. Поточний коефіцієнт розкриву буде знижений в 2-3 рази.

30. Розроблені принципово нові технології й обладнання для роздільного виймання пластів бурого вугілля і попутних корисних копалин, їх транспортування і тимчасового складування. Час їх повторного використання і обсяги постачання споживачам дозволяють на довгий термін забезпечити суміжні галузі промисловості (будівництво, металургію, хімічну, сільське господарство) цінною мінеральною сировиною. Її видобування з техногенних родовищ буде виконуватися із застосуванням тих же комплексів обладнання, що і на основних процесах розробки буровугільних родовищ. На базі виконаних досліджень проектним інститутом “Інтехпроект” видані рекомендації щодо впровадження отриманих результатів при проектуванні кар’єрів бурого вугілля. Новизна технічних рішень захищена 23 патентами на винаходи та корисні моделі.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Дриженко, А.Ю., Шустов О.О. (2015) *Буре вугілля України: умови залягання та перспективи освоєння*. Дніпропетровськ: НГУ, 2015, 332 с.
2. Энергетика: історія, сучасність і майбутнє. Книга 1. Від вогню та води до електрики / [В. І. Бондаренко, Г. Б. Варламов, І. А. Вольчин та ін.]. – Київ, 2013. – 264 с.
3. Степанов, П.И. Некоторые закономерности стратиграфического и палеогеографического распределения геологических запасов ископаемых углей на земном шаре / П.И. Степанов, С.И. Миронов // *Международный геологический конгресс. Труды XVII сессии*, М., 1939.
4. Железнова, Н.Г. Мировые запасы углей / Н.Г. Железнова, А.К. Матвеев // *Сов. геология*. – 1973. – № 1. – С. 76–84.
5. Матвеев, А.К. Угольные бассейны и месторождения зарубежных стран / А.К. Матвеев. – М.: Изд-во МГУ, 1979. – 311 с.
6. Разработка месторождений полезных ископаемых подземным способом / [А.П.Максимов, Я.Э.Некрасовский, В.А.Бойко и др.] – М.: Недра, 1971.
7. Геология и разведка угольных месторождений с основами общей геологии и гидрологии / [С.В.Троянский, С.П.Васильев, Е.Н.Богачева и др.]; под ред. И.И.Гусельникова. – М.: Госгортехиздат, 1961.
8. Уманская, Л.П. Разработка месторождений полезных ископаемых / Л.П. Уманская // *Технология подземной разработки угольных месторождений*. – Киев: Техніка, 1975. – (Респ.межвед.науч-техн.сб.; № 42).
9. Химия и переработка угля / [В.Г. Липович, Г.А. Калабин, И.В. Калечиц и др.]. – М.: Химия, 1988. – 366 с.
10. Саранчук, В.И. Физико-химические основы переработки горючих ископаемых / В.И. Саранчук, В.В. Ошовский, Г.А. Власов. – Донецк: ДонГТУ; Східний видавничий дім, 2001. – 304 с.
11. Дриженко, А.Ю., Анісімов, О.О., Шустов О.О. (2010) Обґрунтування параметрів розробки обводнених порід розкриття в умовах буровугільних кар'єрів. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*, Т.2 (35), 5 – 12.

12. Сургай, М.С. Перспективи видобутку та переробки бурого вугілля в Україні / М.С. Сургай, В.А. Куліш. – Дон.: УкрНДІпроект, 2008. – 60 с.

13. Сафронов, И.Л. Закономерности угленакопления в палеоген – неогеновых отложениях на территории севера - западной части Донбасса: автореф. дис. На здобуття наук. ступеня канд. г.-м. наук / Сафронов Игорь Леонидович; Національний гірничий університет. – Дніпропетровськ, 1970.

14. Сафронов, И.Л. Отчет по теме №888 «Закономерности угленакопления в палеоген-неогеновых отложениях на территории СЗ Донбасса» / И.Л. Сафронов. – Фонды треста «Артемгеология», 1970.

15. Долгополова, Л.П. Литолого-петрографическая характеристика скважины 695, пробуренной на Ново-Дмитровском участке (Славянская ГРЭ), / Л.П. Долгополова. – Фонды треста «Артемгеология», 1970.

16. Долгополова, Л.П. Литолого-петрографическое описание и стратиграфическое расщепление разреза скважины 3605, пробуренной на Ново-Дмитревском участке (Славянская ГРЭ) / Л.П. Долгополова. – Фонды треста «Артемгеология», 1966.

17. Химико-физико-механические исследования углей Ново-Дмитревского месторождения (МИРГЭ) / [В.В. Кольев, М.А. Менковский, М.А. Равич, И.А. Андреева]. – Фонды треста «Артемгеология», 1966.

18. Сафронов, И.Л. Умови формування родовищ бурого вугілля на території північно-західного Донбасу та південно-східної частини Дніпровсько-Донецької западини / І.Л. Сафронов, А.М. Чернорай. // Збірник наукових праць НГУ. – Том 1. – №33. – Дніпропетровськ : ДВНЗ «НГУ», 2009. – С. 43 – 50.

19. Сафронов, И.Л. Причины и условия формирования буроугольных месторождений над соляными штоками (северо-западные окраины Донбасса) / И.Л. Сафронов, А.М. Чернорай. // Збірник наукових праць НГУ. – №. 39. – Дніпропетровськ : ДВНЗ «НГУ», 2012.

20. Сафронов, И.Л. Качество и технологические свойства углей Ново-Дмитровского месторождения / И.Л. Сафронов, А.М. Чернорай. // Збірник наукових праць НГУ. – №. 40. – Дніпропетровськ : ДВНЗ «НГУ», 2013.

21. Долгополова, Л.П. Литолого-петрографические описание гипсово-карбонатной толщи, содержащей самородную серу, по скв.625, пробуренной на Ново-Дмитревском участке / Л.П. Долгополова. – Фонды треста «Артемгеология», 1966.

