

Максютов А. О., к.п.н., доцент (Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, м. Умань, Черкаська область, andriy.maksyutov@udpu.edu.ua), **Скиба В. П., к.с.-г.н., доцент** (Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, skiff_vika@ukr.net), **Стецюк Л. М., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, l.m.stetsuk@nuwm.edu.ua)

ГЕОЕКОЛОГІЧНІ УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ШИШКОВЕЦЬКОГО РОДОВИЩА ГІПСУ

У статті розглянуто геоекологічні умови одного з найбільших в східній Європі родовища гіпсу (Шишківського родовища Чортківського району Тернопільської області), а також охарактеризовані основні технологічні та організаційні рішення при його освоєнні та функціонуванні.

Встановлено, що Шишківське родовище відпрацьовується шахтним способом, з чим пов'язаний ряд проблем, таких як забруднення водного басейну (включаючи підземні води), забруднення повітря, проблеми обвалення та затоплення.

В результаті проведеного дослідження був визначений загальний вплив шахти на довкілля, а також екологічні проблеми технологій виробництва.

У даному науковому доробку наведено: геолого-генетичну, інженерно-геологічну та гідрологічну характеристику Шишківського гіпсового родовища. Детально вивчено геологічну будову промислової товщі гіпсу.

У дослідженні визначені: основні технологічні та організаційні рішення розробки родовища, виявлений спосіб розкриття шахтного поля, досліджені заходи безпеки при різних роботах на шахті.

Ключові слова: технології виробництва; екологічна безпека; гіпсове родовище; будівельна промисловість; гірничо-видобувні роботи.

Постановка проблеми. Україна багата на природний гіпс, поклади якого є в західних та східних регіонах країни. Цей високо-

екологічний негорючий матеріал має давню історію використання та випробуваний у багатьох галузях промисловості.

В даний час охорона навколишнього середовища при відкритій та підземній розробці гіпсових родовищ набуває все більш істотного значення, тому що необхідно врахувати екологічні фактори, які повинні сприяти мінімізації впливу на стан навколишнього природного середовища в результаті технологічних процесів, пов'язаних із розвідкою, підготовкою родовища та особливо очисною виїмкою.

Сучасні темпи споживання гіпсу показують, що на сільське господарство припадає 5% від загального споживання гіпсу. Ще 10–15% від загального споживання припадає на промисловість. Ця група включає скляну промисловість, ливарне виробництво, буріння, агрохімічне та кормове виробництво, виробництво барвників, клеїв, пластмас, харчову та фармацевтичну промисловість. Решта гіпсового каменю повністю використовується у виробництві матеріалів на основі гіпсу, що застосовуються в будівельному секторі, таких як змішаний гіпс для будівництва, штукатурка, шпаклівка, різні будівельні перегородки та фарби [1].

Отже, питання освоєння та функціонування гіпсових родовищ в Україні є вкрай актуальним завданням, що стоїть перед економікою нашої країни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наукових праць, присвячених особливостям експлуатації підприємств із видобування гіпсу засвідчує великий інтерес до означеного питання.

Зокрема, праці Білецького В. [1], Деревянко В., Кондратьєва Н., Гришко Г. [4], Іванова Є. [5], Кітури В., Сивого М. [6], Ковальчука І., Ключника В. [7], Суярко В., Величко В., Гаврилюка О. [13] підтверджують необхідність дослідження сучасних технологій видобування гіпсових матеріалів з позиції раціонального природокористування.

Мета і завдання досліджень. Вивчення геоекологічних умов експлуатації Шишковецького гіпсового родовища Чортківського району Тернопільської області, а також визначення факторів впливу шахти на навколишнє середовище.

Виклад основного матеріалу досліджень. Як відомо, гіпс є поширеним мінералом, що зустрічається в природі: містить CaO – 32,56%, SO_3 – 46,51%, H_2O – 20,93%. У природі гіпс зустрічається у

вигляді агрегатних кристалів, таких як крупнозернисті (таблетки), призматичні, стовпчасті, здвоєні, грубозернисті, листяні, волокнисті та цукроподібні поклади. Як домішки присутні глини, кварц, карбонати та органічні сполуки. Гіпс зазвичай утворює великі шаруваті поклади з вапняком, мергелем, глиною і піском. Гіпс також виникає як вторинний продукт процесу гідратації безводного гіпсу та окислення сірчистих мінералів і сірки [4, С. 13].

