

ISSN 2415 - 7902

Міністерство освіти і науки України



НАУКОВИЙ ВІСНИК

ДОНЕЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

№ 2(15) 2025



Дрогобич 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

**НАУКОВИЙ ВІСНИК
ДОНЕЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

Всеукраїнський науковий збірник

Виходить 2 рази на рік

Заснований у квітні 2016 року

2(15)'2025

Дрогобич – 2025

УДК 62+5+33](045/046)

Друкується за рішенням Вченої ради державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет» (протокол № 12 від 27.11.2025 р.).

Збірник внесений до “[Переліку наукових фахових видань України](#)“, в яких можуть публікуватися [результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії по спеціальностям: 121 Інженерія програмного забезпечення, 151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології, 184 Гірництво, 263 Цивільна безпека.](#)

Збірник містить наукові статті співробітників ДонНТУ та інших навчальних і наукових закладів України, які є науковими партнерами ДонНТУ. Публікації висвітлюють результати наукових досліджень і розробок в галузях технічних та природничих наук.

Матеріали збірника призначені для наукових співробітників, викладачів, інженерно-технічних працівників, аспірантів та студентів.

Засновник та видавець – Донецький національний технічний університет

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР: *Ляшок Я.О.*, д-р екон. наук, проф. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Україна).

ЗАСТУПНИК ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА: *Алтухова Т.В.*, канд. техн. наук, доц. каф. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Україна).

АНГЛОМОВНИЙ РЕДАКТОР: *Золотарьова О.В.*, канд. пед. наук, доц.каф. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Україна).

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Heinrich Stefan, Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. (Hamburg University of Technology, Germany);

Kienle Achim, Prof. Dr.- Ing. habil.,Dr. h.c. (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Germany);

Parchański Józef, Prof. Dr.-Ing., Dr.h.c. (Politechnika Śląska, Gliwice, Poland);

Rothermel Kurt, Prof. Dr. rer. nat. Dr. h. c. (Universität Stuttgart, Germany);

Tyanev D., Prof., DSc, PhD, Engineer, (Technical University of Varna, Bulgaria);

Wesner Stefan, Prof. Dr.- Ing., Dr. h.c. (Universität Ulm, Germany).

НАЦІОНАЛЬНА РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Башков Є.О., д-р екон. наук, проф. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Україна);

Бачурін Л.Л., канд. техн. наук, доц. каф. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Україна);

Богомаз О.П., д-р. філос.(PhD), доц. каф. (ТОВ “Технічний університет “Метінвест Політехніка”, м.Запоріжжя, Україна);

Болібрux Б.В., д-р техн. наук, проф. (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна);

Глива В.А., д-р техн. наук, проф. (Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, м. Київ, Україна);

Гого В.Б., д-р техн. наук, проф. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Україна);

Дмитрієва О.А., д-р техн. наук, проф. (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна);

Єфремов І.О., д-р техн. наук, доц. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Україна);

Ісаєнков О.О., канд. техн. наук, доц. каф. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Україна);

Кіпко О.Е., д-р техн. наук, проф. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Україна);

Костенко Т.В., д-р техн. наук, доц. (Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України м. Черкаси, Україна);
Кучерук В.Ю., д-р техн. наук, проф. (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна);
Негрій С.Г., д-р техн. наук, проф. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Україна);
Негрій Т.О., канд. техн. наук, доц. (ДВНЗ «Київський національний університет будівництва і архітектури», м. Київ, Україна);
Погорілий С.Д., д-р техн. наук, проф. (Національний університет України ім. Т. Шевченка, м. Київ, Україна);
Подкопачев С.В., д-р техн. наук, проф. (ДВНЗ «Луцький національний технічний університет», м. Луцьк Україна);
Сагайда П. І., д-р техн. наук, доц. (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна);
Сахно І.Г., д-р техн. наук, проф. (ТОВ «Технічний університет «Метінвест Політехніка», м.Запоріжжя, Україна);
Святний В.А., д-р техн. наук, проф. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Україна);
Швачич Г.Г., д-р техн. наук, проф.(Національна металургійна академія України, м. Дніпро, Україна);
Ямненко Ю.С., д-р техн. наук, проф. (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна)

Фактична адреса редакції: м. Дрогобич, вул. Самбірська, 76, Львівська обл., Україна, 82111.
Адреса редакції для листування: м. Дрогобич, вул. Т. Шевченка, 9, Львівська обл., Україна, 82100.

Збірник зареєстрований в Державному комітеті інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України. Свідоцтво: КВ 21399-11199Р від 09.06.2015.

