

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
«ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ І ПРОЕКТНИЙ
ІНСТИТУТ ОСНОВНОЇ ХІМІЇ»

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

“КАЛІЙНІ ДОБРИВА ТА ХАРЧОВА СІЛЬ: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ВИКЛИКИ”



2025

ББК 31.332.2
31.332.4
31.31
63.5

Збірник тез доповідей наукової конференції «Калійні добрива та харчова сіль: сучасні технології та екологічні виклики» 08 травня 2025 року: ДУ «НІОХІМ», 2025. 111 с.

Редакційна колегія: *ДОВГАЛЮК І. Г.* – голова, директорка ДУ «НІОХІМ», кандидат наук з державного управління; *СЕМИНОЖЕНКО В. П.* – голова Ради директорів НТК «Інститут монокристалів» НАН України, академік НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор; *МАЛАКЕЙ З. А.* – заступник директора з розвитку та науки ДУ «НІОХІМ», кандидат технічних наук; *БЕСПАЛОВА І. І.* – доктор технічних наук, старша дослідниця, секретар Ради директорів НТК «Інститут монокристалів» НАН України; *ХАЦЕВИЧ О. М.* – кандидат технічних наук, науковий співробітник ДУ «НІОХІМ»; *ГЛАДКИХ Є. Ю.* – кандидат сільськогосподарських наук, в.о. завідувача відділу агрохімії імені академіка НААН Б.С. Носка, ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»; *КУЧЕРА Я. Й.* – кандидат технічних наук, науковий співробітник ДУ «НІОХІМ»; *КУЛИК Г. М.* – головний технолог ДУ «НІОХІМ»; *СУЛИМА І. В.* – провідний інженер ДУ «НІОХІМ»; *ДЕРЖКО О. І.* – науковий співробітник ДУ «НІОХІМ».

Збірник тез доповідей наукової конференції містить матеріали надіслані учасниками конференції. У публікаціях розглядаються актуальні проблеми калійної і соляної галузі України, перспективи розвитку, в тому числі, шляхом вирішення екологічних проблем, а також дослідження використання калійних добрив.

ЗМІСТ

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КАЛІЙНОЇ ТА СОЛЯНОЇ ІНДУСТРІЇ В УКРАЇНІ

ДОВГАЛЮК ІРИНА, К.Н. З ДЕРЖ.УПРАВ.; ХАЦЕВИЧ ОЛЬГА, К.Т.Н.; 5

СВІТОВИЙ ОГЛЯД ЗАПАСІВ ТА ВИДОБУВАННЯ КАЛІЙНОЇ СИРОВИНИ: ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД

САДОВИЙ ЮРІЙ; БУРАК АНДРІЙ 11

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ СУЛЬФАТНИХ КАЛІЙНИХ ТА КАЛІЙНО- МАГНІЄВИХ ДОБРІВ З ПОЛІМІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ ПРИКАРПАТТЯ

КОСТІВ ІВАН, К.Т.Н.; КУЧЕРА ЯРОСЛАВ, К.Т.Н.; ЯЩИК НАЗАРІЙ 16

ЕФЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ СУЛЬФАТНИХ КАЛІЙНИХ ДОБРІВ З ПОЛІМІНЕРАЛЬНИХ РУД ПРИКАРПАТТЯ

КУЧЕРА ЯРОСЛАВ, К.Т.Н; ХАЦЕВИЧ ОЛЬГА, К.Т.Н;
ДЕРЖКО ОЛЬГА, ЯКИМЕЧКО МИКОЛА 24

ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ ЧЕРЕЗ ТЕХНОЛОГІЮ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ КАЛІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

КУЛИК ГЕННАДІЙ, ХАЦЕВИЧ ОЛЬГА, К.Т.Н., САДОВИЙ ЮРІЙ 28

АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ У ВИРОБНИЦТВІ КАЛІЙНИХ ДОБРІВ І ХАРЧОВОЇ СОЛІ

ЯКИМЕЧКО МИКОЛА, ЛУТЧИН ВОЛОДИМИР, ЯЩИК НАЗАРІЙ 34

УТИЛІЗАЦІЯ МАГНІЙХЛОРИДНИХ ВІДХОДІВ ПРИ ПЕРЕРОБЛЕННІ ПОЛІМІНЕРАЛЬНОЇ КАЛІЙНОЇ СИРОВИНИ

КОСТІВ ІВАН, К.Т.Н.; КУЧЕРА ЯРОСЛАВ, К.Т.Н.; ЛУТЧИН ВОЛОДИМИР .. 39

СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ІННОВАЦІЙНОГО ПАРКУ НА ОСНОВІ МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННОГО ПОТЕНЦІАЛУ РЕГІОНУ

ДОВГАЛЮК ІРИНА, К.Н. З ДЕРЖ. УПРАВ., ХАЦЕВИЧ ОЛЬГА, К.Т.Н.,
КУЛИК ГЕННАДІЙ, КОВАЛЬОВ ЄВГЕН 44

АРХІТЕКТУРА ІОТ-МОНІТОРИНГУ ХВОСТОСХОВИЩ

БАБАДЖАНОВА ОЛЬГА, К.Т.Н.; КУЧЕРА РОМАН, ГУЛЬКО ОЛЕКСАНДР... 49

ЗНАЧЕННЯ КАЛІЙНО-МАГНІЄВИХ ДОБРИВ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН У ВІДКРИТОМУ ТА ЗАКРИТОМУ ҐРУНТІ

ДЕРЖКО ОЛЬГА, НАУК. СПІВРОБІТНИК, ХАЦЕВИЧ ОЛЬГА, К.Т.Н. 55

ВПЛИВ КАЛІЙНИХ ДОБРИВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ КАРТОПЛІ

КАРБІВСЬКА УЛЯНА, Д.С.-Г.Н.; ЯРОСЛАВА ГРИГОРІВ, К.С.-Г.Н..... 60

ЕФЕКТИВНІСТЬ КАЛІЙНИХ ДОБРИВ ЗА РІЗНИХ ПОГОДНО- КЛІМАТИЧНИХ СЦЕНАРІЇВ ТА СИСТЕМ УДОБРЕННЯ

МІРОШНИЧЕНКО МИКОЛА, Д.Б.Н.; ГЛАДКІХ ЄВГЕНІЯ, К.С.-Г.Н..... 63

ЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ РУХОМИМИ СПОЛУКАМИ КАЛІЮ ЗАЛЕЖНО ВІД ІНТЕНСИВНОСТІ УДОБРЕННЯ

РЕВТЬС-УВАРОВА АЛІНА, К. С.-Г.Н.; НІКОНЕНКО ВЯЧЕСЛАВ, К. С.-Г.Н. . 68

ДИНАМІКА БАЛАНСУ КАЛІЮ В ҐРУНТАХ РІЛЛІ УКРАЇНИ

РЕВТЬС-УВАРОВА АЛІНА, К. С.-Г.Н.; СЛІДЕНКО ОКСАНА 70

ЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ ОРНИХ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ КАЛІЄМ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОБРИВ

ХРИСТЕНКО АНАТОЛІЙ, К. С.-Г. Н.; ВОЛОШЕНЮК ОЛЕСЯ, К. С.-Г. Н. 73

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ ГУМАТИВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ: ВІД ПОКРАЩЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ ДО ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ КУЛЬТУР

Гуцул Любов; Федорченко Софія, к.т.н. 78

ОДЕРЖАННЯ ШТУЧНИХ ГУМІНОВИХ КИСЛОТ БІОТИЧНИМИ І АБІОТИЧНИМИ МЕТОДАМИ З БІОМАСИ

Федорченко Софія, к.т.н.; Курта Сергій, д.т.н.; Томенюк Юрій.... 83

КОМПОЗИЦІЇ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА ПЛІВКОУТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Курта Сергій, д.т.н., проф.; Куцела Оксана; Пяста Вікторія 88