Гіпс використовують для виготовлення в'язучих матеріалів, внутрішніх оздоблювальних робіт, гіпсування ґрунту в медицині. Його застосовують також для зняття масок, моделювання скульптури, створення рельєфних прикрас (ліпнини) у приміщеннях. З давніх-давен гіпс є популярним каменем для різьблення.

У межах Тернопільської області зустрічаються приховані кристали, великі кристали та шаруватий гіпс, причому перший тип є найпоширенішим. Всі види мають високу якість. На балансі області перебуває шість родовищ гіпсу з промисловими запасами 25,89 млн т. Найбільшим є Шишковецьке родовище в Чортківському районі Тернопільської області (розвідані запаси понад 20 млн т). Видобування гіпсу в Шишковецькому родовищі ведеться (закритим) шахтним шляхом [8].

Підземне відпрацювання родовищ впливає на всі елементи природного середовища (надра, літосферу, гідросферу, атмосферу). На різних стадіях освоєння родовища відбуваються різні зміни того чи іншого середовища, так Білецький В. [1] запропонував структуру основних забруднень довкілля у зоні дії гірничих підприємств:

1) на стадії геологічної розвідки відбувається: незначне порушення структури надр; порушення літосфери; забруднення поверхневих вод; акустичне, механічне, незначне хімічне забруднення атмосфери.

2) на стадії видобутку корисних копалин: порушення структури надр; порушення літосфери; порушення гідрологічного балансу підземних, ґрунтових та поверхневих вод; акустичне, механічне, хімічне забруднення атмосфери.

3) на стадії збагачення родовища: відторгнення літосфери; механічне, хімічне, теплове забруднення гідросфери; шумове, теплове, механічне, хімічне забруднення атмосфери [1].

Проведення гірничих робіт як в кар'єрах, так і в шахтах викликає забруднення повітря газами і твердими частинками.

Насичення повітря пилом відбувається з допомогою розмаху відкритих відвалів та інших оголених місць [13, С. 278].

Таблиця 1

Вплив гірничого виробництва на довкілля [11, С. 91]

Елемент біосфери	Вплив	Результат дії
Підземні води	Осушення родовищ, скидання стічних та дренажних вод	Зменшення запасів вод, порушення гідрологічного режиму
Поверхневі води	Осушення та перенесення водойм та водотоків, скидання стічних та дренажних вод, водоспоживання	Забруднення водного басейну стічними та дренажними водами
Повітряний басейн	Викиди в атмосферу пилу та газів	Забруднення (запилення та загазовування) атмосфери
Ґрунт	Проведення гірничих виробок, спорудження відвалів, хвостосховищ, будівництво будівель, споруд, доріг	Деформація земної поверхні, порушення ґрунтового покриву, скорочення площ сільськогосподарських угідь, забруднення ґрунту, ерозія ґрунту
Флора та фауна	Будівництво будівель, споруд, доріг, вирубування лісів, забруднення ґрунту, води, повітря, шумове забруднення	Погіршення умов проживання, міграції та скорочення чисельності, видів живих організмів, зниження врожайності сільськогосподарських угідь, продуктивності тваринництва, рибного та лісового господарства
Надра	Проведення гірничих виробок, вилучення корисних копалин, що вміщують і розкривних порід, осушення і потім обводнення родовищ, займання корисних копалин і порід, поховання шкідливих речовин, скидання стічних вод	Зміна напружено-деформованого стану масиву, зниження якості корисних копалин, цінності родовища, зрушення та обвалення

Серйозні проблеми створює надходження сильно запиленого повітря з кар'єрів внаслідок вибухів, земляних та вантажно-розвантажувальних робіт. Один автосамоскид забруднює за зміну до гранично допустимого рівня 3,7 млн м³ повітря. При потужних вибухах маса порід, що вибухають, зазвичай становить 2 млн т, а обсяг пило-газової хмари – 15–20 млн м³.

Максимальне забруднення повітря відбувається у відбоях гірничої виробки при бурінні шпурів і свердловин, проведенні вибухових робіт, вторинному дробленні, навантаженні та транспортуванні гірничої маси [5, С. 334].