Ідентифікатор медіа: R30-02469

ЗМІСТ

Holinko V.I., Zabelina V.A., Holinko O.V., Kuznetsov O.K. RESEARCH ON THE IMPACT OF UNCONTROLLED GAS COMPONENTS IN THE ATMOSPHERE ON THERMOCATALYTIC SENSORS IN EXPLOSION SAFETY MONITORING SYSTEMS	8
Khomenko V.L., Pashchenko O.A., Koroviaka Ye.A., Shypunov S.O. CREATIVE APPROACH TO OPTIMIZING DRILLING TOOL DESIGNS FOR GEOTHERMAL WELLS	15
Koroviaka Ye.A., Pashchenko O.A., Rastsvietaiev V.O., Yavorska V.V., Zybalov D.S. AUTOMATION OF GEOSTEERING FOR ENHANCED A DRILLING ACCURACY IN TARGETING RESERVOIR ZONES	25
Pashchenko O.A., Dmytruk O.O., Shumov A.S., Papizh Yu.S., Pashchenko D.O. ASSESSMENT OF THE ECONOMIC IMPACT OF IMPLEMENTING AUTOMATED SYSTEMS IN OIL AND GAS DRILLING	36
Pashchenko O.A., Sudakov A.K., Rastsvietaiev V.O., Dmytruk O.O., Shypunov S.O. MATHEMATICAL MODELING OF HYDRODYNAMIC PROCESSES IN MIXING HETEROGENEOUS PETROLEUM PRODUCTS IN STORAGE TANKS	47
Rybak A.V., Koroviaka Ye.A. COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF HYDRODYNAMIC TREATMENT VERSUS TRADITIONAL METHODS FOR CLEANING THE BOTTOMHOLE ZONE IN HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS	59
Єгорченко Р.Р., Кононенко М.М., Косенко А.В., Хоменко О.Є. АНАЛІЗ СВІТОВОГО ДОСВІДУ ВИКОРИСТАННЯ ВИРОБЛЕНОГО ПРОСТОРУ РУДНИХ ШАХТ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ПІДЗЕМНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	72
Заміховська О. Л. ДОСЛІДЖЕННЯ САМОПОДІБНОСТІ ТА ПЕРСИСТЕНТНОСТІ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ	85
Вісін О.О., Клименко М.Б. ВИКОРИСТАННЯ МАТРИЧНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ОЦІНКИ ВИРОБНИЧИХ РИЗИКІВ У ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ ПРОМИСЛОВИХ ТА ЛОГІСТИЧНИХ ХАБІВ	95
Коробійчук В.В., Бойко В.В., Ган А.Л., Соколовський В.О., Цигода В.В. ВПЛИВ СЕЙСМОАКУСТИЧНИХ ХВИЛЬ НА ТРІЩИНОУТВОРЕННЯ БЛОЧНИХ ДІЛЯНОК ПРИ СУПУТНЬОМУ ВИДОБУВАННІ ГРАНІТІВ НА ЩЕБІНЬ	102
Костенко В.К., Богомаз О.П., Бандурян Б.Б. ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНОГО ПОВІТРЯ ЯК ОКРЕМОГО ВИДУ ШАХТНИХ РЕСУРСІВ	118
Крижанівський В. В., Левицький І. Т., Еліяшів О. М. АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ТА ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ В АВТОМАТИЗОВАНОМУ УПРАВЛІННІ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ	128
Крихівський М. В., Бандура В. В. ФОРМАЛІЗОВАНА МОВА UIDS FOR GENERATION OF ADAPTIVE INTERFACES WITH THE HELP OF LLM	137
Кравченко Б.Д., Голінько В.І., Радчук Д.І. ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ЛЮДИНИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ РЕСПІРАТОРІВ У ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ	147

Ложніков О.В., Адамова В.О., Ломазов П.К. ВИЗНАЧЕННІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВОДИ В ЗАЛИШКОВИХ ВИРОБЛЕНИХ ПРОСТОРАХ КАР'ЄРІВ ДНІПРОВСЬКОГО РАЙОНУ	164
Махінько А.О., Налисько М.М. АНАЛІЗ ФОРМ ВПЛИВУ АВАРІЙНИХ ВИБУХІВ В БУДИНКАХ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ СХЕМ ВИБУХОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ	178
Мельник В.Д., Касянчук В.П., Цапей П.П., Савіцький А.В., Пірко В.А., Васильків М.Р., Сенич І.Я. КЛАСИФІКАЦІЇ КОНТЕНТУ НА ОСНОВІ ФАКТОРИЗАЦІЙНОЇ АБДУКЦІЇ ГРАФОВИХ МЕРЕЖ	189
Микитенко С.В., Кузнецов О.О., Леонец І.В., Цигода В.В. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДИСКОВИХ ПИЛ У КАМЕНЕОБРОБНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	200
Мінсєв С.П., Трохимець М.Я., Мальцева В.Є., Прусова А.А., Янжула О.С., Боднар А.А. БОРІТЬБА З ВИБУХАМИ МЕТАНУ ПРИ ВИЇМЦІ ГАЗОНАСИЧЕНИХ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ	209
Пікуляк М. В., Перегінець І. В., Лазарович І. М., Дутчак М. С. РОЗРОБКА МОДЕЛІ АВТОМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМИ МЕДИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ НА ОСНОВІ АРХІТЕКТУРИ MIXTURE OF EXPERTS (MoE)	222
Расцветаєв В.О., Азюковський О.О., Бабенко М.В., Васильченко Д.О. ДО ПИТАННЯ ПЕРСПЕКТИВ ЗАСТОСУВАННЯ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВУ У СИСТЕМАХ ТРАНСПОРТУВАННЯ НАФТИ ТРУБОПРОВОДАМИ	232
Стрілецький Ю.Й., Шекета В.І., Воропаєва А.О. РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПЕРЦЕПТРОННОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ НАГРІВОМ ОБ'ЄКТУ	246
Тарасенко М. М., Николайчук М. Я. МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОЮ СТАНЦІЄЮ	256
Хома Р.Є., Радчук Д.І., Чеберячко С.І., Шошин Д.В., Єфіменко О.П. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ВИКОРИСТАННЯ АХНР НА ПІДПРИЄМСТВАХ	270
Чепіга Д. А., Полій Д.В., Бачурін Л. Л., Подкопаєв С. В., Бачуріна Я. П., Вісин О. О. ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАКЛАДАЛЬНИХ МАСИВІВ У РІЗНИХ УМОВАХ СТИСНЕННЯ	282

УДК 622. 012.2: 628.8

DOI: 10.31474/2415-7902-2025-2-15-118-127

Костенко В.К., Богомаз О.П., Бандурян Б.Б.

ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНОГО ПОВІТРЯ ЯК ОКРЕМОГО ВИДУ ШАХТНИХ РЕСУРСІВ

Мета: теоретично обґрунтувати доцільність вилучення низькомінералізованої води з шахтного повітря як окремого водного ресурсу гірництва.

Методика: за допомогою інфрачервоної (ІЧ) спектрометрії було проведено зіставлення зразків води з водопроводу, з накопичувального ставка шахтоуправління «Покровське» та конденсату із міського повітря, для визначення можливості використання конденсованої води в технологічних або питних потребах.

Результати: проведені теоретичні дослідження продемонстрували доцільність використання суттєвого ресурсного потенціалу повітря у глибоких шахтах в якому міститься значна маса водяної пари. Запропоновано технологічну схему вилучення води та охолодження повітря, яке спрямовують до вибоїв. Розрахунки показали можливість отримання кількох сотень літрів конденсованої води зі спрямованого до очисної дільниці вентиляційного потоку. Наведені дослідження дозволяють стверджувати – вологу, що міститься у шахтному повітрі, доцільно розглядати як окремий самостійний ресурс гірничого виробництва.