ОГЛЯД РИНКУ ХАРЧОВОЇ СОЛІ В УКРАЇНІ

Сулима Ірина; Хацевич Ольга, к.т.н. 91

УСТАНОВКА КРИСТАЛІЧНОГО НАТРІЮ ХЛОРАТУ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ

Блажівський Костянтин, к.т.н.; Знак Зеновій, д.т.н.;
Слюзар Андрій, д.т.н. 96

ВИДІЛЕННЯ НАТРІЮ ХЛОРАТУ ІЗ РОЗЧИНІВ ПІСЛЯ ЕЛЕКТРОЛІЗУ РОЗЧИНУ НАТРІЮ ХЛОРИДУ

Блажівський Олесь, аспірант; Слюзар Андрій, д.т.н.;
Блажівський Костянтин, к.т.н. 101

ВИРОБНИЦТВО ХАРЧОВОЇ СОЛІ ЯК РЕСУРС ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНУ: КООПЕРАЦІЯ ГРОМАДИ ТА ПІДПРИЄМЦІВ

Довгалюк Ірина, к.н. з держ.управ.; Хацевич Ольга, к.т.н. 104

УДК 330.3

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КАЛІЙНОЇ ТА СОЛЯНОЇ ІНДУСТРІЇ В УКРАЇНІ

Довгалюк Ірина, к.н. з держ.управ.; Хацевич Ольга, к.т.н.
Державна установа «Державний науково-дослідний та проектний інститут основної хімії, м. Калуш, Україна

Summary. *The article explores the prospects for the revival and development of the potash and salt industry of Ukraine, taking into account the existing resource potential, in particular in the Carpathia region. The issue of the dependence of the domestic economy on the import of potash fertilizers, technical and table salt is highlighted, as well as the potential for the use of domestic polymineral potassium-magnesium raw materials. Special attention is paid to the ecological and economic aspects of the creation of potash production. The introduction of new technologies is justified as an important step towards strengthening the agricultural sector, ensuring food security and improving the environmental situation in the region.*

Keywords: *potassium-magnesium fertilizers, magnesium chloride solution, table salt, industrial salt, salines, salt brine.*

Постановка проблеми. На даний час Україна імпортує калійні добрива, сіль харчову і технічну, хоча вітчизняне виробництво цих стратегічно важливих для економічної безпеки продуктів можливе і має необхідний сировинний потенціал. Основними перспективними напрямками є створення сучасних технологічних комплексів переробки полімінеральної сировини для забезпечення внутрішнього ринку калійними добривами та розвитку експортних можливостей. Додатковими перевагами створення калійного виробництва є зниження існуючого екологічного навантаження та зменшення імпортозалежності нашої економіки.

Ресурсною базою вітчизняного виробництва калійних добрив та солі є полімінеральна калійно-магнієва сировина Передкарпаття (~7,5 млн. т руди) та сольові поклади Дніпровсько-Донецької западини (4,3 млн. т руди), але сучасна політична ситуація не дозволяє розглядати цей регіон у найближчій перспективі як сировинну база для створення калійних виробництв. За попередньо проведеною геологорозвідкою на Прикарпатті виявлено більше двадцяти ділянок покладів калійно-магнієвих солей. Найперспективніші з них розташовані у районі населених пунктів: Доброгостів-Улично (~1,45 млрд. т руди), Борислав (~1,01 млрд. т руди), Марково-Розсіллянського (~1,32 млн. т руди), Білина Велика (384 млн. т руди) [1-2]. Калієносна сировина Прикарпаття відрізняється від більшості калійних родовищ світу тим, що відноситься до рідкісного сульфатного типу (8-10 % від світових запасів) [3], містить більше 20 мінералів, значну кількість глиняних домішок 16-20 % [2].

Калуш-Голинське родовище на Прикарпатті - друге місце у світі, після Німеччини, де виникла та розвивалася калійна промисловість з 1867 р. [1]. Тривалий період поклади калійної сировини розроблялися трьома підземними рудниками та вперше у світовій практиці відкритим кар'єрним способом. З початку ХХІ століття калійна промисловість Передкарпаття почала занепадати. Основні причини зупинки калійно-магнієвих виробництв – це збитковість виробництва через низький ступінь вилучення корисних компонентів (K^+ , Mg^{2+} , SO_4^{2-}), високі енергетичні затрати на виробництво, низькі ціни на кінцеву продукцію та великі витрати на зберігання відходів.

Складна екологічна ситуація в радіусі впливу об'єктів колишніх калійних виробництв: засолення ґрунтів, провали земної поверхні над незаповненими шахтними виробітками, нерекультивовані хвостосховища, неконтрольоване

потрапляння соляних розчинів у водоносний горизонт, зокрема у транскордонну річку Дністер, створили негативний імідж для калійної та соляної галузі в регіоні і в Україні. Тому на сьогодні перед науковцями, владою і бізнесом постає важливе завдання змінити уявлення про калійну та соляну промисловість, яка може бути екологічно безпечною та економічно ефективною.

Основні матеріали дослідження. Світова практика провідних в цьому напрямку країн (Німеччина, Австрія, Канада) показує, що калійна галузь постійно розвивається, технології переробки сировини вдосконалюються, а попит на калійні добрива зростає, викликаючи підвищення цін. В умовах скорочення орних земель, зниження природної родючості ґрунтів та невпинного зростання чисельності населення Землі, необхідне підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва, зокрема, шляхом застосування калійних добрив. Також переорієнтація світової економіки на альтернативні джерела енергії, скорочення вичерпних енергоресурсів, сприяє зростанню використання біопалива (біоетанолу, біометану). Індустрія біопалива стимулює вирощування олійних культур (кукурудзи, соняшнику, ріпаку, бобових), що вимагає внесення високих норм основних поживних компонентів (N, P, K) та сприяє зростанню попиту на калійні добрива. Введення міжнародних санкцій проти основних постачальників (рф та білорусь) калійних добрив для Європи викликало значний дефіцит і зростання цін на ринку калійних добрив. На даний час для України склалися дуже сприятливі умови, щоб відновити власне виробництва калійних добрив та солі.

На світовому ринку калійних добрив спостерігається тенденція до зростання попиту на 2-3 %, що в найближчій перспективі не змінюватиметься. Європейський ринок за 2021-2022 рр. характеризувався рівнем споживання 2,5-

3,0 млн. т K_2O . Попри наявність потужних виробництв калійних добрив у Європі (Німеччина, Австрія, Італія, Іспанія, Фінляндія, Швеція) європейський ринок залишається імпортозалежним. У 2022 р. на фоні падіння постачання калію з білорусії та рф, через санкції, споживання скоротилося до 2,4 млн. т.

Ринок калійних добрив в Україні характеризувався споживанням на рівні 167 тис. т (K_2O) у 2021 році, частка калію хлориду в даному показнику – 99 %. Споживання сульфату калію у 2021 р. склало 2,7 тис. т (K_2O). У 2022 р. обсяги імпорту та споживання Україною калійних добрив скоротилися на понад 80% порівняно з 2021 роком. Україна є потужним експортером сільськогосподарської продукції до країн Європи, має значну потребу у добривах, зокрема калійних. За даними щорічного видання ДНВП «Геоінформ України» за 2021 рік, потреба України в калійних добривах складає орієнтовно 2,0 млн. т (в перерахунку на K_2O) на рік. За інформацією аналітично-консультативної ради Верховної Ради України з питань економіки для забезпечення оптимальних сівозмін потреба України в калійних добривах складає 1,56 млн. т (в перерахунку на K_2O) на рік.

Україна в сегменті калійних добрив на 100% залежна від імпорту. А виправити цю ситуацію може створення власного виробництва якісних калійних добрив на базі потужних запасів полімінеральної сировини Прикарпаття. За таких умов Україна зможе відмовитися від імпорту калію хлориду і частково закрити дефіцит сульфатних форм калійних добрив у Європі. Проведені наукові дослідження підтверджують ефективність калійно-магнієвих добрив сульфатного типу (калімагnezії), а також їх переваги перед імпортованим калію хлоридом.