Головні отруйні домішки рудничного повітря:

- оксид вуглецю (CO₂) – газ без кольору, смаку та запаху, утворюється в шахтах під час вибухових робіт, рудничних пожеж, тління горючих речовин, вибухів метану та вугільного пилу, роботи двигунів внутрішнього згорання; викликає кисневе голодування людини та швидке отруєння організму;

- сірководень (H₂S) – газ без кольору, з солодкуватим смаком та запахом тухлих яєць, дуже отруйний; з'являється в шахтах в результаті гниття деревини, розкладання шахтними водами порід сірковмісних (гіпс, сірчистий колчедан та інше), виділяється з пластів калійних та інших солей, водних мінеральних джерел, що перетинаються виробками, а також утворюється при горінні;

- сірчистий газ (SO₂) – безбарвний, має кислуватий смак і сильно дратівливий запах, що нагадує запах горіння сірки; утворюється при вибухових роботах у сірковмісних породах, з сульфідних порід, вугілля, іноді засмоктується з поверхні, якщо поблизу розташовані залізничні депо, палаючі відвали порожніх порід;

- діоксид азоту (NO₂) – газ без смаку червоно-бурого кольору з характерним часниковим запахом, надзвичайно отруйний;

- вихлопні гази – складаються з багатьох компонентів, утворюються при неповному спалюванні палива – окисленні сірки, розкладанні складних ефірів мастил;

- метан (CH₄) – газ без кольору, смаку та запаху, сильно горючий та вибухонебезпечний (у поєднанні з пилом) [3].

Крім того, забруднює повітря шахтний пил, найбільш небезпечний вугільний, сланцевий і сульфідний. Тонко-дисперсний пил розміром менше 0,1–0,06 мм у поєднанні з трьома горючими

газами (метан, кисень і водень) дуже вибухонебезпечний. Гранично допустимий зміст пилу повітря гірських виробок і очисних виробок залежно від вмісту кремнезему становить 2–10 мг/м³ [7, С. 129].

Необхідність проведення заходів щодо екологізації повітряного середовища при експлуатації гіпсових шахт передбачає: пило- та газо-пригнічення; електричні, інерційні та фільтраційні методи очищення промислових та вентиляційних викидів; використання роторних фільтрів у системах газо-пиловловлення та реактора-диспергатора для очищення газів; застосування термо-каталітичних технологій переробки опадів та адсорбційно-хімічного очищення; використання блочних каталізаторів стільникової структури для знешкодження токсичних компонентів у газових викидах; плазмохімічні та електрофізичні методи очищення відпрацьованих газів.

Експлуатація Шишовецького родовища гіпсу до 2020 року велася відкритим (кар'єрним) шляхом, а з 2021 року на родовищі була побудована шахта і гіпс почали видобувати (закритим) шахтним шляхом. Шахта не є небезпечною за раптовим викидом газу. Усі технологічні процеси на шахті здійснюються відповідно до правил безпеки при розробці родовищ підземним способом [2].

Зниження запиленості повітря забезпечується герметизацією вузлів навантаження та регулярним зрошенням водою транспортних штреків. У камерах розвантаження та дроблення застосовуються знепилюючі установки з рукавними фільтрами.

У 2023 році була модернізована система очищення повітря, було введено в експлуатацію установку нових електрофільтрів, що забезпечило майже 100% очищення повітря. Завдяки цим та багатьом іншим змінам значно зросла ефективність та безпека роботи. У ході модернізації виробництва було реконструйовано систему газоочищення, що дозволило скоротити до мінімуму викиди в атмосферу зважених частинок.

Значного забруднення зазнає також водний басейн. Водовідбір та пов'язане з ним зниження рівня підземних вод призводить до зменшення підземного стоку в річки та водойми. При значних водозниженнях у межах депресійних зон у всіх поверхневих джерелах виснажуються запаси води, знижується водність річок, падає рівень озер та водосховищ, висихають болота, зникають джерела, струмки та дрібні ріки [9].

Скидання шахтних та кар'єрних вод призводить до сильного забруднення підземних та поверхневих вод. При змішуванні шахтних та річкових вод рН падає з 7,9 до 3,6, мінералізація зростає більш ніж у 2 рази, а вміст сульфатів – у 3 рази. Різко збільшується і вміст завислих частинок. Поверхневі води, забруднені шахтними викидами, завдають великої екологічної та матеріальної шкоди [12].