22. Отчет о результатах комплексной геологической съёмки м-ба 1:50000 в Барвенково-Петровском геологическом районе за 1962-1964 гг. / [В.В. Каминский, В.Г. Конашев и др.]. – Фонды треста «Артемгеология», 1964.

23. Косенко Б.М. Служебное информационное сообщение о предварительных результатах поисковых работ на бурый уголь в пределах СЗ окраин Донбасса / Б.М. Косенко, И.Л. Сафронов. – Фонды треста «Артемгеология», 1965.

24. Матвеева И.И. Физико-химическое исследование бурых углей, сланцев и битуминозных глин Ново-Дмитревского месторождения УССР (ВТИ) / И.И. Матвеева, В.И. Выкадорова. – Фонды треста «Артемгеология», 1966.

25. Михелис А.А. Корреляция мезо-кайнозойских отложений западных окраин Донбасса на основании палинологического и углепетрографического анализов. 4.1- Палеоген-неогеновые отложения / А.А. Михелис, А.Х. Крузина, В.С. Узиюк. – Фонды треста «Артемгеология», 1968.

26. Инструктивные указания по применению глинистых растворов в разведочном бурении. – ВИМС ; Госгеолтехиздат, 1965.

27. Шнапер, Б.И. Нетопливное использование бурых углей / Б.И Шнапер, И.Ф. Зинчук // Химия твердого топлива. – М. : Наука, 1974. – № 2. – С. 3 – 8.

28. Шнапер, Б.И. Влияние продолжительности экстракции на выход и качество буроугольного воска / Б.И Шнапер, Н.Г. Грязнов // Химия твердого топлива. – М. : Наука, 1970. – № 3. – С. 40 – 46.

29. Шнапер, Б.И. Окисление землистых бурых углей в щелочной среде / Б.И Шнапер / Химия твердого топлива. – М. : Наука, 1972. – № 4. – С. 39 – 42.

30. Киричко, А.А. Жидкие продукты из угля / А.А. Киричко, Е.А. Дембровская // Химия твердого топлива. – М. : Наука, 1974. – № 5. – С. 40 – 46.

31. Киричко, А.А. Гидрогенизация твердого топлива / А.А. Киричко // Химия твердого топлива. – М. : Наука, 1971. – № 2. – С. 31 – 49.

32. Рапопорт, И.Б. Искусственное жидкое топливо. Часть 1. Гидрогенизация топлив / И.Б. Рапопорт. – М. : Гостоптехиздат, 1949. – 332 с.

33. Патент США № US3594305A Process for hydrogenation of coal / Kirk Merritt C Jr ; Sun Oil Co. – № CA919609A, CA919609A1. – заявл. 23.01.70; опублик. 20.07.1971. (<https://www.google.com/patents/US3594305>)

34. Sass A. Production of liquid fuels from coal. [Direct hydrogenation of coal; solvent extraction followed by hydrogenation of extract; formation of CO and H followed by catalytic synthesis; carbonization] / A. Sass // Miner. Sci. Eng. – US, 1972. – Vol. 4. – PP. 18 – 27

35. Appell H.R. Liquefaction of Lignite with Carbon Monoxide and Water / H.R. Appell, I. Wender, R.D. Miller // Symposium on Technology and Use of Lignite. – Bismarck, ND : Bureau of Mines Informational Circular 8543, 1971. – PP. 32 – 39.

36. Патент США № US3642608A Solvation of coal in byproduct streams / Garwin Leo, Roach Jack W ; Kerr Mc Gee Chem Corp. – заявл. 9.01.70; опублик. 15.02.1972. (<https://www.google.ch/patents/US3642608>)

37. Патент США № US3619404A Coal liquefaction / Rieve Robert W, Shalit Harold ; Atlantic Richfield Co. – № CA962618A, CA962618A1. – заявл. 9.11.70; опублик. 9.11.1971. (<https://www.google.si/patents/US3619404>)

38. Патент США № US3660267A Coal processing / Rieve Robert W, Shalit Harold ; Atlantic Richfield Co. – № CA965719A, CA965719A1. – заявл. 14.10.70; опублик. 2.05.1972. (<http://google.com/patents/US3660267>)

39. Патент США № US3671418A Coal liquefaction process using ash as a catalyst / Gatsis John G ; Universal Oil Prod Co. – заявл. 18.12.70; опублик. 20.06.1972. (<https://google.com/patents/US3671418>).

40. Ратынский, В.М. Некоторые актуальные задачи комплексного использования минеральной части ископаемых углей / В.М. Ратынский, М.Я. Шпирт, А.З. Юровский // Химия твердого топлива. – М. : Наука, 1970. – № 2. – С. 40 – 49.

41. Крапчин, И.П. Экономика комплексного использования твердого топлива / И.П. Крапчин. – М. : Наука, 1969. – 159 с.

42. Доклад национального координатора от Республики Казахстан - заместителя директора Департамента электроэнергетики и твердого топлива Клякина В.В. на тему «Состояние и перспективы развития угольной промышленности Республики Казахстан» г. Алматы, 10-12 ноября 2004 г. (https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/capact/ppp/pdfs/kljakin_kzkhstn.pdf)

43. Дриженко, А.Ю. (2014) *Відкриті гірничі роботи*. Дніпропетровськ: НГУ, 590 с.

44. Технологія відкритої розробки родовищ корисних копалин : навч. посіб.: у 2-х ч. Ч.1. Розкриття родовищ / Б.Ю. Собко, Г.Д. Пчолкін, Г.Я. Корсунський, О.В. Ложніков ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпро : НГУ, 2017. – 166 с. – ISBN 978-966-350-647-0.