На ринку України з початку повномасштабного вторгнення, окрім недостатньої кількості калійних добрив,

також виник дефіцит харчової та технічної солі. Хоча Україна володіє запасами в понад 12,3 млрд. т солі в Донецькій, Полтавській, Львівській, Закарпатській областях. На початку ХХІ ст. працювало 10 підприємств з виробництва солі, на даний час - тільки одне - ДП «Солевиварювальний Дрогобицький завод». А екологічна ситуація, яка склалася у нашому регіоні, може бути вирішена тільки шляхом перероблення техногенних соляних відходів на калійно-магнієві добрива та сіль.

Багатолітній практичний досвід та наукові дослідження, які проводилися у лабораторії галургії ДУ «НІОХІМ», дозволяють запропонувати ефективні способи перероблення техногенних сольових розчинів та полімінеральної калійної сировини з отриманням калійно-магнієвого добрива (калімагnezії) та додаткових продуктів: технічної солі, хлоридмагнієвого розчину (або магній оксиду). У розробленій технології враховано багаторічний досвід роботи калійного виробництва з переробки полімінеральної калійної руди. Нова технологія включає частину відпрацьованих у промислових і дослідно-промислових умовах процесів та нові технологічні операції, що вимагають додаткового випробовування.

Основним продуктом нової технології є калімагnezія (вміст: K_2O 28-30 %, MgO 12,3 %, хлоридів $\sim 2,0$ %), технічна сіль вищого сорту і хлоридномагнієвий розчин (або магній оксид). Витяг калію у товарні продукти становить 75-80 %, магнію – 93-95,5 %. На 1 тону руди утворюється 0,304 т калімагnezії, 0,075 т технічної солі, 0,217 т хлоридмагнієвого розчину (30 % $MgCl_2$), а також тверді вологі відходи мулу та галіто-полігалітового залишку. Відходи виробництва – мул та полігалітовий залишок можна використати для закладки вироблених пустот у шахтах. Витрати на 1 т калімагnezії становлять: руди – 0,304 т; гріючої пари 1,32 Гкал,

електроенергії – 125 кВт·год, природного газу – 36,6 м³, випареної води – 1,58 т, оборотної води – 95,0 т. Орієнтовні капітальні витрати для будівництва виробництва калійно-магнієвих добрив (не враховуючи спорудження шахти) 300 млн. \$ [3].

Висновки. Запаси калійних руд Прикарпатських родовищ та нова технологія їх перероблення дозволяють організувати виробництво якісного безхлоридного калійно-магнієвого добрива, що відповідає кращим світовим зразкам та матиме попит на внутрішньому і зовнішньому ринках. Перероблення накопичених техногенних соляних розчинів на калійно-магнієві добрива і технічну сіль сприятиме вирішенню екологічної ситуації в регіоні, відновленню соляної та калійної промисловості в Україні, забезпеченню потреб наших аграріїв у калійних добривах.

Список використаних джерел:

1. Рудько Г.І., Петришин В.Ю. Соляні ресурси Передкарпаття та перспективи їх використання / За ред. Г.І. Рудька. – Київ: Букрек, 2017. – 472 с.
2. Гайдін А.М., Рудько Г.І., Чікова І.В. Гірничо-хімічний потенціал України. – Київ: Букрек, 2017. – 192 с.
3. Robert Mikkelsen, Terry Roberts Inputs: Potassium Sources for Agricultural Systems, Chapter in book: Improving Potassium Recommendations for Agricultural Crops, January 2021. – P.47-73. DOI: 10.1007/978-3-030-59197-7_2.
4. Костів І.Ю., Хацевич О.М., Держко О.І. Стан і перспективи відновлення виробництва сульфатних калійних добрив на Прикарпатті / VIII Міжнародна науково-практична конференція "Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування", Україна, м. Львів, 9-12 жовтня 2023 р. - С.353-561.

УДК 66.01

СВІТОВИЙ ОГЛЯД ЗАПАСІВ ТА ВИДОБУВАННЯ КАЛІЙНОЇ СИРОВИНИ: ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД

Садовий Юрій; Бурак Андрій

Державна установа «Державний науково-дослідний та проектний інститут основної хімії, м. Калуш, Україна

Summary. *The information on the resource base of potash raw materials worldwide, past and present trends in the development of the potash industry has been collected and summarized. Data on traditional and innovative methods of potash extraction, as well as the prospects and challenges of the industry's development, are provided.*

Keywords: *potash fertilizers, potash raw materials, global reserves, potash mining, potash ores, potash ore processing, soil salinization.*

Постановка проблеми. Калійні добрива є критично важливими для світового аграрного сектора, оскільки забезпечують зростання врожайності та підтримку продовольчої безпеки. На тлі зростаючого попиту на продовольство та виснаження ґрунтів ефективне використання калійних ресурсів стає стратегічно важливим завданням.

Основні матеріали дослідження. Світові запаси калійної сировини є значними, але вони розподілені нерівномірно, що впливає на структуру виробництва, експортні потоки та стабільність поставок калійних добрив. У цьому дописі розглянуто основні родовища калійних руд, географію їх розташування, види калійних мінералів та перспективи розвитку галузі.

Згідно з даними USGS (United States Geological Survey) та Міжнародної асоціації калійної промисловості, основні поклади калійних руд зосереджені у кількох ключових регіонах (в перерахунку на K_2O): Канада – 1,1 млрд т; росія - 0,6 млрд. т; Білорусь – 0,75 млрд. т; Китай та Бразилія по 0,3 млрд. т; Німеччина – 0,15 млрд. т; Ізраїль, Йорданія, США та Ефіопія по 0,1 млрд. т. На сьогоднішній день Канада, росія, білорусь є головними виробниками калійних добрив, вони контролюють понад 80 % світового ринку.

Динаміка розвитку світового видобутку калійних руд відбувається за такими факторами:

- ✓ Нарощування виробництва в ключових країнах. Канада залишається світовим лідером з видобутку калію, активно розширюючи виробничі потужності компаніями Nutrien та Mosaic. росія та білорусь стикаються з економічними санкціями, що змушує їх адаптувати експортну стратегію, переорієнтовуючи постачання на ринки Китаю та Індії.
- ✓ Освоєння нових родовищ. В Африці триває активна розробка калійних покладів, зокрема в Ефіопії, Конго та Анголі. Бразилія розширює власний видобуток, щоб зменшити залежність від імпорту.
- ✓ Збільшення виробництва на базі морських родовищ. Калійні ресурси Мертвого моря (Ізраїль, Йорданія) продовжують відігравати важливу роль у глобальному постачанні, використовуючи технологію випаровування для отримання калійних солей. Подібні методи розвиваються і в Чилі.

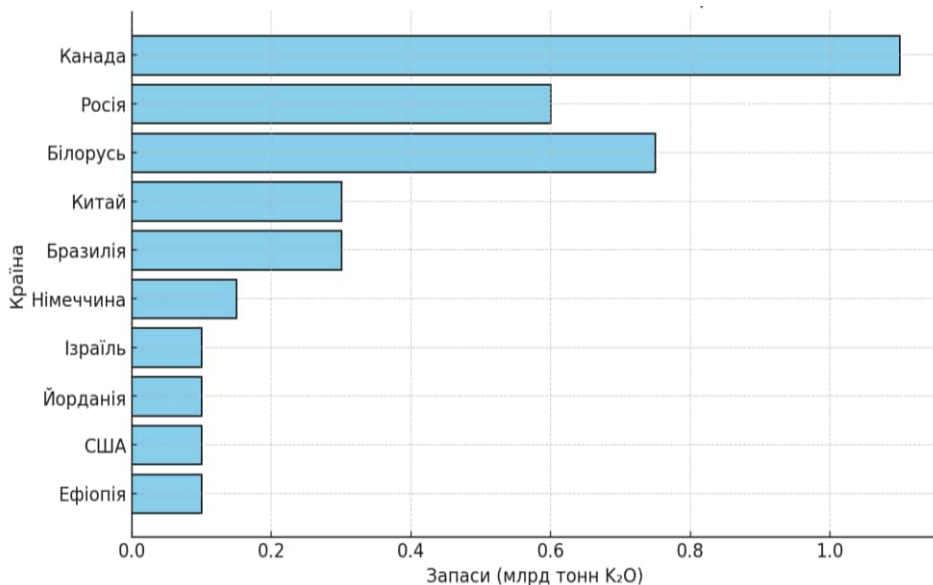


Рис. 1. Світові запаси калійної руди за країнами.