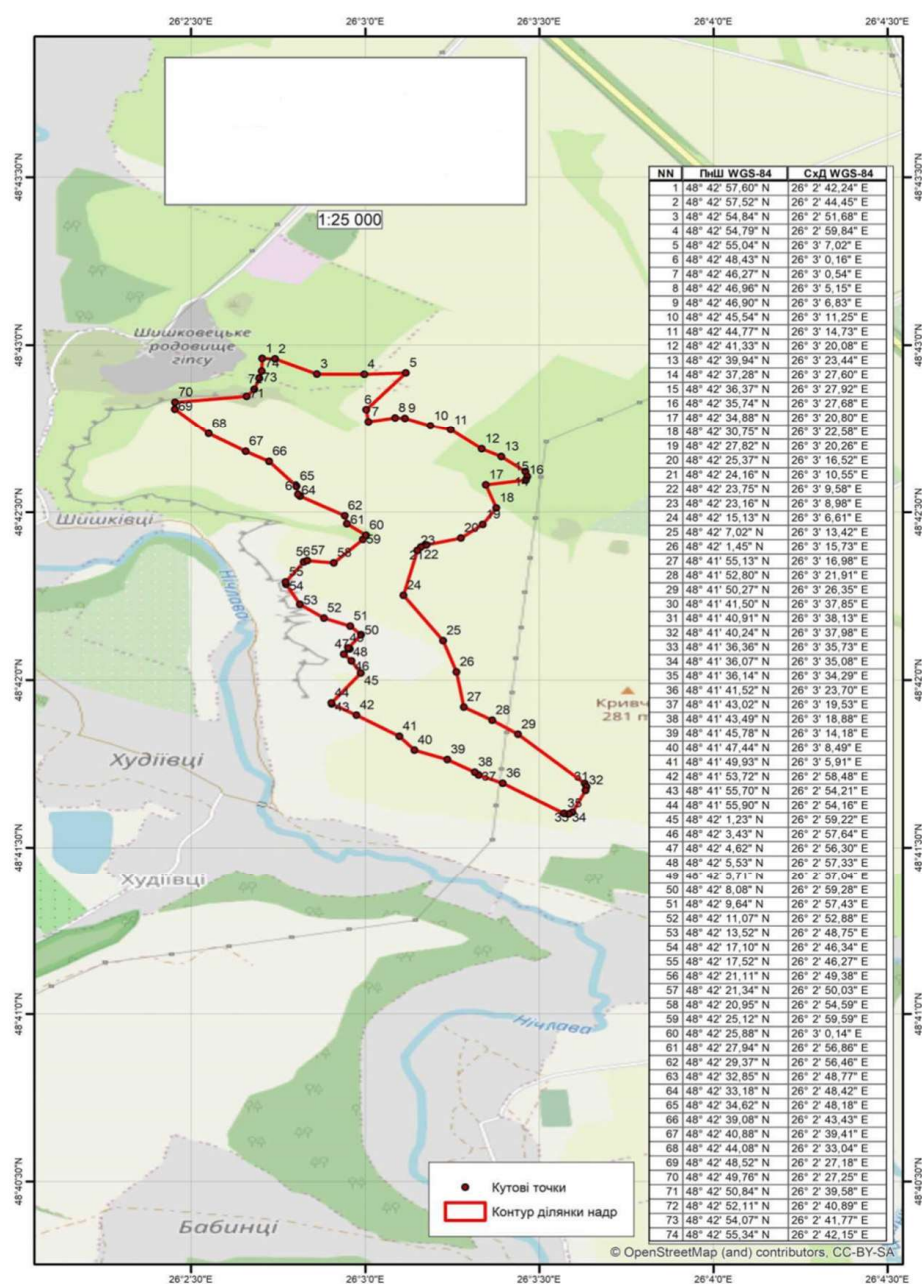


Рисунок. План-схема Шишковецького родовища гіпсу та прилеглих територій [12]

Техногенний вплив об'єктів видобутку гіпсу на водний басейн призводить до змін природного режиму поверхневих та підземних вод, їх хімічного забруднення та механічного засмічення.

Особливо велике забруднення стічних вод мінеральними солями на галогенних родовищах; шахтних вод – механічними домішками, важкими металами.