Наукова новизна: розроблено енергоефективну схему підземної кондиційної установки, яка забезпечує охолодження, осушення та часткову утилізацію вологи вентиляційного повітря із можливістю одержання придатного до використання дистилляту, що покращує мікрокліматичні умови праці гірників і сприяє раціональному використанню водних ресурсів у гірничих виробках.

Практичне значення: отримання відносно чистої води у підземних умовах дає змогу зменшити витрати на придбання водопровідної води питної якості, яку за вимогами використовують на придушення пилу, зрошення та пожежогасіння. Зменшення густини шахтного повітря, шляхом його осушення, відкриває перспективу скорочення витрат енергії на провітрювання мережі гірничих виробок.

Ключові слова: осушення шахтного повітря, мікрокліматичні умови гірників, кондиційна установка.

Вступ. Останніми десятиліттями дефіцит прісної води став серйозною світовою проблемою. Згідно з дослідженнями ВООЗ, лише 2,5% води на Землі є прісною, а решта – солона, що міститься в морях та океанах. Це призвело до того, що кожен четвертий мешканець планети не має доступу до чистої питної води, при цьому, за різними прогнозами, до 2050 року половина населення планети буде мешкати у регіонах з дефіцитом води [1].

Глобальний дефіцит водних ресурсів спричинений рядом факторів – природними або географічними, які пов'язують з нерівномірним розподілом водних ресурсів на планеті, кліматичними особливостями, та соціально-економічними, під якими розуміють збільшення населення, зміна структури споживання водних ресурсів, збільшення площ зрошуваних угідь [2]. Не менш важливим фактором, який сприяє зміні кількісних та якісних показників води, є антропогенна діяльність та застосування нестабільних методів управління водними ресурсами.

Прикладом антропогенної діяльності, що завдає значної шкоди водним ресурсам, є гірнича галузь. Попри те, що підземний видобуток вугілля сприяє енергетичній незалежності країни, водночас він характеризується складними умовами розробки та появою небезпечних факторів таких, наприклад, як техногенні пожежі [3], а також спричиняє утворенню великої кількості твердих [4], рідких та газоподібних відходів, які потребують безпечної утилізації.

Підприємства вугільної промисловості є джерелом надходження великої кількості стічних шахтних вод. Об'єм шахтних вод, що утворюються під час видобутку корисних копалин, зазвичай є набагато більшим за об'єм твердих відходів і залежить від ряду

природних та техногенних факторів, серед яких виділяють: характер залягання вугільних пластів та водоносного горизонту, фізико-хімічні властивості гірничих порід, наявність тріщин, порожнин, клімат регіону, інтенсивність та характер опадів. Так, вугільні шахти, які розташовані у вологому кліматі, у середньому можуть відкачувати близько $100 \text{ м}^3/\text{хв}$ шахтних вод [5], однак значення цього показника відрізняється між вугільними басейнами світу. Для прикладу, у вугільних регіонах Польщі на одну тону добутого вугілля припадає 3 м^3 [6], у Китаї – $1,87 \text{ м}^3$ [7], а в Україні – 10 м^3 стоків.

Враховуючи низьку якість шахтних вод використання їх у побуті, промисловості та сільському господарстві без належного очищення є неможливим. Тому рівень повторного використання шахтних вод у світі є доволі низьким. Наприклад, у Китаї цей показник становить лише 35% [8]. Більша ж частина шахтних вод без належного очищення скидається до місцевої гідрографічної мережі, що призводить до її деградації та ще більше посилює дефіцит води у районах розташування вугільних підприємств.

З іншого боку, гірничодобувні підприємства виступають споживачами великого обсягу чистої води, яку використовують для попередження утворення пилу та його придушення, не допущення раптових газодинамічних явищ, профілактики й гасіння пожеж. При цьому, за діючими вимогами, така вода за хімічними показниками повинна відповідати якості питної. У зв'язку з цим, питання отримання додаткових водних ресурсів на гірничих підприємствах, які за якістю наближені до питних, є вкрай актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для розв'язання глобальної проблеми дефіциту води та отримання водного ресурсу, за якістю наближеного до питного, усе частіше стали розглядати спосіб вилучення вологи з повітря. Цей спосіб належить до високоякісних відновлювальних джерел виробництва води, який є доступним майже у всіх регіонах планети, та дає змогу, залежно від кліматичних умов регіону, отримати близько $1000 \text{ м}^3/\text{добу}$ чистої води [9].

Відомі два основних методи вилучення вологи з атмосферного повітря: перший полягає у застосуванні різних композитних сорбційних матеріалів, а другий – базується на принципі охолодження повітря до точки роси.

При першому методі як композитні матеріали, можуть використовуватися осушувачі, такі як хлорид кальцію, цеоліти та силікагель [10]. У нічний час хімічні адсорбенти, які мають пористу структуру, поглинають вологу з атмосферного повітря, яка згодом вилучається за допомогою процесу випаровування-конденсації у сонячних дистиляторах. Однак традиційні адсорбенти – цеоліти та силікагелі – мають або низьку здатність до поглинання вологи, або вимагають високих енергетичних витрат для її подальшого вивільнення [11]. Крім того, недоліком використання адсорбентів є те, що ці матеріали є неефективними у посушливих регіонах. Тому для областей з низькою вологістю повітря застосовують спосіб охолодження повітря до точки роси за допомогою парокомпресійного циклу. Для цього використовують різні дослідні та експериментальні установки, в основу яких покладено фундаментальну властивість водяної пари, що міститься у повітрі, переходити до стану рідини та конденсуватись при досягненні, так званої, «точки роси».

Значну увагу приділено оцінці якості води, що отримана шляхом конденсації водяної пари. Дослідники відібрали у різних кліматичних умовах, у різний час доби та протягом кількох сезонів 64 проби води [12]. Зразки було проаналізовано на вміст металів, неорганічних іонів, NH_4^+ та ряду інших речовин. Хімічні елементи, з яких було виготовлено основні деталі конденсаційного пристрою, такі як залізо, хром, молібден і алюміній у сконденсованій воді або взагалі не виявлені, або виявлені у дуже незначних кількостях (менше ніж 5 мкг/л). Отриману воду перевіряли на відповідність стандартам питної води. Жодна з контрольованих хімічних речовин (за винятком нікелю та

бензо[а]пірену в окремих пробах) не перевищувала гранично допустимої концентрації.