Чинники, що впливають на світове виробництво калію:

- ✓ Геополітичні фактори – санкції змушують країни адаптувати експортні маршрути.
- ✓ Екологічні виклики – необхідність зменшення негативного впливу шахтного видобутку та переробки.
- ✓ Зростання світового попиту – до 2050 року очікується збільшення споживання калію на 25-30%, особливо у країнах Азії та Африки.

Видобуток калійної сировини є складним технічним процесом, що залежить від геологічних особливостей покладів, їхньої глибини, складу руд та економічної доцільності. Існують традиційні методи, такі як шахтний метод, кар'єрний та розчинне вилуговування, які застосовуються десятиліттями, а також інноваційні підходи, що підвищують ефективність та екологічність виробництва.

Інноваційні методи видобутку калійних руд:

- ✓ Біовидобуток - використовуються мікроорганізми (бактерії та гриби), які розкладають калійвмісні мінерали (наприклад, калійний польовий шпат, нефелін).
- ✓ Інноваційне вилуговування безпечними реагентами - розробляються нові розчини на основі органічних кислот (лимонної, ацетатної), які є більш екологічними, ніж традиційні кислоти (HCl , H_2SO_4).
- ✓ Автоматизація та роботизація шахтного видобутку - використання дистанційно керованих бурових установок, автоматичних комбайнів, дронів для моніторингу стану шахт.
- ✓ Розвиток «зелених» технологій у калійному виробництві, тобто використання електроенергії з відновлюваних джерел для роботи збагачувальних фабрик та переробних заводів, перехід до низьковуглецевих технологій видобутку.

Основні екологічні проблеми, зв'язані з видобутком калійних руд традиційними методами, включають:

- ✓ засолення ґрунтів і водних ресурсів - висока концентрація NaCl у відвалах і шахтних водах, що спричиняє деградацію земель та забруднення підземних вод.
- ✓ випаровування розсолів у хвостосховищах призводить до утворення соляних кірок, що негативно впливає на місцеву флору та фауну.
- ✓ накопичення хвостових відвалів і відходів виробництва - близько 30–50 % добутої руди перетворюється на відходи, що складаються з NaCl , MgCl_2 , CaSO_4 , інших сполук. Відвали солей та тонкодисперсних відходів займають значні площі, що ускладнює рекультивацію земель. Виникає ризик обвалів та розмиву шахтних порід унаслідок порушення гідрологічного балансу.
- ✓ викиди парникових газів і високе енергоспоживання - процес підземного видобутку та збагачення калійних руд

потребує значної кількості енергії. Основними джерелами CO₂ є використання викопного палива для обігріву виробничих потужностей та транспортування руди. Газові викиди містять аміак (NH₃) і леткі сполуки хлору, що спричиняють кислотні дощі.

Висновки. Калійні добрива залишаються стратегічно важливими ресурсами для світового сільського господарства. Незважаючи на значні світові запаси калійної сировини, її нерівномірний розподіл та геополітичні чинники створюють ризики для глобального постачання. Інноваційні методи видобутку сприяють підвищенню ефективності та екологічної безпеки галузі. Водночас необхідний подальший розвиток «зелених» технологій та систем моніторингу для зменшення негативного впливу на довкілля. З огляду на очікуване зростання попиту на калійні добрива, основним завданням залишається розвиток нових родовищ та вдосконалення технологій переробки з урахуванням екологічних стандартів.

Список використаних джерел:

1. Кириченко, А.І., Стеценко, П.І. Калійні мінерали: геологія, розвідка та видобуток. Київ: «Наукова думка», 2018. – 182 с.
2. U.S. Geological Survey, 2022, Mineral commodity summaries 2022: U.S. Geological Survey, 2022 р., <https://doi.org/10.3133/mcs2022>
3. Потапова А. Г. Економічний потенціал регіонів України. Підручник. Луцьк: ПП Іванюк В. П., 2022. - 415 с.

УДК 661.832.532

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ СУЛЬФАТНИХ КАЛІЙНИХ ТА КАЛІЙНО-МАГНІЄВИХ ДОБРИВ З ПОЛІМІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ ПРИКАРПАТТЯ

Костів Іван, к.т.н.; Кучера Ярослав, к.т.н.; Ящик Назарій
*Державна установа «Державний науково-дослідний та
проектний інститут основної хімії, м. Калуш, Україна*

Summary. *Less than 10% of the world's potash reserves account for sulfate raw materials used in the production of chloride-free potash fertilizers. The technologies for its processing are described, along with the history of the discovery of kainite and the start of its industrial extraction; the first enterprises for the chemical processing of this raw material into potassium magnesium sulfate and potassium sulfate are also detailed. The operation of mining facilities and industrial complexes for the production of sulfate potash-magnesium fertilizers is analyzed. A conclusion is drawn regarding the reasons for the low technical and economic indicators that led to the shutdown of production and caused environmental problems in the Precarpathian region.*

Keywords: *world potash raw materials, extraction, processing methods, history, kainite, polymineral raw materials, sulfate potash fertilizers, production.*

Постановка проблеми. Менше 10 % світових запасів калійних солей припадає на сульфатну сировину. Запаси її знаходяться в Страсфуртському родовищі ФРН – кізеритові гартзальці. Їх раніше переробляли методом розчинення–кристалізації. Нерозчинений кізеритовий залишок додатково розчиняли в гарячій воді і отриманий розчин подавали на кристалізацію шеніту. Починаючи з 1970-х років цю сировину переробляють методом електросепарації.

Отримують окремо калію хлорид, кізерит і галіт. Галіт як відхід вивозять на терикони. До сульфатної сировини відносяться полігалітові поклади Йоркширського (Великобританія) родовища, яка містить більше 90 % полігаліту. Її добувають із шахти, розмелюють і реалізують як полісульфатне добриво. Такий вид добрива повільно розчинний і може розглядатись як добриво пролонгованої дії. Полігалітова сировина з нижчим вмістом полігаліту (70 %) знаходиться у Жияльському родовищі (Республіка Казахстан). Її планували переробляти за технологією, яка включала подрібнення сировини, прожарювання, розмелення до -1 мм, розчинення, кристалізація шеніту, його розклад до калію сульфату, розробленою у 2011 році ДНДІ Галургії (м. Калуш). Є технології отримання калій сульфату із висохлих озер Австралії. Відбирають із донних шарів розсіл, висушують його у окремому басейні для кристалізації шеніту, розкладають водою з отриманням продукційного калію сульфату.

Основні матеріали дослідження. Для виробництва сульфатних добрив придатні запаси полімінеральної калійно-магнієвої сировини Прикарпаття. Вони характеризуються вмістом як швидко розчинних (сильвіну, каїніту), так і повільно розчинних (лангбейніту, кізериту, полігаліту) мінералів, а також високим вмістом глинистих домішок (до 20 % і більше).