При будівництві та функціонуванні об'єктів видобутку корисних копалин насамперед виникає необхідність осушення. Майже всі родовища осадового типу при відкритих гірничих роботах доводиться осушувати ще до початку розкривних робіт. При великій потужності плавунів, значному тиску води у водоносному горизонті, великих запасах підземних природних водоймищ обов'язково потрібно попереднє осушення [1].

При розробці родовищ під водоймищами, річками або водоносними шарами порід необхідно проводити специфічні заходи – попереднє осушення родовища та збереження (створення) водонепроникних стель – запобіжних ціликів.

Нерідко відбувається змішування поверхневих забруднених стічних і промислових вод із природними підземними водами і зниження несучої здатності ґрунтів і порід, їх деформація [3].

Вкрай важливим є використання підземного простору шахт. Обсяг вільного підземного простору всіх шахт країни становить приблизно 1 млрд м³ капітальних та підготовчих виробок. Технологічний підземний простір включає підготовчі, капітальні та очисні гірничі виробки, що утворилися при підземній розробці родовищ твердих корисних копалин.

Без підземного будівництва не можна уявити сьогоденній розвиток гірничої справи. Види практичного використання підземних гірничих виробок для розміщення об'єктів дуже різноманітні. Вчені та економісти вважають, що багато об'єктів можна і потрібно розміщувати під землею, використовуючи для цього природні та спеціальні камери. Більшість об'єктів промислового та складського призначення на шахтах розміщені в карбонатно-сульфатних (гіпс, вапняк, ангідрид) та галогенних (калійні та кам'яні солі) породах після повної або часткової виїмки корисних копалин.

Проте досі у проектах підземної розробки родовищ не передбачено подальшого використання штучних порожнин як підземних споруд – об'єктів промислового, оборонного, сільськогосподарського, культурологічного, медичного призначення, як сховищ та могильників. У проектах відкритої розробки родовищ

такий розділ обов'язково присутній і називається рекультивацією земель (кар'єру) [13].

В даний час у всьому світі підвищується інтерес до використання надр для розміщення об'єктів, не пов'язаних із видобутком корисних копалин. Це обумовлено економією поверхні землі, турботою про захист навколишнього середовища, більш високою захищеністю підземних споруд від зовнішніх впливів, сприятливішими умовами для зберігання різних продуктів, низькою вартістю технічної експлуатації об'єктів та в нинішній ситуації захистом від ракетних та дронів атак з боку російської федерації.

Які б наземні конструкції не зводилися людиною, у тому числі захисні, їхня міцність не може зрівнятися з міцністю, захисними властивостями скельних порід. У середньому межа: міцності порід на розтягування у 1,5–2, а на стиск у 4–5 разів перевищує аналогічні характеристики для бетону [13].

Розміщення під землею деяких виробництв забезпечує захист та сталість виробничо-комфортних умов (температури, вологості, запиленості, відсутності зовнішніх шумів і вібрацій).

Можливі два шляхи освоєння підземного простору – пристосування та перебудова виробок, що вивільняються від гірничої та технологічної діяльності (виробітку відпрацьованих шахт та підземних споруд різного призначення, виведені з експлуатації), та будівництво спеціальних підземних об'єктів.

Підземні порожнечі, що освоюються, за призначенням поділяються на:

1) промислові – заводи та лабораторії, енергетичні установки, збагачувальні фабрики, ємності-перколятори;

2) сільськогосподарські – сховища харчових запасів, силосні ями, вирощування грибів, розведення форелі;

3) оборонні – заводи, укриття для людей та техніки, пускові ракетні установки, аеродроми;

4) сховища та могильники: сховища нафти, газу та інших стратегічних запасів, резервуари для позабалансової руди та хвостів збагачення; могильники побутових, токсичних, хімічних та радіоактивних відходів;

5) культурологічні – підземні торгові та бізнес-центри, гаражі, музеї, транспортні магістралі, інженерні комунікації;

6) медичні – спелеотерапія в солях, радонові ванни тощо [2].

Під час дослідження нами вивчено геолого-генетичну характеристику Шишківського родовища гіпсу, що займає значну

площу і має пластово-лінзовидну форму, гіпсовий масив представлений ритмічним чергуванням приблизно одних і тих самих різновидів гіпсу.

Вивчено будову промислової товщі гіпсового масиву – в ньому спостерігається близько 6 видів гіпсу (велико-кристалічний, середньо-кристалічний, сферолітовий та інші).