45. Shustov, O., & Dryzhenko, A. (2016). Organization of Dumping Stations with Combined Transport Types in Iron Ore Deposits Mining. *Mining of Mineral Deposits*, 10(2), 78-84. <https://doi.org/10.15407/mining10.02.078>

46. Симоненко, В.І. Технологічні аспекти екологозберігаючої доробки нерудних кар'єрів при їх ліквідації та консервації / В.І. Симоненко, А.В. Павличенко, О.В. Черняєв, Л.С. Гриценко // Вісник національного університету водного господарства та природокористування: зб.наук.праць. – Рівне. 2016. – Вип. 2. – С.148-158.

47. Анисимов, О.А. Технология строительства и разработки глубоких карьеров [Текст] : монография / О.А. Анисимов; Гос. вуз "Нац. горный ун-т". - Днепропетровск : НГУ, 2015. – 272 с. : рис., табл. - Назва обкл. : Технологии строительства и разработки глубоких карьеров. – Бібліогр.: с. 266-269. – 100 экз. – ISBN 978-966-2267-91-4.

48. Адамчук, А.А. Методика расчета параметров капитальной траншеи при вскрытии горизонтов карьера с учетом рельефа местности / А.А. Адамчук // Збірник наукових праць НГУ. – Д. : Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2017. – № 52. – С. 18 – 27.

49. Барсуков, М.И. Охрана земель при открытой разработке месторождений / М.И. Барсуков, И.М. Барсуков. – К.: Техніка, 1987. – 150 с.

50. Адамчук, А.А. Перспективы применения колесных погрузчиков в схемах циклично-поточной технологии (на примере Мокрянского каменного карьера № 2) [Электронный ресурс] / А.А. Адамчук // Тиждень студентської науки – 2013: Матеріали студентської науково-технічної конференції 2013 р. – Дніпропетровськ : НГУ, 2013. – С. 88 – 92. – Режим доступу: http://science.nmu.org.ua/ua/conferences/week-of-studsci/zvit_2013.pdf (дата звернення 30.05.17).

51. Анисимов, О.А. Определение максимальной высоты забоя взорванной горной массы при работе фронтальных погрузчиков [Электронный ресурс] / О.А. Анисимов // Геотехнічна механіка: Межвед. сб. науч. тр. – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2013. – Вып. 110. – С. 16-24. – ISSN 1607-4556 (Print). – ISSN 2309-6004 (Online). – Режим доступу: <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/60038> (дата звернення 30.05.17).

52. Малецкий, Н.А. Экономика организации [Текст] : учеб. пособие / Н.А. Малецкий. – 2-е изд. – Днепропетровск : Национальный горный университет, 2012. – 360 с. – (Библиотека иностранного студента).

53. Адамчук, А.А. Исследование параметров доработки глубоких карьеров открытым способом / А.А. Адамчук // Збірник наукових праць НГУ. – Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2017. – № 50. – С. 10 – 17. Режим доступу: <http://znp.nmu.org.ua/pdf/2017/50.pdf> (дата звернення 30.05.17).

54. Ложников, А.В. Исследование влияния использования крутонаклонных конвейеров на эффективность рекультивационных работ при разработке пологих месторождений / А.В. Ложников, А.А. Адамчук // Збірник наукових праць НГУ. – Д. : Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2017. – № 51. – С. 45 – 54.

55. Мельник Ю.И. Доработка глубоких карьеров / Ю.И. Мельник. – Д.: Наука и образование, 2000. – 184 с.

56. Drizhenko, A.Y., Moldabayev, S.K., Shustov, A.A., Akilbayev, T.I., Adamchuk, A.A. (2017) Rationale of retaining wall design of reloading points during usage of combined types of transport. *26th International Symposium on Mine Planning and*

Equipment Selection. Lulea University of Technology, August 29-31, 287 – 290. ISBN 978-91-7583-935-6.

57. Dryzhenko A., Shustov A, Adamchuk A., (2016). Prospects for future mining of steep iron-ore deposits in the context of Kryvbas. *Metallurgical and Mining Industry. Issue 10, 46-52.*

58. Шустов, О.О. (2015) Обґрунтування основних методичних положень з формування системи розкриття буровугільних родовищ. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету, (49), 95 – 104.*

59. Дриженко, А.Ю. (2011) *Карьерные технологические горнотранспортные системы.* Днепропетровск: НГУ, 542 с.

60. Шустов, О.О. (2017) Обґрунтування економічної ефективності відкритої розробки Ново-Дмитрівського родовища бурого вугілля. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету, (50), 137 – 144.*

61. Генеральный план развития буроугольной промышленности Украины (Мастерплан): пер. с немец. – Laubag Consulting, 2000. – 152 с.

62. Перспективи впровадження чистих вугільних технологій в енергетику України: [монографія] / І.А. Вольчін, Н.І. Дунаєвська, Л.С. Гапоніч, М.В. Чернявський, О.І. Топал, Я.І. Засядька; НАН України, Ін-т вугіл. енерготехнологій. – К.: Гнозіс, 2013. – 319 с. – УКР. – англ.

63. The Gasification Industry [Електронний ресурс] // Gasification and Syngas Technologies Council. – Режим доступу: <http://www.gasification-syngas.org/resources/the-gasification-industry/> (дата посилання 27.12.2017).

64. Прокопенко, В.І. Науково-прикладні засади створення землезберігаючих технологій відкритої розробки горизонтальних родовищ / В.І. Прокопенко, Т.М. Мормуль // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво» : зб. наук. праць. – Київ : НТУУ «КПІ», 2015. – Вип. 28. – С. 49 – 62. – ISSN 2079-5688.

65. Фененко, В.І. Технологічні засади підвищення якості гірничотехнічної рекультивациі земель, порушених марганцевими кар'єрами : автореф. дис. На здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.15.03 «Відкрита розробка родовищ

корисних копалин» / Фененко Володимир Іванович ; Національний гірничий університет. – Дніпропетровськ, 2006. – 26 с.

66. Четверик М.С. Повышение качества нарушенных горными работами земель при их послонной горнотехнической и биологической рекультивации. / М.С. Четверик, Н.М. Стеценко, Е.А. Ворон // Гірничий вісник : науково-технічний збірник. – Кривий Ріг : ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2008. – Вип. 92. – С. 28 – 32. – ISSN 2306-5435.