Подібні дослідження було проведено для обґрунтування комерційного використання методу вилучення води з повітря за допомогою пристрою типу AWG [13]. У сильно забрудненому промисловому середовищі було відібрано та проаналізовано 83 проби води за 99 різними параметрами якості, включаючи органічні, неорганічні та мікробіологічні забруднювачі. Результати аналізів свідчать, що навіть у районах, які вважаються надмірно забрудненими порівняно з природним середовищем, вода, отримана з повітря за допомогою AWG, може вважатися придатною для пиття, за умови ретельного контролю окремих специфічних забруднювачів. Аміак виявився єдиним параметром, який постійно перевищував граничну норму 0,5 мг/л (61% проб із 47 країн), а у деяких випадках навіть становив 1,5 мг/л. Два інші показники – нікель (15 проб) та дихлорметан (2 проби) – епізодично перевищували допустимі рівні для питної води.

Такі дослідження свідчать про можливість отримання з повітря води високоякісної води не лише в умовах природного середовища, а й у промислових регіонах. У зв'язку з цим доцільно розглянути можливість отримання конденсованої води з рудникової атмосфери глибоких шахт, яка рясно насичена водяною парою внаслідок геотермального нагріву обводненого гірничого масиву.

Мета – теоретично обґрунтувати доцільність вилучення низькомінералізованої води з шахтного повітря як окремого водного ресурсу гірництва.

Завдання – обґрунтувати технологію та схему розташування обладнання для отримання конденсованої чистої води з одночасним охолодженням і осушенням повітря в очисних виробках.

Результати дослідження. На сучасному етапі розвитку гірництва видобуток корисних копалин підземним способом відбувається на глибині більше ніж 800-900 м, а на деяких шахтах розробляють пласти вугілля на глибинах 1200-1500 м. Температура гірничого масиву на таких глибинах, під дією геотермального тепла, сягає температури понад 40°C, відповідно температура повітря у гірничих виробках також наближається до цієї позначки, що перевищує, за правилами безпеки, допустимі показники температури на робочих місцях – 25-26 °C.

Крім підвищеної температури, на погіршення умов праці гірників впливає висока вологість шахтного повітря, яка обумовлена збільшенням випаровування з ростом нагріву порід. Причиною інтенсивного випаровування є наявність у гірничих виробках вільної, плівкової, капілярної, гігроскопічної води, а також гідрозолей, що утворюють системи придушення пилу, охолодження зубків комбайнів тощо. Згідно з довідниковими даними [14] збільшення температури довкілля з 30°C до 50°C призводить до збільшення у тричі випаровування з одного квадратного метра з 25,34-39,94 кг/добу до 73,94-116,47 кг/год (табл. 1), при цьому, основна частина цієї вологи залишається у повітрі у вигляді пари.

Таблиця 1 – Випаровування води з 1 м² (в кг/добу) залежно від температури води та стану довкілля

Температура води, °C	Спокійне повітря, кг/добу	Середній рух повітря, кг/добу	Сильний відбір повітря, кг/добу
15	10,2	13,1	16,08
30	25,34	32,76	39,94
50	73,94	94,92	116,47
75	231,98	297,72	374,33
100	611,11	769,85	962,52

Підвищена вологість обмежує охолодження організму шляхом потовиділення, що викликає необхідність використання гірниками індивідуальних або групових засобів

кондиціонування повітря.

Для вирішення поставленого завдання з отримання чистої води та охолодження повітря запропоновано використати процеси, які відбуваються завдяки фазовим перетворенням у наведеній нижче термодинамічній системі чілерного типу. Конструктивно система виглядає таким чином: виробку якою подають повітря до вибоїв, оснащують теплообмінником, частіше за все трубчастого типу, на вході до труб якого приєднано дросель, а на виході – компресор, який, своєю чергою, з'єднаний з, встановленим у виробці з вихідним струменем повітря, радіатором, а через нього – з дроселем. Крім того, в нижній частині теплообмінника зроблено жолоб, який поєднаний з резервуаром конденсованої води. З'єднані у ланцюг елементи системи «теплообмінник – компресор – радіатор – дросель» утворюють герметичний об'єм, заповнений холодоагентом, який, при атмосферному тиску, має температуру кипіння значно нижчу від температури повітря у виробках. Холодоагент циркулює під дією компресора від встановленого у повітряному струмені гірничої виробки радіатора, а потім до встановленого на вході до труб теплообмінника дроселя.

Охолодження теплообмінника відбувається за рахунок кипіння у його трубках рідкого холодоагенту який, при цьому, інтенсивно поглинає тепло з повітря, що поступає до лави. Пароподібний холодильний агент відсмоктується компресором в якому стискається до високого тиску та подається у радіатор, в якому температура є нижчою за точку роси стиснених нагрітих парів, що призводить до їх конденсації. Тепло, що утворюється у процесі конденсації з радіатора, передається вихідному повітрю гірничої виробки, що обтікає його, і розсіюється в навколишньому середовищі. Під дією високого тиску рідкий холодоагент через дросель, де зменшується тиск та регулюються параметри потоку, надходить до теплообмінника. У теплообміннику рідкий холодоагент під низьким тиском кипить, поглинаючи теплоту з шахтного повітря, та перетворюється на пару низького тиску. Компресор знову всмоктує холодоагент, таким чином цикл повторюється.

Осушення спрямованого до лави повітря забезпечують пропускаючи шахтне повітря через теплообмінник, який встановлено у теплоізолюваному корпусі. Теплова ізоляція корпусу обмежує доступ тепла зовні до теплообмінника та покращує вилучення тепла з повітря що рухається повітропроводом. В охолодженому нижче точки роси повітрі відбувається конденсація водяних крапель, які осідають на стінках корпусу та трубах теплообмінника, згруповані краплі, під дією гравітації, стікають до жолоба. Накопичена вода стікає до резервуара, а з нього відбирається споживачами.