В процесі дослідження вивчені основні технологічні та організаційні рішення розробки родовища – шахтне поле розкривається 3 вертикальними стволами за центральною схемою, видача гіпсового каменю на поверхню проводиться скіпами, шахтне поле розділене на панелі, по периметру яких проводяться від центру до флангів горизонтальні гірничі виробки. Виїмка ведеться камерно-стовповою системою розробки із залишенням стрічкових ціликів розміром 9×50 м, відокремлення гіпсового каменю в камері здійснюється буро-підричним шляхом.

Таблиця 2

Заходи щодо раціонального використання мінеральних ресурсів та охорони надр [створено Максютовим А. О.]

Група заходів	Коло вирішуваних завдань	Варіанти напрямків робіт
Технологічні	Запобігання втратам, зниження розбіжності та інтенсивності руйнування масиву	Вибір оптимальних способів відпрацювання родовища (відкритого, підземного та ін.), схем розтину, способів управління гірським тиском, механізації гірничих робіт, транспорту гірничої маси, варіантів заповнення виробленого простору, використання підземного простору
	Підвищення ефективності освоєння надр, зниження негативного впливу на довкілля	Удосконалення техніки та технології видобутку та переробки корисних копалин, зниження викидів шкідливих речовин, вторинне використання підземних порожнин, оборотної води, порід з відвалів, хвостосховищ

продовження табл. 2

Захисно-профілактичні	Охорона некондиційних запасів у надрах, водоносних горизонтів, об'єктів на поверхні	Зміцнення бортів кар'єрів, хвостосховищ та укосів відвалів
	Зниження розмірів депресійних вирв, збереження якості ґрунтових вод	Влаштування захисних завіс навколо кар'єру, зон обвалення, водознижувальних дренажних систем, організація водопостачання в районах розвитку депресійних вирв
	Забезпечення якості природного середовища	Влаштування зелених санітарних зон навколо підприємств, хвостосховищ, рекультивація порушених земель, запобігання водній та вітровій ерозії, зсувам на відвалах та кар'єрах, очищення шахтних вод на полях зрошення
Екологічні	Організація комплексного використання мінеральних ресурсів	Планування використання всього переліку сировини, що видобувається в регіоні її глибокої переробки, очищення відходів та вторинного їх використання в закладці, на будівництві

Керівництво Шишовецького родовища гіпсу з початку своєї діяльності вживало усіх необхідних заходів щодо захисту навколишнього середовища. Основним завданням екологічної діяльності даного підприємства, як і будь-якого іншого, є зниження шкідливого впливу на навколишнє середовище, виконання вимог Законів та правил щодо охорони навколишнього середовища [2].

На підприємстві були зроблені наукові дослідження токсичних властивостей гіпсовмісних відходів, що утворюються в результаті виробничої діяльності з метою визначення класу небезпеки для навколишнього природного середовища. Усі відходи виробництва

віднесено до 5-го класу небезпеки навколишнього природного довкілля, тобто. є практично безпечними.

Можна зробити висновки, що шахта Шишковецького родовища гіпсу, має мінімальний вплив на навколишнє середовище (атмосферне повітря, підземні води).

Визначення оптимальних параметрів камер розробки родовища одне із основних питань ефективної розробки родовища. Безпека гірничих робіт і продуктивність праці значною мірою залежить від ступеня обґрунтованості прийнятих параметрів системи розробки родовища. Розрахункова схема щодо визначення граничного прольоту камери повинна ґрунтуватись на уточнених даних про геологічну будову гіпсової товщі і порід, що її покривають, і гідрогеологічній характеристиці водоносних відкладень у надгіпсовій товщі, а також на уявленні про прогин і розшарування гіпсової стелі при її оголенні [7, С. 137].

Для достовірної оцінки та прогнозу геодинамічного виробництва гірничих робіт необхідно мати точну інженерно-геологічну характеристику гірських порід.

Фізичні характеристики порід Шишковецького гіпсового родовища: об'ємна вага гіпсу $2,3 \text{ г/см}^3$; пористість 0,24%; вологість 0,10%; максимальна вологоємність 0,30% [6, С. 356].