67. Патент на корисну модель № 106987 Україна, МПК E21C 41/00. Спосіб розкриття нижніх горизонтів діючого кар'єру / А.Ю. Дриженко, А.Х. Дудченко, В.П. Ніконенко, С.К. Молдабаєв ; НГУ. – № u 2015 12666; заявл. 21.12.2015 ; опубл. 21.12.2015, Бюл. № 9. – 4 с.

68. Патент на корисну модель № 111921 Україна, МПК E21C 41/00. Спосіб відкритої розробки нагірно-заглибленого родовища залізної руди / А.Ю. Дриженко, Траоре Ібрагіма, Траоре Ельхадж Умар ; НГУ. – № u 2016 05560; заявл. 23.05.16 ; опубл. 25.11.16, Бюл. № 22. – 4 с.

69. Патент на винахід № 111658 Україна МПК B65G 15/08, B65G 17/02. Крутонахилений стрічково-візковий конвеєр для транспортування крупношматкової гірської маси / А.Ю. Дриженко, О.Х. Дудченко, А.В. Ніконенко ; заявл. 20.10.2014 ; опубл. 25.05.2016, Бюл. № 10. – 4 с.

70. Патент на винахід № 111289 Україна МПК E21C 41/26. Спосіб засипки відробленого кар'єру / А.Ю. Дриженко, Н.А. Нікіфорова, В.А. Ропай, Є.К. Бабець; НГУ. – № a 2015 00523; заявл. 23.01.2015; опубл. 11.04.2016; Бюл. № 7. – 4 с.

71. Патент на винахід № 110892 Україна МПК E02B 7/06, B03B 11/00. Пристрій для транспортування відходів збагачення до хвостовища / А.Ю. Дриженко, О.Ю. Зільберман, В.Г. Заєць, А.В. Вітько, Ю.В. Демченко, Н.А. Нікіфорова ; заявл. 02.12.2014 ; опубл. 25.02.2016, Бюл. № 4. – 3 с.

72. Пат. на корисну модель № 115127 Україна МПК E21C 41/26, Спосіб відкритої розробки крутоспадаючих родовищ корисних копалин / А.Ю. Дриженко, Н.А. Нікіфорова, Тамуя Садо Арманд, Садо Даніл; НГУ. – № u 2016 07634; заявл. 11.07.2016; опубл. 10.04.2017; Бюл. № 7.

73. Патент на корисну модель МПК В65G 67/24, В65G 67/48. Пристрій для розвантаження порід із автосамоскидів у бункер / А.Ю. Дриженко, А.А. Адамчук, О.О. Шустов, С.К. Молдабаєв, Н.А. Нікіфорова ; НГУ. – № у 2017 07748; заявл. 24.07.17.

74. Патент на корисну модель № 117069 Україна, МПК E21C 45/04, E21C 47/00. Спосіб підготовки до рекультивації відробленого та заповненого водою залізрудного кар'єру / А.Ю. Дриженко, А.А. Адамчук, Н.А. Нікіфорова, Г.В. Козенко ; НГУ. – № у 2017 00571; заявл. 20.01.17 ; опубл. 12.06.17, Бюл. № 11. – 3 с.

75. Патент на корисну модель № 113899 Україна, МПК E21C 41/00. Спосіб відкритої розробки нагірного родовища залізної руди / А.Ю. Дриженко, Траоре Ібрагіма, Траоре Ельхадж Умар ; НГУ. – № у 2016 06200; заявл. 07.06.16 ; опубл. 27.07.17, Бюл. № 4.

76. Патент на корисну модель № 116445 Україна, МПК E21C 41/00. Спосіб відновлення продуктивності земель, що порушені відкритими роботами / А.Ю. Дриженко, Н.А. Нікіфорова, Г.Є. Гаврилов, В.Г. Заєць ; НГУ. – № у 2016 11204; заявл. 07.11.16 ; опубл. 25.05.17, Бюл. № 10. – 4 с.

ВИТЯГ З ПРОТОКОЛА №9
Засідання кафедри відкритих гірничих робіт
Державного вищого навчального закладу
«Національний гірничий університет»

м. Дніпро

"08" грудня 2017 р.

БУЛИ ПРИСУТНІ: зав. кафедри, д.т.н., проф. Собко Б.Ю., заст. зав. кафедри, к.т.н., доц. Ложніков О.В., к.т.н., проф. Пчолкін Г.Д., д.т.н., проф. Дриженко А.Ю., к.т.н., проф. Корсунський Г.Я., к.т.н., доц. Несвітайло М.В., к.т.н., доц. Череп А.Ю., к.т.н., ас. Шустов О.О., ст. викл. Стрілець О.П., аспіранти Адамчук А.А., Чебанов М.О. та ін.

СЛУХАЛИ: повідомлення наукового керівника д.т.н., проф. Дриженка А.Ю. про результати завершених досліджень по темі ГП-483 “Комплексне використання бурого вугілля та супутніх порід при відкритій розробці родовищ України над сольовими штоками”.

ВИСТУПИЛИ: проф. Пчолкін Г.Д., проф. Корсунський Г.Я., доц. Череп А.Ю., які відзначили наукове й практичне значення НДР, її актуальність і новизну, суттєві результати, що полягають у розробці нових технологій освоєння родовищ над сольовими штоками.

Виступаючі запропонували звіт схвалити й рекомендувати до затвердження.

УХВАЛИЛИ:

1. Вважати, що робота виконана в повному обсязі, відповідно до ТЗ і календарного плану.