Регулювання інтенсивності охолодження повітря у теплообміннику забезпечується за рахунок зміни тиску або витрати холодоагенту компресором. У результаті змінюється температура трубок теплообмінника і, відповідно, швидкість конденсації води з повітря.

Конструктивно система для кондиціонування повітря, що поступає до шахтної видобувної дільниці, та основні процеси, що відбуваються в ній виглядають наступним чином (рис 1).

Потік свіжого повітря, відносна вологість якого сягає 75...80% і вище, поступає на видобувну дільницю магістральною виробкою. Потім він рухається дільничною виробкою, що подає повітря, у якій розташований теплообмінник 1. У теплообміннику 1 відбувається охолодження повітря нижче точки роси та конденсація крапель води на холодних поверхнях трубок і корпусу. Потік осушеного й охолодженого повітря продовжує рух до очисного вибою. Пара, що утворилась при кипінні холодоагенту поступає з трубок теплообмінника 1 до компресора 2 де її піддають стисненню і трубопроводом прямують до радіатора 3, що встановлений у виробці з вихідним струменем повітря. Виробки, якими рухається свіже повітря, відокремлені від виробок з вихідним повітрям вентиляційними шлюзами. У радіаторі відбувається теплообмін між

стисненими нагрітими парами та вихідним повітрям. Надлишкова теплова енергія що утворюється у процесі конденсації вилучається з радіатора і розсіюється у потоку вихідного повітря. Конденсат холодоносія з радіатора поступає до дроселя 4 в якому знижується рівень тиску рідини і вона прямує трубопроводом до теплообмінника. Накопичена у теплообміннику вода по жолобу стікає до накопичувальної ємності 5 звідки поступає споживачам.

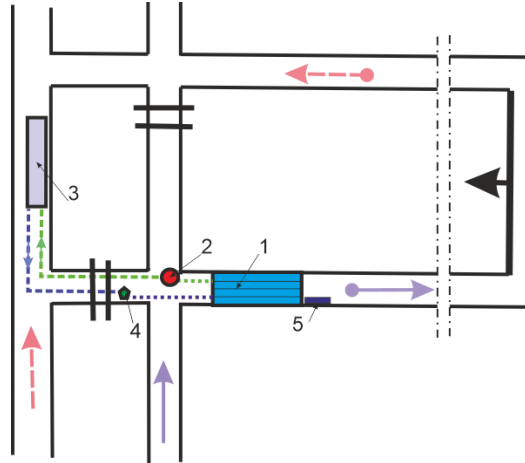


Рисунок 1 – Схема розміщення приладів для осушення та охолодження повітря у виробках видобувної дільниці: 1 – теплообмінник; 2 – компресор; 3 – радіатор; 4 – дросель; 5 – резервуар конденсату; суцільні стрілки – свіже повітря, штрихові – вихідне; стрілки з крапкою – осушене повітря

Теплообмін у запропонованій схемі відбувається наступним чином. У теплообміннику з повітря, що рухається виробкою до очисного вибою, поглинається тепло, воно витрачається на кип'ятіння й випаровування холодоносія. Температура повітря знижується, а рідкий холодоносіє перетворюється у пару. У замкненому ланцюгу «теплообмінник – компресор – радіатор – дросель» компресор забезпечує стискання і подавання до радіатора парів холодоносія, що поступили з теплообмінника. У радіаторі згущена пара, що має температуру вищу від температури вихідного потоку повітря, починає охолоджуватись і конденсується. Цей процес супроводжується виділенням прихованої теплоти, яку забирає з радіатора струмінь вихідного повітря та розсіює у просторі виробки. Таким чином відбувається вилучення теплоти з повітря яке рухається до лави та перекидання її до вихідного повітряного потоку минаючи очисний вибій.

Процес осушення повітря є доцільним з наступних теоретичних міркувань. Повітря, що рухається до лави, має температуру 22...23°C та відносну вологість 75...80%. Розрахунки показали, що у кожному кубометрі повітря міститься близько 16-18 г/м³ води [15]. Враховуючи, що для провітрювання очисних вибоїв, залежно від гірничотехнічних і гірничо-геологічних умов, потрібно, орієнтовно, 20-50 м³/с повітря, можна встановити, що до видобувної дільниці у складі вентиляційного потоку надходить 320-900 г/с водяної пари. За рахунок осушення можливо забезпечити переведення певної кількості пари у рідку воду. Наприклад, при охолодженні у теплообміннику вхідного повітря до 20°C та зменшенні вологості до 40% у вигляді пари залишається близько 7-8 г/м³, а приблизно 8-10 г/м³ переходять у рідкий стан. Це означає, що накопичується до 160-500 г/с рідини, що за годину становить 576-1800 кг. Така кількість дистилляту є суттєвим ресурсом який доцільно використовувати у технологічних, сільськогосподарських, протипожежних або, навіть, у питних цілях.

Для дослідження можливості використання конденсованої води в технологічних

або питних потребах за допомогою інфрачервоної (ІЧ) спектроскопії було проведено зіставлення зразків води з водопроводу, з накопичувального ставка шахтоуправління «Покровське» та конденсату із міського повітря. В основу цього методу покладено ствердження, що серед матеріальних об'єктів не існують з'єднання з різними структурами, але однаковими ІЧ-спектрами [16]. ІЧ-спектр є «відбитком пальців» молекули, який відрізняється від спектрів інших молекул. При необхідності ідентифікувати певну речовину виконують зіставлення невідомого та відомого спектрів. Це дає змогу отримати якісні та частково кількісні результати для кожного компонента складних хімічних сполук. Експериментальні зразки досліджували за допомогою спектрально-аналітичної установки, створеної на базі ІЧ-спектрометра ІКС-21 та тепловізора Ti-400.

Встановлено, що у зразку водопровідної води міститься кілька хімічних, а можливо біологічних речовин на що вказує спектр, що має падаючий зі збільшенням довжини хвилі (рис 2, лінія 2). Високий ступень мінералізації притаманний зразку, який був відібраний у ставку-відстійнику шахтоуправління «Покровське» (лінія 3), з хімічного аналізу відомо про значний вміст у стоці хлоридів та ряду інших речовин.