Після визначення фізико-механічних властивостей гіпсової товщі нами було розраховано оптимальні параметри очисних камер у покрівлі гірничих виробок: ширина камер 12 м; висота 11 м. Дотримання зазначених параметрів гарантує стійкий стан покрівлі камер, при цьому виключається виникнення таких геодинамічних процесів, як зсув земної поверхні, обвалення, депресійні деформації.

Дотримання параметрів гірничих виробок є надійними гірничими заходами охорони шахти від затоплення та охорони будівель та споруд на поверхні від шкідливого впливу гірничих розробок.

Висновки. В результаті виконаної роботи було зроблено висновки про те, що ця шахта оснащена всіма необхідними заходами безпеки для робочого персоналу та засобами захисту довкілля.

Багато родовищ гіпсу вже детально вивчені і активно видобуваються в промислових масштабах. Однак деякі корисні копалини потребують подальшого поглибленого вивчення та спеціалізованого геологічного аналізу. Відкриття нових родовищ

гіпсу відіграє вирішальну роль у збагаченні ресурсно-сировинної бази України.

Багаторічний досвід відпрацювання гіпсового покладу на ділянках Шишовецького родовища з різною потужністю стель і шириною камер підтверджує надійність використаних параметрів варіанта камерно-стовпової системи розробки, що застосовується на родовищі.

Під час розробки Шишовецького родовища гіпсу особлива увага приділяється питанням охорони шахти від затоплення та охорони будівель та споруд на поверхні від шкідливого впливу підземних розробок.

Усвідомивши переваги гіпсу, як будівельного матеріалу в останні роки, турецька промисловість будівельних матеріалів на основі гіпсу досягла виробничої потужності в 1 млн т. готових гіпсових будівельних матеріалів. Враховуючи поточний попит на житло в Україні, і для того, щоб задовольнити цей попит будівельній, гірничо-добувній та хімічній галузям промисловості нашої країни необхідно активізувати виробництво та використання матеріалів на основі гіпсу.

1. Білецький В. С. Мала гірнича енциклопедія : в 3-х т. Донецьк : Донбас, 2004. 2. Головне управління статистики у Тернопільській області. URL: <https://www.te.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 21.01.2025). 3. Управління екології та природних ресурсів Тернопільської обласної військової адміністрації. URL: <https://ecology.te.gov.ua/> (дата звернення: 22.01.2025). 4. Деревянко В. М., Кондратьєва Н. В., Гришко Г. М. Особливості гідратації модифікованих гіпсових систем. *Будівництво України*. 2018. № 6. С. 13–18. 5. Іванов Є. Ландшафти гірничопромислових територій : монографія. Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2007. 334 с. 6. Кітура В., Сивий М. Тернопільський енциклопедичний словник : у 4 т. Тернопіль, 2004. Т. 1 : А–Й. С. 356. 7. Ковальчук І. П., Іванов Є. А., Ключник В. В. Картографування геоекологічного стану природно-господарських систем гірничопромислових територій. *Часопис картографії* : зб. наук. праць. 2011. Вип. 2. С. 129–137. 8. Корисні копалини Тернопільської області. URL: <https://insgeo.com.ua/> (дата звернення: 20.01.2025). 9. Про затвердження Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр : Постанова Кабінету Міністрів України від 05 травня 1997 р. № 432. 10. Родовища корисних копалин. Кадастр корисних копалин. Публічна кадастрова карта України. URL: <https://map.land.gov.ua/?cc=2753181.8077988722,6351952.314789027&z=10>

&l= pcm_rodovyssha_korys_kop&bl=ortho10k_all. (дата звернення: 22.01.2025). **11.** Сивий М. Я. Гіпси Подністров'я – ресурси, використання. *Подільський регіон: виклики XXI століття*. Тернопіль, 2017. С. 91–97. **12.** Стан запасів корисних копалин згідно Державного балансу запасів за 2017 рік. Івано-Франківська, Львівська і Тернопільська області. Київ : ДНВП «Геоінформ», 2018. **13.** Суярко В. Г., Величко В. М., Гаврилюк О. В. Інженерна геологія (з основами геотехніки) : навч. посіб. Харків : Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2019. 278 с.