Наукова новизна досліджень полягає в обґрунтуванні загальних та потокових обсягів переробки бурого вугілля та супутніх корисних копалин за різновидами відповідно горизонтів їх залягання у межах родовищ. У результаті виконаних досліджень видані рекомендації щодо комплексного освоєння буровугільних родовищ над сольовими штоками, визначена якість добування бурого вугілля за умовами залягання у продуктивних шарах, встановлена характеристика супутніх корисних копалин та систематизована відповідно до потреб потенційних споживачів, розроблені технологічні рішення утворення внутрішніх відвалів та виконана оцінка варіантів будівництва теплоелектростанцій на бортах кар'єру, складів для супутніх корисних копалин з метою нарощування паливно-енергетичного комплексу країни.

Робота відповідає технічному рівню вітчизняних і закордонних розробок, виконана на високому науковому рівні, має теоретичне й практичне значення.

2. Матеріали звіту не містять відомостей, які можуть бути предметом винаходу й не є Державною таємницею.

3. Звіт по темі схвалити й рекомендувати до затвердження.

Зав. кафедрою ВГР,
д.т.н., проф.




Б.Ю. Собко

Секретар каф. ВГР

О.О. Жихович

ПРОТОКОЛ № 1/18

засідання секції науково-технічної ради за науковим напрямом
«Технологія видобутку та переробки корисних копалин»
Державного ВНЗ «Національний гірничий університет»

м. Дніпро

15 січня 2018 р.

ПОРЯДОК ДЕННИЙ: розгляд анованих звітів за завершеними та перехідними науковими тематиками.

ПРИСУТНІ: голова секції, проф. каф. підземної розробки родовищ, докт. техн. наук, проф. Хоменко О.Є., заступник голови секції, проф. каф. будівельних геотехнологій і геомеханіки, докт. техн. наук, проф. Солодянкін О.В., секретар секції, доц. каф. підземної розробки родовищ, канд. техн. наук, доц. Кононенко М.М., проф. каф. збагачення корисних копалин, докт. техн. наук, проф. Младецький І.К., директор гірничого інституту, докт. техн. наук, проф. Бузило В.І., зав. кафедри хімії, докт. техн. наук, проф. Светкіна О.Ю., зав. кафедри техніки розвідки РКК, докт. техн. наук, проф. Давиденко О.М., зав. кафедри відкритих гірничих робіт, докт. техн. наук, проф. Собко Б.Ю.

СЛУХАЛИ: доповіді керівників держбюджетних тематик:

- проф. Бондаренко В.І.: «Розробка наукових засад фазових перетворень техногенних і природних газогідратів та створення новітніх технологій їх видобування»;
- проф. Симанович Г.А.: «Розвиток наукових основ управління навантаженням кріпильних, охоронних систем повторно використовуваних виробок. Підвищення ефективності протипилового захисту»;
- проф. Шашенко О.М.: «Стійкість наноструктур вугілля і геомеханічне обґрунтування геолокаційного прогнозу силових та структурних неоднорідностей складноструктурного вуглепородного середовища»;
- проф. Бузило В.І.: «Наукове обґрунтування методологічної, технологічної, екологічної і правової бази вилучення корисних компонентів з техногенних родовищ України»;
- проф. Дриженко А.Ю.: «Комплексне використання бурого вугілля та супутніх порід при відкритій розробці родовищ України над сольовими штоками»;
- проф. Соколов В.В.: «Дослідження наноструктури викопного вугілля як джерела метану вугільних родовищ, фундаментальна»;
- проф. Ковалевська І.А.: «Теоретичні та практичні основи управління нестійкими геомеханічними системами «масив – кріплення» підземних виробок»
- проф. Пілов П.І.: «Технологічні основи використання у будівництві механоактивованих та наноструктурованих супутніх корисних копалин і відходів гірничо-металургійного виробництва».

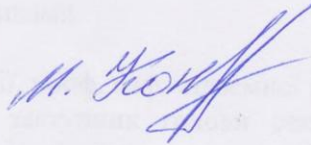
УХВАЛИЛИ: наукові тематики, які були профінансовані за рахунок державного бюджету та виконувались у Державному ВНЗ «НГУ» протягом 2017 року, виконані у повному обсязі згідно тематичного плану, затвердженому МОН України.

Голова секції,
докт. техн. наук



О.С. Хоменко

Секретар секції,
канд. техн. наук



М.М. Кононенко

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи


О.С. Бішкіта
" " _____ р.


ЗВІТ
про патентні дослідження

№ _____

(дата)

ГП-483 "Комплексне використання бурого вугілля та супутні порід при відритій розробці родовищ України над сольовими штоками"

(найменування, шифр теми)

Етап (заключний) "Обґрунтування та визначення кількісної та якісної характеристик при переробці бурого вугілля та супутніх корисних копалин з отриманням готової продукції або сировини"

Начальник НДЧ



Р.О. Дичковський

Керівник
підрозділу-виконавця

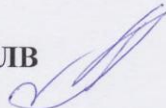


А.Ю. Дриженко

Керівник НДР


А.Ю. Дриженко

Зав. ПЛВ



О.О. Філонова

Нормоконтролер



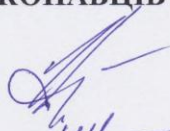
Л.С. Шломіна

ЗМІСТ

1. Список виконавців	3
2. Загальні відомості про об'єкт дослідження	4
3. Завдання на проведення патентних досліджень	5
4. Форма Г.1.1 Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу	6
5. Форма Г.1.2 Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу	7
6. Форма Г.1.4. Техніко-економічні показники ОГД та об'єктів аналогічного призначення	8
7. Форма Г.1.5. Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислово придатності ОГД	9
8. Форма Г.2.4. Аналіз можливості застосування в ОГД відомих об'єктів промислової власності	10
9. Довідка про оцінку науково-технічного рівня результатів НДР	11
10. Висновки	12

СПИСОК ВИКОНАВЦІВ

Керівник НДР,
д-р техн. наук, проф.



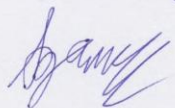
А.Ю. Дриженко

Провідний науковий
співробітник, к.т.н



О.О. Шустов

Науковий співробітник



А.А. Адамчук

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Підприємство виконавець розробок: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»

Початок розробок – 01.2016 р.