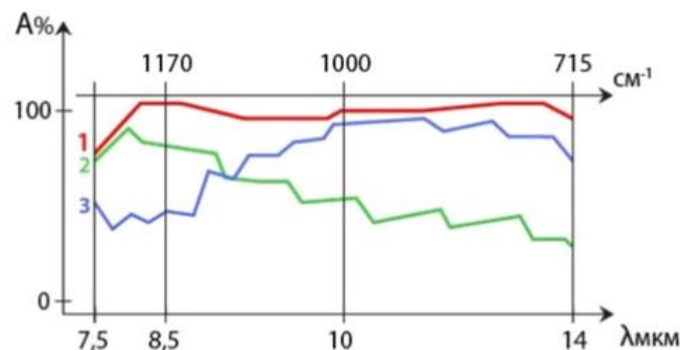


Рисунок 2 – ІЧ спектри дистилляту (1), водопровідної води (2) та стоків шахтоуправління «Покровське» (3): А – інтенсивність спектрів поглинання %; λ – довжина хвилі ІЧ випромінювання, мкм

Отримані результати вказують на незначний рівень поглинання ІЧ променів і, відповідно, на відсутність речовин, що забруднюють дистиллят (лінія 1). Хімічний аналіз домішок у даному випадку не проводили, це предмет окремих досліджень. Але можливо зробити попередній висновок про можливість отримання води з шахтного конденсату, яка має низький показник мінералізації. Варто також зазначити, що для забезпечення необхідної якості конденсату необхідно запобігати попаданню до нього пилу, який утворюється при видобуванні та транспортуванні корисної копалини, тому напрямок транспортування вугілля повинен збігатися з напрямом вихідного струменя повітря (див. рис. 1). Крім того, у шахті можуть бути присутні вихлопні гази дизелів, вибухові гази, продукти розкладання сірчаніх мінералів тощо. Подібний аспект оцінки якості конденсату підлягає подальшому вивченню.

Обговорення результатів. Проведені теоретичні дослідження продемонстрували доцільність використання суттєвого ресурсного потенціалу повітря у глибоких шахтах в якому міститься значна маса водяної пари. Запропоновано технологічну схему вилучення води та охолодження повітря, яке спрямовують до вибоїв. Розрахунки показали можливість отримання кількох сотень літрів конденсованої води зі спрямованого до очисної дільниці вентиляційного потоку. Конструктивні рішення та капітальні витрати щодо проведення тепломасообміну у гірничих виробках ще потребують деталізації. Експлуатаційні енергетичні витрати на отримання конденсату вимірюються потужністю двигуна компресора, але отримання конденсату розкриває ряд

наступних переваг.

За українськими галузевими нормами вологість повітря у при вибійній зоні не лімітовано [17], обмежено тільки рівень температури повітря – не більше 25-26°C. Для робітників, які працюють на поверхні, оптимальними умовами мікроклімату для робочої зони виробничих приміщень за санітарними нормами прийнятий діапазон відносної вологості повітря від 40 до 60% [18]. Відомо, що за фізіологічними рекомендаціями при активному фізичному навантаженні, а робота гірників саме така, оптимальним для терморегуляції людини вважається рівень вологості повітря від 14 до 20%. Таким чином, вологість шахтного повітря часто перевищує фізіологічно обґрунтовані норми, це ускладнює роботу гірників, у зв'язку з чим, її доцільно довести до кондиції шляхом вилучення водяної пари. Підвищення комфортності умов роботи у виробках забезпечує такі переваги як, підвищення продуктивності праці гірників, зниження їх захворюваності та ін.

Ще однією перевагою осушення повітря є можливість використання конденсату для технологічних потреб. За вимогами, для попередження утворення пилу та її придушення, не допущення раптових газодинамічних явищ, профілактики і гасіння пожеж воду необхідно використовувати воду питної якості. Таку воду шахти змушені закуповувати у спеціалізованих водопостачальників. Наявність високої якості води під землею зменшує або позбавляє шахти від витрат на її придбання. Якщо конденсована вода буде відповідати санітарним нормам її можна також використовувати у банях, пральнях, столових тощо. Крім того, при достатньому об'ємі, таку воду можна реалізовувати стороннім споживачам, що даватиме додатковий прибуток гірничому підприємству.

Вентилятори головного провітрювання шахт цілодобово переміщують мережею підземних гірничих виробок значний об'єм повітря, для середньої шахти він складає не менш 3000 м³/с. Маса цього повітря складається з гомогенної суміші газів сухого повітря та водяної пари. Енергія вентиляторів витрачається на перенесення всій суміші і може бути обчислена як множення сили що витрачена на переміщення повітря на відстань:

$$E = F \cdot L, \text{ Дж ; н}\cdot\text{м ; кг}\cdot\text{м}^2\cdot\text{с}^{-2}.$$

З наведеної розмірності виходить, що витрачена вентиляторами енергія пропорційна масі речовини, що переміщується мережею виробок. Це означає, що зменшення густини шахтного повітря шляхом вилучення водяної складової його маси дозволяє суттєво скоротити енергетичні витрати на провітрювання гірничих виробок. Економія від цього може значно перевищувати витрати енергії на роботу компресора установки з осушення повітря.

Висновки.

- Збільшення глибини ведення підземних гірничих робіт призводить до підвищення температури гірничого масиву. Це обумовлює зростання випаровування води, що надходить до гірничих виробок, та насичення повітря водяною парою. Підвищена вологість ускладнює умови праці гірників та негативно впливає на стійкість гірничих виробок.

- Запропоновано схему розміщення у виробках видобувної дільниці складових агрегатів кондиційної установки, яка дозволяє осушувати та охолоджувати повітря, що надходить до робочих місць. Установка дозволяє, оминаючи вибої, перекидати до вихідного вентиляційного потоку надлишкове тепло, яке утворюється при фазових перетвореннях холодоносія.

- Експериментально, за допомогою інфрачервоної спектрометрії, підтверджено належну якість конденсованої води у порівнянні з водопровідною водою та водою, відібраною з шахтного накопичувача.

- Запропонована схема осушення шахтного повітря з одночасним його охолодженням дозволяє суттєво покращити мікрокліматичні умови праці гірників у підземних гірничих виробках.