Вперше поклади каїніту на Прикарпатті були відкриті в Калуші у травні 1804 року [7]. На той час елемент калій ще не був відомим, його відкрив у 1807 році англійський хімік Гемфрі Деві. Аналізи калуської солі виконали у Відні в 1810 р. Цю дату вважають часом відкриття калійних солей Галичини. Але лише в 1867 р. з доповіді професора Генріха Розе на зборах Геологічного товариства в Берліні світ дізнався про наявність калійних солей не лише в Німеччині,

де перша соляна копальня була відкрита у місті Штасфурт у 1852 році, але й у Галичині, на Прикарпатті [7]. Вже в 1867 р. в Калуші було створене приватне підприємство з експлуатації калійних солей, закладено шахту для видобування сильвініту і каїніту. Поклади каїніту у пласті мали високу чистоту та в прошарках мали воскоподібний вигляд і чистоту практично 100 %. Від 1870 р. сильвініт і каїніт із Калуша надходили у продаж як калійні добрива. У 1909 р. була створена акціонерна спілка «Калі», яка у травні 1914 року увійшла до складу товариства з експлуатації калійних солей – ТЕСП [7]. У 1913 р. калузька шахта видала 13 363 т продукції, за період першої світової війни працювала з перервами. У 1922 р. було випущено 43 562 т сильвініту і 2 490 т каїніту. Випуск продукції зростав і у 1927 р. становив 148 331 т сильвініту і 23 482 т каїніту [7].

У 1925 р. розпочали будівництво фабрики хлориду калію, запущеної у роботу 1928 р., яка переробляла сильвінітову сировину. Випускали також різні сорти каїніту – від 10 до 14 % калію та каїніт із вмістом бору як мікроелементу.

До 1930 р. Польща ще ввозила калійні добрива, але відтепер імпорту припинився, почався їх експорт до Англії, Бельгії, Голландії, Чехії, Латвії, Швеції та ін. У цей період польська калійна промисловість успішно конкурувала на світовому ринку з Німеччиною та Іспанією. У 1925-1930 рр. Польща виробляла від 29,2 до 62,3 тис. т калійних добрив у перерахунку на K_2O або 1,69-2,89 % від світового виробництва.

В 1941 р., захопивши Україну, Німеччина продовжила роботу калійних рудників і фабрики. Після вигнання німецьких військ з української землі у грудні 1944 р. було відновлено як геолого-розвідувальні роботи, так і роботу калійної фабрики.

Першим виробництвом з хімічної переробки полімінеральних калійних руд сульфатно-хлоридного типу на калімагнезію і сульфат калію був дослідно-експлуатаційний цех сульфату калію Калуського калійного комбінату, який працював за галургійною технологією, розробленою у Львівській політехніці у 20-30 роках [2]. Вдосконалення технології було продовжено після війни у Всесоюзному науково-дослідному інституті галургії. Цей інститут розробив проект дослідно-експлуатаційного цеху сульфату калію. Цех калію сульфату запустили в роботу 4 вересня 1957 р. і тільки сульфатне відділення. Відділення випарювання запустили значно пізніше. У цеху переробляли легкорозчинні каїнітову руду центрального і північного каїнітового поля та сильвінітову руду північного поля, рудника «Голинь» і Хотінського поля. Рудник «Калуш», який розробляв калійні поклади, був найстарішим в Україні та й у світі.

Дослідно-експлуатаційний цех випускав 3000 т за рік калію сульфату із вмістом калію у перерахунку на K_2O не менше 45 % (85 % калію сульфату (K_2SO_4)). Із домішок продукт містив не більше 1 % магнію у перерахунку на MgO і до 0,3 % Cl^- . Калію сульфат одержували за схемою: розчинення руди, освітлення насиченого розчину, кристалізація шеніту, його фільтрування і розклад водою до сульфату калію. Як супутній продукт одержували харчову сіль і кристалічний магнію хлорид [3]. Цех сульфату калію працював до 1967 р.

У 1967 р. на Калуському калійному комбінаті була введена в експлуатацію дослідно-промислова збагачувальна фабрика [4] після реконструкції фабрики, яка до цього переробляла сильвінітову руду на калію хлорид. Вона працювала до 1979 р. В основі технологічного процесу перероблення каїнітової руди був галургійний метод. Процес

включав одержання калімагnezії, очищеного калію сульфату (325 т за рік), харчової солі (50 тис. т за рік) і магнійхлоридного розчину як окремого продукту.

У дослідно-експлуатаційному цеху досліджували технологічний процес і зібрали дані для комплексу хімфабрик, введених у експлуатацію у 1967 році, який працював на полімінеральній руді рудника «Ново-Голинь» та Домбровського кар'єру. Цех сульфату калію працював на легкорозчинних рудах, для нього були встановлені планові показники. Руди нового рудника і кар'єру містили швидко- і повільнорозчинні сульфатні мінерали. Їх використання у дослідно-експериментальному цеху ставило під загрозу виконання плану, що впливало на весь комбінат. У дослідно-експлуатаційному цеху сульфату калію планували флотаційне розділення залишку після розчинення руди, але відповідне обладнання не встановили, обмежились лише лабораторними дослідженнями. Однак зібраних на швидкокорозчинних рудах фактичних даних для побудови нової фабрики виявилось недостатньо, технологія на реальній сировині нових рудників не була перевірена, із дослідного кар'єру, який розробили на місці теперішньої південної ділянки Домбровського кар'єру, відбирали невеликі кількості полімінеральної сировини. Крім того, для досліджень процесу флотації використовували сировину, яку передавали із Калуша. І пізніше виявилось, свіжо помелена калійна сировина флотується значно гірше ніж та, яка зберігалась декілька днів при перевезенні.

У результаті досягнутий на новій фабриці максимальний ступінь вилучення калію в добрива не перевищував 55-60 %. Вищих техніко-економічних показників роботи змішаної схеми не вдалось досягнути через нестабільність складу руди, високий вміст у ній важкорозчинних лангбейніту і кізериту та неефективність

процесу флотації, а також високий вміст глинистих домішок. Через незадовільну роботу флотаційне відділення було зупинене в 1983 р. За даними обстеження технологічного процесу у Калуші на стадії розчинення розчинялось від 90 до 100 % силвіну і каїніту, 22–23 % лангбейніту, менше 20 % кізериту. У результаті на стадії розчинення руди одержані розчини були недостатньо насичені солями калію і магнію, а під час їх охолодження продукційний шеніт забруднювався натрію хлоридом. Тому проектні показники на комплексі хімфабрик не були досягнуті, пізніше зменшили потужність виробництва і перевели його у планово збиткове. Комплекс хімічних фабрик включав сульфатну і хлормагнієву фабрики, випускав калімагнезію, технічну сіль та лускоподібний бішофіт.

Після запуску магнієвого заводу відхідний магнійхлоридний розчин переробляли на синтетичний карналіт – сировину для електролітичного магнію. За такою технологією витяг калію і сульфатів із руди в калімагнезію досягав 55-60 % і менше, магнію – не більше 60 %. Відходами виробництва були: нерозчинений залишок стадії розчинення руди, глинистий мул, гіпс, промивні води, частина технічної солі та ін.

В Україні у 1967-2005-х роках виробляли висококонцентровані калійно-магнієві добрива та природний каїніт у Калуші та Стебнику, в кількості 500 тис. тонн у перерахунку на 100 % поживної речовини (K_2O). Готовою продукцією виробництва були: калімагнезія із вмістом від 26 до 30 % калію у перерахунку на K_2O , 8 % магнію у перерахунку на MgO і не більше 25 % хлорид-іонів. Високий вміст хлорид-іонів зумовлений низьким ступенем розчинення сульфатних мінералів і низькою насиченістю ними розчину.

Була розроблена схема «повного розчинення», яка передбачала розчинення водою галіту із галіто-

лангбейнітового залишку з наступним випарюванням галітового розчину і одержанням харчової солі та розчиненням лангбейніто-полігалітового залишку з одержанням лангбейнітового розчину і поверненням його на стадію кристалізації шеніту, висушуванням і гранулюванням полігалітового добрива. Також розроблена технологія очищення шенітової суспензії на стадії вакуум-кристалізації від домішок натрію хлориду, за рахунок чого вміст хлорид-іону в калімагнезії зменшувався до 10 %. Але ці удосконалення технології не були впроваджені у промисловий процес.