Закінчення розробок – 12.2017 р.

Призначення, область використання, короткий опис об'єкту:

Одним із ключових питань стратегічного розвитку паливно-енергетичного комплексу України є промислове освоєння нових вугільних родовищ. Якщо в структурі світових запасів вуглеводневої сировини вугілля становить 67%, а нафта і газ відповідно 18% і 15%, то в Україні їх обсяги розподіляються по іншому – вугілля 95,4%, нафта – 2%, газ 2,6%. При цьому лише вугілля, завдяки уже розвіданим запасам, здатне у майбутньому знизити енергозалежність України від закордонної сировини. За оцінкою фахівців роль вугілля в теплоенергетиці України, як і у світі в цілому, буде постійно зростати.

Актуальність використання на гірничодобувних підприємствах України підтверджується значним дефіцитом енергоносіїв та залежністю економіки країни від імпортової викопної паливної сировини.

Об'єктом дослідження є спосіб розробки буровугільних родовищ над сольовими штоками. Спосіб полягає у тому, що в процесі виймальних робіт уступи формують із трьох підступів шляхом поступового поглиблення гірничих робіт з навантаженням гірничої маси через пересувний бункер-перевантажувач.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи
Державного ВНЗ "НГУ"

" 16 " 2017 р.
О.С. Бешта



**Завдання
на проведення патентних досліджень**

по темі: ГП-483 "Комплексне використання бурого вугілля та супутні порід при відритій розробці родовищ України над сольовими штоками)"

Етап Обґрунтування та визначення кількісної та якісної характеристик при переробці бурого вугілля та супутніх корисних копалин з отриманням готової продукції або сировини

Мета патентних досліджень: Визначення патентної ситуації щодо засобів механізації й параметрів розкриття й системи відкритої розробки вугільних родовищ над сольовими штоками

Таблиця А.1 Види робіт при проведенні патентних досліджень та виконавці:

Види робіт	Підрозділи-виконавці	Відповідальні виконавці (П.І.П.)	Строки виконання робіт	Звітний документ
1	2	3	4	5
Відбір науково-технічної документації для подальшого аналізу	Кафедра відкритих гірничих робіт	Адамчук Андрій Андрійович	I кв. 2017 р	Форми Г 1.1 – Г 1.2
Аналіз техніко-економічних показників	Кафедра відкритих гірничих робіт	Дриженко Анатолій Юрійович	. II кв. 2017 р.	Форма Г 1.4
Визначення патентоспроможності наукових рекомендацій	Кафедра відкритих гірничих робіт	Дриженко Анатолій Юрійович	II кв. 2017 р.	Форма Г 1.5
Визначення ситуації щодо об'єктів промислової власності	Кафедра відкритих гірничих робіт	Шустов Олександр Олександрович	III кв. 2017 р.	Форма Г 2.4
Виявлення науково-технічного рівня ОГД	Кафедра відкритих гірничих робіт	Шустов Олександр Олександрович	IV кв. 2017 р.	Довідка про НТР. Звіт про патентні дослідження

Керівник
підрозділу-виконавця робіт

Зав. ПЛВ

А.Ю. Дриженко

О.О. Філонова

Форма Г.1.1 Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо його діяльності
1	2	3
Технологія відкритої розробки родовищ м'яких порід	Патент на винахід № 92548 Україна, МПК E21C 41/26. Спосіб відкритої розробки родовищ м'яких порід / А.Ю. Дриженко, В.І. Симонено, О.О. Шустов, К.В. Литвиненко, О.О. Інатюв; заявл. 25.03.09 ; опубл. 10.11.10, Бюл. № 21. – 4 с. (http://uapatents.com/4-92548-sposib-vidkrito-rozrobki-rodovishh-myakikh-porid.html)	діє
Комплекс для завантаження стрічкового конвеєра	Патент на винахід № 101246 Україна, МПК E21C 41/26, E21C 47/00, E02F 7/00, B65G 47/18, B65G 47/19, B65G 47/20. Комплекс для завантаження стрічкового конвеєра / А.Ю. Дриженко, О.О. Шустов, Н.А. Нікіфорова, О.М. Лазніков, В.Г. Лисенко ; заявл. 08.02.11 ; опубл. 11.03.13, Бюл. № 5. – 3 с. (http://uapatents.com/5-101246-kompleks-dlya-zavantazhennya-strichkovogo-konveehra.html)	діє

Форма Г.1.2 Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Джерела інформації	Бібліографічні дані
1	2	3
Технологія відкритої розробки родовищ м'яких порід	<ol style="list-style-type: none"> 1. Відриті гірничі роботи 2. Буре вугілля України 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Дриженко А.Ю. Відкриті гірничі роботи : підручник / А.Ю. Дриженко ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпропетровськ : НГУ, 2014. – 590 с. 2. Дриженко А.Ю. Буре вугілля України: умови залягання та перспективи освоєння : навч. посіб. / А.Ю. Дриженко, О.О. Шустов ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 332 с. – ISBN 978-966-350-569-5.
Комплекс для завантаження стрічкового конвеєра	<ol style="list-style-type: none"> 1. Відриті гірничі роботи 2. Буре вугілля України 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Дриженко А.Ю. Відкриті гірничі роботи : підручник / А.Ю. Дриженко ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпропетровськ : НГУ, 2014. – 590 с. 2. Дриженко А.Ю. Буре вугілля України: умови залягання та перспективи освоєння : навч. посіб. / А.Ю. Дриженко, О.О. Шустов ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 332 с. – ISBN 978-966-350-569-5.