- Отримання відносно чистої води у підземних умовах дає змогу зменшити витрати на придбання водопровідної води питної якості, яку за вимогами використовують на придушення пилу, зрошення та пожежогасіння.

- Зменшення густини шахтного повітря, шляхом його осушення, відкриває перспективу скорочення витрат енергії на провітрювання мережі гірничих виробок. Теоретично встановлено квадратичну залежність між густиною повітря та витратами енергії на провітрювання шахти.

- Наведені дослідження дозволяють стверджувати – вологу, що міститься у шахтному повітрі, доцільно розглядати як окремий самостійний ресурс гірничого виробництва.

Список літератури

1. Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000–2022: special focus on gender. New York: United Nations Children’s Fund (UNICEF) and World Health Organization (WHO), 2023.
2. Khilchevskiy V. Global water resources: challenges of the 21st century. *Visnyk Kyivskogo nacionalnogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka, Geografiya* [Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Geography]. 2020. 1/2 (76/77). p. 6-16. <https://doi.org/10.17721/1728-2721.2020.76-77.10>
3. Kostenko V., Zavalova O., Novikova Y., Bohomaz O., Krupka Y., Kostenko T. Substantiating the parameters of quickly erected explosion-proof stopping. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*. 2020. 37(4). P.143-153. <https://doi.org/10.17794/rgn.2023.2.10>
4. Kostenko V., Bohomaz O., Hlushko I., Liashok N., Kostenko T. Use of solid mining waste to improve water retention capacity of loamy soils. *Mining of Mineral Deposits*. 2023. 17(4). P. 29-34. <https://doi.org/10.33271/mining17.04.029>
5. Mine Water. In: Mine Wastes. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007. https://doi.org/10.1007/978-3-540-48630-5_3
6. Mitko K., Dydo P., Milewski A.K., Bok-Badura J., Jakóbi-Kolon A., Krawczyk T., Cieplok A., Krodkiewska M., Spyra A., Gzyl G., et al. (Mine Wastewater Effect on the Aquatic Diversity and the Ecological Status of the Watercourses in Southern Poland. *Water*. 2024. 16(9). P. 1292. <https://doi.org/10.3390/w16091292>
7. Guo Y., Li G., Wang L., Zhang Z. Hydrochemical Characteristics of Mine Water and Their Significance for the Site Selection of an Underground Reservoir in the Shendong Coal Mining Area. *Water*. 2023. 15(6). P. 1038. <https://doi.org/10.3390/w15061038>
8. Zhang C., Luo B., Xu Z., Sun Y., Feng L. Research on the Capacity of Underground Reservoirs in Coal Mines to Protect the Groundwater Resources: A Case of Zhangshuanglou Coal Mine in Xuzhou, China. *Water*. 2023. 15(8). P.1468. <https://doi.org/10.3390/w15081468>
9. Kandeal A.W., Abanob J., Elsharkawy M., Elkadeem M.R., Hamada M. A., Khalil A., Moustapha E.M., Sharshir S.W. Research progress on recent technologies of water harvesting from atmospheric air: A detailed review. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2022. 52 (A). P. 102000, <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102000>
10. Shareef A.S., Rashid F.L., Hussein A.N. Techniques for extracting pure water from atmospheric air by a solar collector and absorbent materials: Recent advances and development. *International Journal of Heat and Technology*. 2022. 40(4). P. 1053-1060. <https://doi.org/10.18280/ijht.400423>
11. Kim H., Yang S., Rao S.R., Narayanan S., Kapustin E.A., Furukawa H., Umans A.S., Yaghi O.M., Wang E.N. Water harvesting from air with metal-organic frameworks powered by natural sunlight. *Science*. 2017. 356. P. 430-434. <https://doi.org/10.1126/science.aam8743>
12. Inbar O., Gozlan I., Ratner S., Aviv Y., Sirota R., Avisar D. Producing Safe Drinking Water Using an Atmospheric Water Generator (AWG) in an Urban Environment. *Water*. 2020. 12(10). P. 2940. <https://doi.org/10.3390/w12102940>
13. Kaplan A., Ronen-Eliraz G., Ratner S., Aviv Y., Wolanov Y., Avisar D. Impact of industrial air pollution on the quality of atmospheric water production. *Environmental Pollution*. 2023. 325. P. 121447. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121447>
14. Чолпан П. П. Фізика. – К.: Вища школа. 2003. - 567 с.
15. Kostenko V., Bohomaz O., Kostenko T., Kutniashenko, O. Improvement of microclimatic working conditions for miners in deep mines. *Rudarsko-geološko-Naftni Zbornik*. 2024. 39(3). P. 145–152.

<https://doi.org/10.17794/rgn.2024.3.11>

16. Бандурян Б.Б., Ковалевський В.В. Інформаційна вимірвальна система оцінки стану безпеки. *Науково-технічний журнал «ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА»*. 2022. 11 (1/2022). С.3-7. <https://doi.org/10.52363/2522-1892.2022.1.1>

17. Правила безпеки у вугільних шахтах / Державний комітет України по нагляду за охороною праці Том 1. - К.: 1996 р., 420 с.

18. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»

References

1. Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000–2022: special focus on gender. New York: United Nations Children’s Fund (UNICEF) and World Health Organization (WHO), 2023.