У Стебнику переробляли руди аналогічного складу методом флотації. Передбачалась реконструкція підприємства, яка включала попередню обробку подрібненої руди промводами з метою гідратації важкорозчинного лангбейніту і кізериту у легкорозчинні шеніт і епсоміт. Переваги способу із попередньою гідратацією полягають у збільшенні витягу калію із руди в продукти до 73–78 %, а магнію – до 65–70 %, а також у спрощенні технології за рахунок зниження числа ступенів розчинення. Але через фінансово-економічну ситуацію в країні ця технологія також не була впроваджена у виробництво.

Висновки. Прикарпаття володіє значними запасами полімінеральної калійно-магнієвої сировини, що є перспективною для виробництва сульфатних добрив. Історія промислового освоєння цих родовищ розпочалася ще в XIX столітті з відкриття та видобутку каїніту в Калуші. Протягом XX століття підприємства регіону розвивали технології хімічної переробки руд на калійні та калійно-магнієві добрива, включаючи калімагнезію та сульфат калію. Однак, через низку технічних та економічних проблем, включаючи складність переробки полімінеральної сировини з високим вмістом домішок та неефективність окремих технологічних

процесів, виробництво поступово занепало. На сьогоднішній день калійна промисловість України фактично не функціонує, незважаючи на високий попит і ціни на калійні добрива на світовому ринку.

Список використаних джерел:

1. Грайнер Ю. Виробництво калійних солей в Польщі. Переклад з польської. – Львів, 1938. – 40 с.
2. Хімічні технології і хімічна промисловість України. – Київ, 1998. – 172 с.
3. Heintz B., Günter D., Hartung K. Kali im Südharz-Unstrut-Revier. – Band 1. – Bochum, 2003 – 444 S.
4. Längauer D. O siarowanie potasu z naszych złóż solnych // Przegląd gorniczo-hutniczy. – Katowice, 1935. – Том 27. – Nr 1-2. – S. 16–36.
5. J. Niedzwiedzki. Das Salzgebirge von Kalusz in Ostgalizien. Lemberg. -Selbstverlag des Vertassers – J. Vereins – Buchdruckerei. 1891. – 18 S.

УДК 661.832.532

ЕФЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ СУЛЬФАТНИХ КАЛІЙНИХ ДОБРИВ З ПОЛІМІНЕРАЛЬНИХ РУД ПРИКАРПАТТЯ

Кучера Ярослав, к.т.н; Хацевич Ольга, к.т.н;

Держко Ольга, Якимечко Микола

*Державна установа «Державний науково-дослідний та
проектний інститут основної хімії, м. Калуш, Україна*

Summary. Existing technologies for processing polymineral potash ores of the Carpathian region do not provide high-quality highly concentrated fertilizers with a low degree of potassium extraction (less than 60%). Preliminary conversion of the ore allows achieving a high degree of conversion of langbeinite and kieserite into easily soluble minerals, increasing the industrial extraction of potassium to 82%. Based on the research, a technological process has been developed that includes the conversion of pre-prepared ore.

Keywords: potash raw materials, processing methods, langbeinite, kainite, polymineral ore, sulfate potash fertilizers, production.

Постановка проблеми. Основним видом полімінеральної сировини Прикарпаття є каїніто-лангбейнітова руда, до складу якої входять мінерали каїніт (10,5-24,2%) ($\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), шеніт ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), лангбейніт (4,4-35,8%) ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$), полігаліт ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), сильвін (KCl), ангідрит (CaSO_4), карналіт ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), галіт (NaCl) та кізерит ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) та велика кількість нерозчиненого залишку 10-16 %. З цих мінералів практично не розчиняється полігаліт і

дуже повільно розчиняється кізерит і лангбейніт, інші мінерали є легкорозчинні [1].

На даний час розроблені три способи переробки полімінеральної калійної руди такого складного мінерального складу: флотаційний, галургійний та комбінований. Недоліком флотаційного способу є відносно низька селективність процесу внаслідок необхідності виділяти флотацією більше двох мінералів різної структури та хімічної природи, наявність в кінцевому продукті забруднюючих домішок хлоридів і глинистих мінералів; низький ступінь вилучення калію та магнію з руди в концентрат (50-60%). Недоліком галургійного способу є присутність натрію хлориду як домішки на всіх технологічних операціях, що потребує його додаткового випарювання; низький витяг калію та інших корисних компонентів з руди, комплексність і енергозатратність технології. Недоліком комбінованого способу є складність поєднання галургійного перероблення продуктів і флотаційного збагачення нерозчиненого залишку з продуктами галургійного циклу, внаслідок вторинної флотації знову утворених продуктів [2].

Основні матеріали дослідження. Складність існуючих технологічних схем зумовлена необхідністю комплексного використання всіх компонентів руди, що вимагає одночасної обробки багатьох рудних мінералів, які різко відрізняються один від одного за фізико-хімічними властивостями. За існуючих технологій переробки лангбейніт вилучався на 30%, а решта скидалась у хвостосховище.

Найбільш близькою по технічній суті і одержаному результату є технологія галургійної переробки руди з попередньою її підготовкою шляхом конверсії – переведення важкорозчинних мінералів лангбейніту та кізериту у легкорозчинні шеніт і епсоміт [3].

Дослідженнями встановлено, що зрошування попередньо подрібненої фракції лангбейніту і кізериту та їх витримування перед розчиненням протягом 5-7 днів збільшують витяг корисних компонентів. Така технологія дозволить:

- ✓ комплексно переробити вихідну руду з одержанням калімагнезії, кухонної солі, хлормagneзійового розчину;
 - ✓ підвищити вилучення калію до 80-82 %;
 - ✓ усереднити руду перед подачею її на розчинення.
- Основні технологічні операції галургійного способу переробки руди є:
- ✓ середнє та дрібне подрібнення руди;
 - ✓ конверсія важкорозчинних мінералів подрібненої руди сольовим розчином;
 - ✓ розчинення конвертованої руди за температури 70-75 °С;
 - ✓ освітлення розчину від глини та протитечійне промивання;
 - ✓ кристалізація шеніту;
 - ✓ згущення шеніту;
 - ✓ центрифугування та сушіння шеніту (добриво);
 - ✓ I стадія випарювання надлишкового шенітового розчину з виділенням кухонної солі;
 - ✓ II стадія випарювання шенітового розчину з виділенням штучного каїніту (хлоридних солей);
 - ✓ III стадія випарювання шенітового розчину.

Висновки. Запропонована технологія дає змогу стабілізувати процес одержання калійно-магнієвих добрив з полімінеральної калійної сировини з непостійним хімічним та мінеральним складом. Конверсія важкорозчинних мінералів лангбейніту, кізериту, частково полігаліту, що містяться у руді, сприяє переведенню до 82% калію у легкорозчинну форму. Для процесу конверсії важкорозчинних мінералів

руди рекомендується застосовувати оборотні сольові розчини, що утворюються при галургійній переробці руди або концентровані розчини Домбровського кар'єру та хвостосховищ.

Список використаних джерел:

1. The Leaching Behavior of Potassium Extraction from Polyhalite Ore in Water Fangtong Ma, Ying Zeng, Xudong Yu, Ke Chen, and Siying Ren ACS Omega 2023 8 (40), 37162-37175 <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c04733>.
2. Tavares, J.A.; Moura, L.F.; Bernardo, A.; Giulietti, M. Crystallization and separation of KCl from carnallite ore: Process development, simulation, and economic feasibility, Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly 2017, 24(3), 239-249. <http://dx.doi.org/10.2298/CICEQ170119036T/>
3. Artus M, Kostiv I. (2015) Conversion of Langbeinite and Kieserite in Schoenite With Mirabilite and Sylvite in Water and Schoenite Solution. J Chem Eng Process Technol 6: 225. <https://doi.org/10.4172/2157-7048.1000225>.