REFERENCES:

1. Biletskyi V. S. Mala hirnycha entsyklopediia : v 3-kh t. Donetsk : Donbas, 2004.
2. Holovne upravlinnia statystyky u Ternopilskii oblasti. URL: <https://www.te.ukrstat.gov.ua/> (data zvernennia: 21.01.2025).
3. Upravlinnia ekolohii ta pryrodnykh resursiv Ternopilskoï oblasnoï viiskovoï administratsii. URL: <https://ecology.te.gov.ua/> (data zvernennia: 22.01.2025).
4. Derevianko V. M., Kondratieva N. V., Hryshko H. M. Osoblyvosti hidratatsii modyfikovanykh hipsovykh system. *Budivnytstvo Ukrainy*. 2018. № 6. S. 13–18.
5. Ivanov Ye. Landshafty hirnychopromyslovykh terytorii : monohrafiia. Lviv : VTs LNU im. I. Franka, 2007. 334 s.
6. Kitura V., Syvyi M. Ternopilskyi entsyklopedychnyi slovnyk : u 4 t. Ternopil, 2004. T. 1 : A–I. S. 356.
7. Kovalchuk I. P., Ivanov Ye. A., Kliuinyk V. V. Kartohrafuvannia heoekolohichnoho stanu pryrodno-hospodarskykh system hirnychopromyslovykh terytorii. *Chasopys kartohrafii* : zb. nauk. prats. 2011. Vyp. 2. S. 129–137.
8. Korysni kopalyny Ternopilskoï oblasti. URL: <https://insgeo.com.ua/> (data zvernennia: 20.01.2025).
9. Pro zatverdzhennia Kласyfikatsii zapasiv i resursiv korysnykh kopalyn derzhavnoho fondu nadr : Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 05 travnia 1997 r. № 432.
10. Rodovyssha korysnykh kopalyn. Kadastr korysnykh kopalyn. Publichna kadastrova karta Ukrainy. URL: https://map.land.gov.ua/?cc=2753181.8077988722,6351952.314789027&z=10&l= pcm_rodovyssha_korys_kop&bl=ortho10k_all. (data zvernennia: 22.01.2025).
11. Syvyi M. Ya. Hipsy Podnistrovia – resursy, vykorystannia. *Podilskyi rehion: vyklyky XXI stolittia*. Ternopil, 2017. S. 91–97.
12. Stan zapasiv korysnykh kopalyn zghidno Derzhavnoho balansu zapasiv za 2017 rik. Ivano-Frankivska, Lvivska i Ternopilska oblasti. Kyiv : DNVP «Heoinform», 2018.
13. Suiarko V. H., Velychko V. M., Havryliuk O. V. Inzhenerna heolohiia (z osnovamy heotekhniki) : navch. posib. Kharkiv : Kharkivskyi natsionalnyi universytet imeni V. N. Karazina, 2019. 278 s.

Maksiutov A. O., Candidate of Pedagogic Sciences (Ph.D.), Associate Professor (Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Uman, Cherkasy region), **Skyba V. P., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia), **Stetsiuk L. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

GEO-ECOLOGICAL CONDITIONS OF EXPLOITATION OF THE SHISHKOVETSK GYPSUM DEPOSIT

The article examines the geoecological conditions of one of the largest gypsum deposits in Eastern Europe (Shyshkovetsky deposit, Chortkiv district, Ternopil region) and characterizes the main technological and organizational solutions for its development and operation.

The structure of the main environmental pollution in the area of mining operations was analyzed (as proposed by V. Biletskyi) at different stages: geological exploration, mineral extraction, and deposit enrichment.

It was established that the Shyshkovetsky deposit is being actively mined, which leads to several environmental issues, including water basin pollution (including groundwater contamination), air pollution, and risks of land subsidence and flooding.

As a result of the research, the overall impact of mining activities on the environment, as well as the environmental problems associated with production technologies, was identified.

The authors also proposed a number of measures for the rational use of mineral resources and subsoil protection, namely technological, protective, preventive, and ecological strategies. Additionally, the range of tasks to be addressed and the main directions for further work were outlined.

This study provides geological-genetic, engineering-geological, and hydrological characteristics of the Shyshkovetsky gypsum deposit.

The geological structure of the industrial gypsum layer was studied in detail.

The research determined the main technological and organizational solutions for the deposit's development, examined the method of mine field access, analyzed safety measures for various mining operations, and reviewed scientific studies on the toxic properties of gypsum-containing waste generated during production activities to determine its hazard class for the natural environment.

***Keywords:* production technologies; environmental safety; gypsum deposit; construction industry; mining and quarrying.**