2. Khilchevskiy V. Global water resources: challenges of the 21st century. *Visnyk Kyivskogo nacionalnogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka, Geografiya* [Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Geography]. 2020. 1/2 (76/77). p. 6-16. <https://doi.org/10.17721/1728-2721.2020.76-77.10>

3. Kostenko V., Zavialova O., Novikova Y., Bohomaz O., Krupka Y., Kostenko T. Substantiating the parameters of quickly erected explosion-proof stopping. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*. 2020. 37(4). P.143-153. <https://doi.org/10.17794/rgn.2023.2.10>

4. Kostenko V., Bohomaz O., Hlushko I., Liashok N., Kostenko T. Use of solid mining waste to improve water retention capacity of loamy soils. *Mining of Mineral Deposits*. 2023. 17(4). P. 29-34. <https://doi.org/10.33271/mining17.04.029>

5. Mine Water. In: *Mine Wastes*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007. https://doi.org/10.1007/978-3-540-48630-5_3

6. Mitko K., Dydo P., Milewski A.K., Bok-Badura J., Jakóbk-Kolon A., Krawczyk T., Cieplok A., Krodkiewska M., Spyra A., Gzyl G., et al. (Mine Wastewater Effect on the Aquatic Diversity and the Ecological Status of the Watercourses in Southern Poland. *Water*. 2024. 16(9). P. 1292. <https://doi.org/10.3390/w16091292>

7. Guo Y., Li G., Wang L., Zhang Z. Hydrochemical Characteristics of Mine Water and Their Significance for the Site Selection of an Underground Reservoir in the Shendong Coal Mining Area. *Water*. 2023. 15(6). P. 1038. <https://doi.org/10.3390/w15061038>

8. Zhang C., Luo B., Xu Z., Sun Y., Feng L. Research on the Capacity of Underground Reservoirs in Coal Mines to Protect the Groundwater Resources: A Case of Zhangshuanglou Coal Mine in Xuzhou, China. *Water*. 2023. 15(8). P.1468. <https://doi.org/10.3390/w15081468>

9. Kandeal A.W., Abanob J., Elsharkawy M., Elkadeem M.R., Hamada M. A., Khalil A., Moustapha E.M., Sharshir S.W. Research progress on recent technologies of water harvesting from atmospheric air: A detailed review. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2022. 52 (A). P. 102000, <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102000>

10. Shareef A.S., Rashid F.L., Hussein A.N. Techniques for extracting pure water from atmospheric air by a solar collector and absorbent materials: Recent advances and development. *International Journal of Heat and Technology*. 2022. 40(4). P. 1053-1060. <https://doi.org/10.18280/ijht.400423>

11. Kim H., Yang S., Rao S.R., Narayanan S., Kapustin E.A., Furukawa H., Umans A.S., Yaghi O.M., Wang E.N. Water harvesting from air with metal-organic frameworks powered by natural sunlight. *Science*. 2017. 356. P. 430-434. <https://doi.org/10.1126/science.aam8743>

12. Inbar O., Gozlan I., Ratner S., Aviv Y., Sirota R., Avisar D. Producing Safe Drinking Water Using an Atmospheric Water Generator (AWG) in an Urban Environment. *Water*. 2020. 12(10). P. 2940. <https://doi.org/10.3390/w12102940>

13. Kaplan A., Ronen-Eliraz G., Ratner S., Aviv Y., Wolanov Y., Avisar D. Impact of industrial air pollution on the quality of atmospheric water production. *Environmental Pollution*. 2023. 325. P. 121447. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121447>

14. Cholpan P. P. Physics. – K.: Vishcha school. 2003. 567 p.

15. Kostenko V., Bohomaz O., Kostenko T., Kutniashenko, O. Improvement of microclimatic working conditions for miners in deep mines. *Rudarsko-geološko-Naftni Zbornik*. 2024. 39(3). P. 145–152. <https://doi.org/10.17794/rgn.2024.3.11>

16. Banduryan B.B., Kovalevsky V.V. Information system for assessing safety and security. Scientific and technical magazine "TECHNOGENIC-ECOLOGICAL SAFETY". 2022. 11 (1/2022). P. 3-7. <https://doi.org/10.52363/2522-1892.2022.1.1>

17. Safety rules in coal mines / State Committee of Ukraine for Supervision of Safety Work Volume 1. - K.: 1996, 420 p.

18. DSN 3.3.6.042-99 “Sanitary standards for the microclimate of industrial premises”.

Надійшла до редакції 09.09.2025

Kostenko V., Bohomaz O., Banduryan B.

USE OF UNDERGROUND AIR AS A SEPARATE TYPE OF MINING RESOURCES

Purpose: to theoretically substantiate the feasibility of extracting low-mineralized water from mine air as a separate water resource in mining.

Methodology: using infrared (IR) spectrometry, a comparison of water samples from the water supply system, from the storage pond of the Pokrovske mine management, and condensate from urban air was carried out to determine the possibility of using condensed water for technological or drinking needs.

Results: the theoretical studies conducted demonstrated the feasibility of using the significant resource potential of air in deep mines, which contains a significant mass of water vapor. A technological scheme for extracting water and cooling air directed to the faces was proposed. Calculations showed the possibility of obtaining several hundred liters of condensed water from the ventilation flow directed to the treatment section. The above studies allow us to state that the moisture contained in mine air should be considered as a separate independent resource in mining production.

Scientific novelty: An energy-efficient scheme of an underground air conditioning unit has been developed, which provides cooling, dehumidification and partial utilization of moisture in ventilation air with the possibility of obtaining a usable distillate, which improves the microclimatic working conditions of miners and contributes to the rational use of water resources in mining operations.

Practical significance: obtaining relatively clean water in underground conditions makes it possible to reduce the costs of purchasing drinking-quality tap water, which is required for dust suppression, irrigation and fire extinguishing. Reducing the density of mine air by dehumidification opens up the prospect of reducing energy costs for ventilation of the network of mine workings.

Keywords: *dehumidification of mine air, microclimatic conditions of miners, air conditioning unit.*

Відомості про авторів

Костенко Віктор Климентович, д.т.н., проф., завідувач кафедри природоохоронної діяльності ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»; e-mail: vk.kostenko@gmail.com

Богомаз Ольга Петрівна, Ph. D., доцент, доцент кафедри гірничої справи ТОВ ТУ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», e-mail: olha.bohomaz.ua@gmail.com

Бандурян Борис Багдасарович, к.ф.-м.н., с.н.с., доцент кафедри природоохоронної діяльності ДВНЗ «Донецький національний технічний університет».

Kostenko Viktor, doctor of technical sciences, professor, head of the Department of Environmental Protection, Donetsk National Technical University; e-mail: vk.kostenko@gmail.com

Bohomaz Olha, Ph. D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mining Technical University "METINVEST POLYTECHNIC" LLC; e-mail: olha.bohomaz.ua@gmail.com

Banduryan Boris, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, Associate Professor of the Department of Environmental Protection, Donetsk National Technical University.