Форма Г.1.4 Техніко-економічні показники ОГД та об'єктів аналогічного призначення

Найменування та одиниці виміру	Техніко-економічні показники			
	Об'єкта за технічними умовами будівництва УкрНІПроекта	Об'єкта-аналога (державна, фірма, організація, модель, рік освоєння)	ОГД	Перспективного зразка за даними дослідження
1	2	3	4	5
Об'єм виймання порід розкриву уступом висотою 30 м, млн. м ³ /р	8,3	–	5,8	
Собівартість виймання 1 м ³ породи, грн.	10,5	–	10,5	
Загальна вартість виймання порід розкриву, млн. грн./р	87,15	–	60,9	
Економічна ефективність нової технології, млн. грн.	–	–	26,25	

Форма Г.1.5 Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової придатності ОГД

ОГД, його складові частини		Прототип		Очікувані результати	Можливості використання у промисловості або іншій сфері діяльності	Номер поданої заявки, дата подачі заявки
Назва	Сукупність ознак	Бібліографічні дані	Сукупність ознак			
1	2	3	4	5	6	7
“Технологія відкритої розробки родовищ м'яких порід”	У процесі виймальних робіт уступи формують із трьох підступів шляхом поступового поглиблення гірничих робіт з навантаженням гірничої маси через пересувний бункер-перевантажувач	МПК Е 21 С 41/00 Патент 63460. Україна / Спосіб відкритої розробки розсіпів	Драглайн розташовують на його верхній площадці, породи розкриву після виймання розміщують у виробленому просторі, а корисну копалину перевантажують до приймального бункеру пересувного транспортного обладнання	З рахунок підвищення висоти уступа робочий борт кар'єра формується більш крутим, зменшується об'єм виймання порід розкриву, знижується його собівартість	Можлива розробка обводнених порід родовища бурого вугілля з підвищеною безпекою і меншим об'ємом виймання порід розкриву	Пат. 92548 Україна МПК (2006.01) Е 21 С 41/26 Оpubл. 10.11.10, Бюл. №21.
“Комплекс для завантаження стрічкового конвеєра”	Бункер має огорожуючий щит, який закріплено рухомо на боковій стінці з боку вибійного конвеєра та встановлено вище рівня бункера з можливістю коливань верхньої частини відносно своєї вертикальної вісі в момент контакту з ковшем екскаватора	[Пат. Россія. №2186982. МПК ⁷ Е21С 41/26, Е21С 47/00. Спосіб підготовки нового транспортного горизонту і екскаваторно-железнодорожний комплекс для його здійснення]	Бункер виконаний у вигляді металевого каркасу із вбудованими до нього віброподавачами, над якими розташована накопичувальна ємність.	При продуктивності драглайна 965 м ³ /год додатково на кожному із транспортних горизонтів із застосуванням перевантажувального комплексу щорічно можливо розробляти 1057640 м ³ гірничої маси.	Заявлена конструкція бункера дозволяє розробляти м'яку гірничу масу з попередженням її налипання.	Патент №101246 Україна МПК (2012.01) Е 21 С 41/00 Оpubл. 11.03.13, Бюл. №5.

**Форма Г.2.4 Аналіз можливості застосування в ОГД відомих об'єктів
промислової власності**

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності (бібліографічні дані)	Суть об'єкта промислової власності	Очікуваний результат від застосування
1	2	3	4
Технологія відкритої розробки родовищ м'яких порід	Пат. 92548 Україна МПК (2006.01) Е 21 С 41/26 Спосіб відкритої розробки родовищ м'яких порід: / А.Ю. Дриженко, В.І. Симоненко, О.О. Шустов, К.В. Литвиненко [та ін.]; заявл. 25.03.09; опубл. 10.11.10, Бюл. №21.	Спосіб розробки м'яких порід уступом підвищеної висоти із застосуванням драглайна та навантаженням гірничої маси через пересувний бункер-перевантажувач	Виймання порід уступом 30 м дозволяє щорічно зменшувати об'єм розкриву на 2,5 млн м ³ і отримати економічний ефект

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

О.С. Бешта

" " 2017 р.



ДОВІДКА

про оцінку науково-технічного рівня результатів НДР ГП-483

“Комплексне використання бурого вугілля та супутні порід при відритій розробці родовищ України над сольовими штоками”

(шифр та назва теми)

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Найменування та одиниця виміру	Значення техніко-економічних показників	
	кращого аналога	розробленого об'єкту
Собівартість виймання порід розкриву	87,15	60,9

Патент 92548 “Спосіб відкритої розробки родовищ м'яких порід”

Перелік патентів (заявок)

А.Ю. Дриженко, В.І. Симоненко, О.О. Шустов, К.В. Литвиненко [та ін.] опубл. 10.11.10, Бюл. №21.

(назва, номер, дата, автори)

Відомості НОУ-ХАУ методика вибору технологічних параметрів

ЗАГАЛЬНА ОЦІНКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ НДР

перевищує сучасний рівень науки і техніки в Україні

(відповідає сучасному рівню науки і техніки, перевищує, не відповідає)

Зав. ПЛВ

О.О. Філонова

" " 2017 р.

Керівник НДР

А.Ю. Дриженко

ВИСНОВКИ

У результаті патентних досліджень на рівні винаходів створена нова технологія поетапної розробки глибокого буровугільного кар'єру з розробкою порід розкриву драглайном і транспортуванням їх на поверхню стрічковими конвеєрами.

Технічні рішення захищені патентами: № 92548 Спосіб відкритої розробки родовищ м'яких порід: / А.Ю. Дриженко, В.І. Симоненко, О.О. Шустов, К.В. Литвиненко [та ін.]; заявл. 25.03.09; опубл. 10.11.10, Бюл. №21; №100419 Спосіб розробки обводнених м'яких корисних копалин / Дриженко А.Ю., Нікіфорова Н.А., Шустов О.О.; заявл. 27.12.10; опубл. 25.12.12, Бюл. №24; №101246 Комплекс для завантаження стрічкового конвеєра: / А.Ю Дриженко, О.О. Шустов, Н.А. Нікіфорова, О.М. Лазніков [та ін.]; заявл. 08.02.11; опубл. 11.03.13, Бюл. №5.