УДК 661.832

ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ ЧЕРЕЗ ТЕХНОЛОГІЮ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ КАЛІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

Кулик Геннадій, Хацевич Ольга, к.т.н., Садовий Юрій
*Державна установа «Державний науково-дослідний та
проектний інститут основної хімії, м. Калуш, Україна*

Summary. *The composition of the mining and technological facilities of the Kalush-Golinsky deposit and the analysis of their condition and impact on the environment are presented. The amount of accumulated waste from the Kalush potassium-magnesium production is estimated. A solution to the current environmental situation is proposed by establishing the production of potassium-magnesium fertilizers, technical and food salt, magnesium chloride, or magnesium oxide.*

Keywords: *Kalush-Holynske field, Dombrovsky quarry, potash and magnesium production, environmental problems, hydrosphere pollution, tailing dumps, soil subsidence, brines, salt-containing waste.*

Постанова проблеми. Техногенно-екологічна ситуація на території ДП «Калійний завод» (Калуської ОТГ Івано-Франківської області) характеризується негативними процесами засолення гідросфери та ґрунтів і провальними процесами земної поверхні в районах розташування видобувних і виробничих об'єктів, що згубно впливають на довкілля та створюють небезпеку для проживання людей. В окремих випадках це супроводжується катастрофічним руйнуванням гірничого масиву, земної поверхні, а відповідно руйнуванням розташованих на ній житлових будівель, промислових споруд, інженерних мереж і комунікацій.

Вирішення екологічних питань можливе через проведення досліджень та системний аналіз стану небезпеки і наслідків впливу промислових об'єктів колишнього калійного виробництва.

Основні матеріали дослідження. Колишнє калійне виробництво включає у себе гірничо-технологічні об'єкти Калуш-Голинського родовища (рис.1):

- Шахтні поля трьох відпрацьованих рудників:
 - ✓ рудник «Калуш» - поле «Північне сильвінітове», «Північне каїнітове», «Центральне», «Хотинське»;
 - ✓ рудник «Голинь»;
 - ✓ рудник «Ново-Голинь» - поле «Сівка-Калуська», «Східна Голинь»;
- Рудник «Пійло» - не добуваний і законсервований на початку 80-х років;
- Домбровський кар'єр з відвалами розкривних солевмісних порід №1 та №4;
- Хвостосховища №1 та №2.

Нераціональна організація діяльності підприємств із видобування та переробки покладів полімінеральних калійно-магнієвих мінералів (необґрунтовані, помилкові рішення при проектуванні гірничих робіт, недосконалі технології переробки сировини) привела до утворення великих обсягів рідких розсолів, твердих відходів (неефективно переробленої сировини), а також великих об'ємів затоплених соляними розчинами шахтних порожнин розташованих під містом Калуш та прилеглими населеними пунктами, які зазнають руйнування.

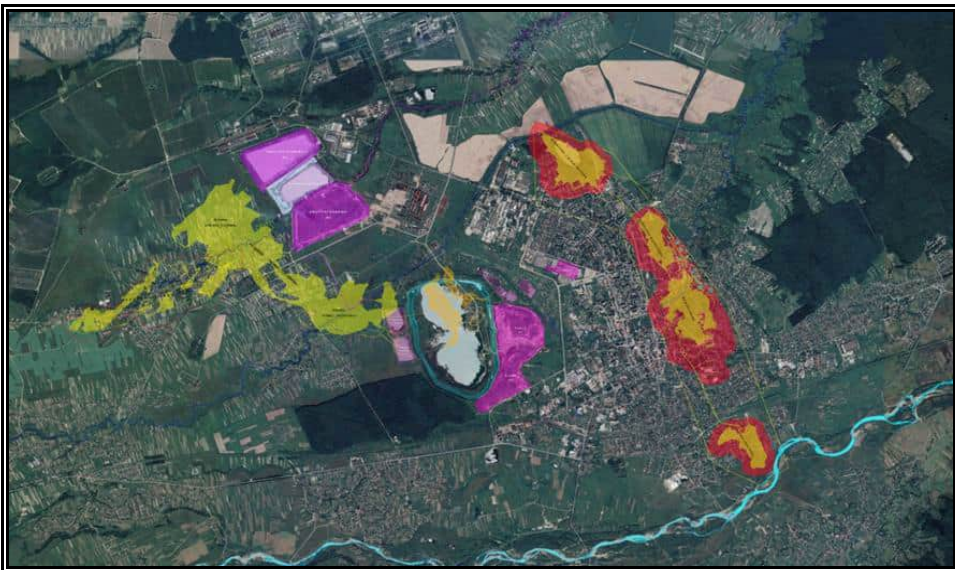


Рис 1. Схема Калуш-Голинського родовища з гірничо-технологічними об'єктами колишнього Калуського калійно-магнієвого виробництва.

Всі ці фактори значно погіршили стан навколишнього природного середовища, несуть загрозу безпеці проживання населення регіону на тривалу перспективу та привели до наступних екологічних проблем:

- порушення природного стану земної поверхні внаслідок формування розширених ділянок просідання та періодичних провалів над шахтними виробітками;
- комплексне забруднення навколишнього середовища: ґрунту, водоносного горизонту та річкової мережі басейну транскордонної річки Дністер.

Науковцями ДУ «НІОХІМ» було здійснене комплексне обстеження стану Домбровського кар'єру, його зовнішніх відвалів складування розкривних порід №1 і №4, а також таких техногенних об'єктів, як хвостосховища № 1 та № 2.

При обстеженні проводився відбір проб води та соляних розчинів, як безпосередньо в межах названих вище об'єктів, так і на частині прилеглих до них територій. Проведене комплексне дослідження глибини та рельєфу Домбровського кар'єру у Північній, Південній частинах і Хвостосховища №2, а також об'ємів розсолів та їх концентрації по глибині.

Мінералізація розсолів Домбровського кар'єру складала на глибинах до 15 м від 18 до 35 г/л, 16 ÷ 20 м до 115 г/л, 21 ÷ 25 м до 180 г/л, 31 ÷ 35 м до 250 г/л, 36 ÷ 40 м до 319 г/л (Північна частина) і до 260 г/л (Південна частина), 41 ÷ 45 м до 375,5 г/л (Північна частина), 297,3 г/л (Південна частина), поблизу дна до 388 г/л (Північна частина) і до 410 г/л (Південна частина). Мінералізація розсолів Хвостосховища №2 на глибинах до 3 м від 93 до 173 г/л, 4 ÷ 8,5 м від 337 до 382 г/л.

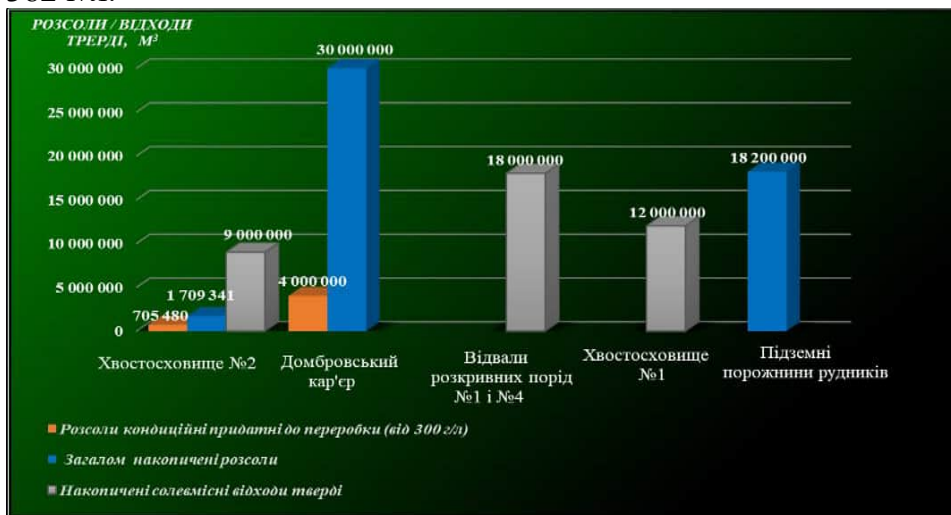


Рис 2. Об'єми накопичених розсолів та солевмісних відходів колишнього Калуського калійного виробництва, співвідношення загальних і придатних до переробки об'ємів розсолів (з мінералізацією >300 г/л).