Розробка має відомості "НОУ-ХАУ", виконана на високому науково-технічному рівні та перевищує сучасний рівень науки і техніки в Україні.



ТОВ «Інститут ДніпроВНПЕнергопром»

вул. Академіка Белелюбського, 36, м. Дніпро, 49019

Тел. (+38056)7901846, факс(+38056)7901893, E-mail:office@dneprom.com, http://www.dnoprwnpi.com, http://www.dneprom.com

20.11.2017 № 1-00/1792
на № _____ від _____

Ректору
Державного ВНЗ «НГУ»
академіку НАН України,
проф. Півняку Г.Г.

Про підтримку проекту науково-
технічної розробки

Шановний Геннадію Григоровичу!

Буре вугілля, будучи твердим паливом нижчого рангу (ступеня вуглефікації) за своїми характеристиками, значно відрізняється від груп кам'яного вугілля, що знаходять широке застосування в енергетичному секторі країни. Високі показники вологості, виходу летких речовин, вмісту сірки та суттєвої зольності, перешкоджають залученню бурого вугілля в енергетичний баланс України. У той же час актуальним залишається питання розробки екологічної та енергоефективної технологічної лінії збагачення (сушіння і видалення мінеральних речовин) з одночасним штучним старінням бурого вугілля (вуглефікацією), що дозволить знайти йому широке застосування, потенційно знизивши залежність країни від імпорту вуглеводнів.

Авторами проекту на базі розробленого нового конструктивно-технологічного рішення функціонального модуля передбачається проведення комплексних досліджень інтенсифікації теплообмінних процесів у енергозберігаючих термовакuumних теплотехнологічних установках. Дані теоретичних і експериментальних досліджень дозволять розробити оптимальні технологічні процеси одержання високоякісного палива із бурого вугілля з урахуванням його фізико-хімічного та структурного складу, знизити енергетичні витрати на одиницю одержаної продукції, прискорити технологічний процес, розробити енергозберігаючу, високоефективну технологію.

У цьому зв'язку, просимо Вас підтримати проект науково-технічної розробки колективу авторів Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» «Розроблення технології збагачення бурого вугілля для отримання високоякісного палива, з характеристиками наближеними до кам'яного», яка являється надзвичайно актуальною для підтримання гірничо-енергетичної галузі України. Технологічні та технічні рішення новостворених термовакuumних установок знайдуть застосування у нашій організації, а також будуть корисними при плануванні розвитку паливно-енергетичного комплексу на близьку перспективу.

Генеральний директор

Г.О. Мікулін

УКРАЇНСЬКА НАУКОВО-
ПРОМИСЛОВА АСОЦІАЦІЯ

“УКРКОКС”

49000, м. Дніпро
пл. Героїв Майдану, 1

УКРАИНСКАЯ НАУЧНО-
ПРОМЫШЛЕННАЯ АССОЦИАЦИЯ

“УКРКОКС”

49000, г. Днипро
пл. Героев Майдана, 1

тел.:(056) 791-16-33, тел./факс: (056) 744-74-78, код ОКПО 04851189, e-mail: ukrkoks@a-teleport.com
ukrkoks@meta.ua

27 листопада 2017 р. Вих. № АС-104

[про підтримку проекту науково-технічної розробки]

Ректору
Державного ВНЗ “НГУ”
академіку НАН України,
проф. Півняку Г.Г.

Шановний Геннадію Григоровичу!

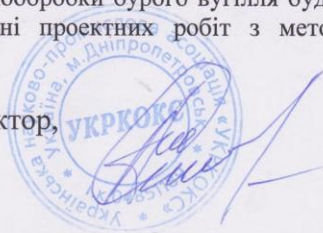
Практичні та розрахункові значення показують, що операційні витрати на видобуток рядового бурого вугілля відкритим способом складають до 10 дол. за тону. Високий вміст баластних речовин у вигляді: вологи (до 60%), зольності (20-45%), сірки (до 4,5%), виходу летючих речовин (60%) не дозволяють його транспортування на значні відстані та тривале зберігання з причини самозаймання. Більш того, рядове буре вугілля не є проектним паливом для жодної із теплових електростанцій енергосистеми України. Проте, теплота згоряння органічної маси бурого вугілля, не дивлячись на великий вміст кисню, знаходиться на рівні 6500-7200 ккал/кг.

Відомі види збагачення бурого вугілля, які застосовувалися раніше на брикетних фабриках ДХК «Олександріявугілля» у вигляді сушіння в паровій трубчастій сушарці та брикетування в штемпельному пресі є енерговитратним виробництвом. При цьому, збагачення та підвищення споживчих характеристик бурого вугілля досягалося тільки за рахунок зниження вологості палива та його брикетування.

Враховуючи вищесказане, актуальним є питання розробки технологічної лінії обладнання для штучного старіння бурого вугілля з покращеними експлуатаційними і техніко-економічними характеристиками. Інтенсифікація теплообмінних процесів у вакуумних термотехнологічних установках дозволить ефективно підводити тепло до оброблюваного матеріалу та прискорити процес тепло - і масообміну. Прогнозується, що з висушеного термообробленого бурого вугілля з частковим видаленням мінеральних домішок і сірки можливо отримати аналог, що перевершує за якістю паливо марок Д, ДГ, Г. Операційні витрати на отримання збагаченого бурого вугілля можуть знаходитися в діапазоні 40-60 дол./т., що істотно нижче вартості кам'яного вугілля в Україні.

Тому просимо Вас підтримати проект авторів ДВНЗ “Національний гірничий університет”, що висунутий на конкурс науково-технічних розробок “Розроблення технології збагачення бурого вугілля для отримання високоякісного палива з характеристиками, наближеними до кам'яного”, оголошений Міністерством освіти і науки України. Результати досліджень з термообробки бурого вугілля будуть використані в нашій організації та залучені при виконанні проектних робіт з метою підтримки паливно-енергетичного комплексу країни.

З повагою, генеральний директор,
д.т.н., проф.



А.Г. Старовойт