За даними виконаних вимірювань глибини та топографічними зйомками методом ехолокації по всій площі та рельєфу дна Домбровського кар'єру і Хвостосховища №2, побудовано їх розрізи та карти рельєфу. На підставі чого зроблено підрахунок об'ємів розсолів (рис. 2.).

Результати досліджень хімічного та іонного складу, мінералізації та підрахунки об'ємів підтверджують перспективність зазначених техногенних відходів – розсолів і солевмісних відходів, як сировинної бази для отримання калійно-магнієвих добрив, солі технічної та хлоридмагнієвого розчину – сировини для будівельної, металургійної, хімічної промисловості.

Державною установою «Державний науково-дослідний та проектний інститут основної хімії» розроблені ефективні технології як переробки покладів складних полімінеральних калійно-магнієвих руд Прикарпаття, так і переробки (утилізації) накопичених сольових розчинів та солевмісних відходів з отриманням товарних продуктів.

Висновки. Вихід із складної екологічної ситуації, що склалася в регіоні – це створення виробництва калійно-магнієвих добрив на базі накопичених сольових розчинів Домбровського кар'єру і солевмісних відходів хвостосховищ та розкривних порід. Це дозволить вирішити проблему засолення і комплексного забруднення водоносного горизонту, так як дасть можливість утилізувати накопичені за десятки років розсоли, які під дією атмосферних опадів збільшуються в об'ємі.

Враховуючи результати спостережень за процесами, що відбуваються на відпрацьованих затоплених рудниках Калуш-Голинського родовища, можна прогнозувати подальший розвиток процесів зрушення гірничого масиву та руйнування земної поверхні, що супроводжуватиметься витисканням високомінералізованих розчинів у водоносний горизонт і підрусловий потік річки Сівка.

Ведення постійного моніторингу водопритоків до техногенних об'єктів необхідне для вчасного вживання ефективних заходів запобігання збільшення розмірів ареалу засолення, що загрожує втратою головної водозабірної станції «Добровляни» для міста.

Поверхня землі над шахтними полями відпрацьованих рудників перебуває на різних стадіях просідання. За розрахунками на окремих ділянках на кінець процесу зсуву земна поверхня опуститься на глибину більше 20 метрів. Тому дуже важливо фахово прогнозувати утворення таких просідань та вчасно відселяти людей.

Доцільне проведення наукових досліджень щодо застосування твердої закладки виробленого простору затоплених шахтних порожнин з вилучанням кондиційних розсолів для перероблення.

Список використаних джерел:

1. Звіт «Аналіз сучасного стану і наслідків впливу на навколишнє середовище гірничо-технологічних об'єктів колишнього Калуського калійно-магнієвого виробництва (створеного на базі Калуш-Голинського родовища калійних солей).» Калуш, 2023. – 47 с.
2. Ніколаєва І., Ленько Г., Лободзінський О. Дослідження поточного стану хвостосховищ у басейні річки Дністер. Резюме по інвентаризації хвостосховищ у басейні річки Дністер. Київ, 2020. – 154 с.
3. Рудько Г.І., Петришин В.Ю. Соляні ресурси Передкарпаття та перспективи їх використання / За ред. Г.І. Рудька. – Київ - Чернівці: Букрек, 2017. – 472 с.
4. Гайдін А.М., Рудько Г.І., Чікова І.В. Гірничо-хімічний потенціал України. – Київ-Чернівці: Букрек, 2017. – 192 с.

УДК 620.9

АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ У ВИРОБНИЦТВІ КАЛІЙНИХ ДОБРИВ І ХАРЧОВОЇ СОЛІ

Якимечко Микола, Лутчин Володимир, Ящик Назарій
*Державна установа «Державний науково-дослідний та
проектний інститут основної хімії, м. Калуш, Україна*

Summary: *Due to the constant growth in energy demand, the issue of developing and using alternative energy sources in domestic conditions and production with increased energy efficiency of technologies and minimal environmental impact arises.*

Keywords: *renewable energy sources, alternative energy, potash fertilizers, salt.*

Постановка проблеми. Сучасне життя людини важко уявити без електроенергії. Відкриття електричного струму кардинально змінило розвиток промисловості, сільського господарства, медицини, науки і життя людей в цілому. З кожним роком електроенергія займає все більше місця у житті людства, що призвело до швидкого зростання світового попиту на електроенергію і зростання споживання викопного палива з якого вона виробляється. Переробка викопного палива має недоліки – є не відновлювальною, а також при спалюванні викидаються забруднюючі речовини у навколишнє середовище, через це порушується кліматичний баланс і це призводить до глобального потепління та помітних наслідків зміни клімату. Таке ускладнення екологічної ситуації викликає зростання попиту на використання альтернативних джерел енергії.

Альтернативні джерела енергії – це перетворення в спеціальних установках природних явищ в теплову або електричну енергію, сюди відносяться:

- ✓ сонячне електромагнітне випромінювання (сонячна енергія);
- ✓ кінетична енергія руху повітряних мас (вітрова енергія);
- ✓ кінетична енергія водного потоку (гідроенергетика);
- ✓ теплова енергія гарячих джерел (геотермальна енергія);
- ✓ отримання тепла при спалюванні відновлюваного палива (біоенергетика);
- ✓ енергія морських припливів і відливів;
- ✓ хвильова енергія [1].

Значного прогресу було досягнуто у сфері відновлюваної енергетики в Європейському Союзі, у першій половині 2024 року відновлювані джерела енергії виробляли 50% електроенергії. У 2024 вітроенергетика (17,9%) випередила використання газу (15,7%) і гідроенергетику (13,2%) та стала другим за величиною джерелом енергії, після атомної (23,7%). Перехід на сонячну енергетику (11,1%) на даний час є основним чинником скорочення використання вугілля (9,8%). Багато країн використовують велику кількість гідроенергії та енергії вітру, експерти прогнозують, що сонячна енергія стане основним джерелом у найближчому майбутньому [2]. Дослідження 2023 року, проведені університетом Ексетера, Університетським коледжем Лондона, передбачають, що застосування сонячної енергії досягне «незворотного переломного моменту», ставши основним джерелом енергії у світі до 2050 року [3]. Найпоширенішим пристроєм перетворення сонячного випромінювання є сонячна батарея. Використання сонячних батарей безпечне для екології та здоров'я людей, але є проблеми у виготовленні та утилізації відпрацьованого обладнання. Для виробництва кремнію для сонячних батарей

при обробці напівпровідників зазвичай використовують небезпечні хімічні речовини.

Основні матеріали дослідження. За даними [4] у світі перше місце по споживанню електроенергії займає промисловість. У багатьох промислових виробництвах присутні процеси випарювання, концентрування, як правило, ці процеси потребують використання значної кількості енергії. Виробництво калійних добрив та харчової солі не стало винятком. Для зменшення собівартості продукції та покращення енергоефективності виникає питання впровадження в процес виробництва альтернативних джерел енергії.

Для процесів концентрування, сушки або попереднього випаровування та підігріву, для основної стадії випарки пропонується використовувати комбінування вітрової та сонячної енергії. Принцип роботи геліоаеробаричної установки заснований на безпосередньому використанні сонячної інсоляції та енергії вітру.

Геліоаеробарична установка (рис. 1) складається із зовнішнього куполоподібного даху 1, витяжної труби 2, бокових повітрязабірників 3, басейну з рідиною 4, усіченого конусу 5 зверху зовнішнього куполоподібного даху, з'єданого з витяжною трубою, та поворотні жалюзі 6. Поворотні жалюзі 6 призначені для закручування вхідного потоку вітру у вихровий потік у витяжній трубі 2 у вигляді спіралі. Прозоре покриття даху 1 акумулює сонячну енергію і нагріває повітря за допомогою прямого сонячного випромінювання. Під дією енергії сонячного випромінювання, що проходить крізь прозоре покриття куполоподібного даху 1, нагрівається за принципом парника повітря і розчин у басейні 4, нагріте повітря разом із парою піднімається по витяжному вертикальному каналу 5 конусної форми.

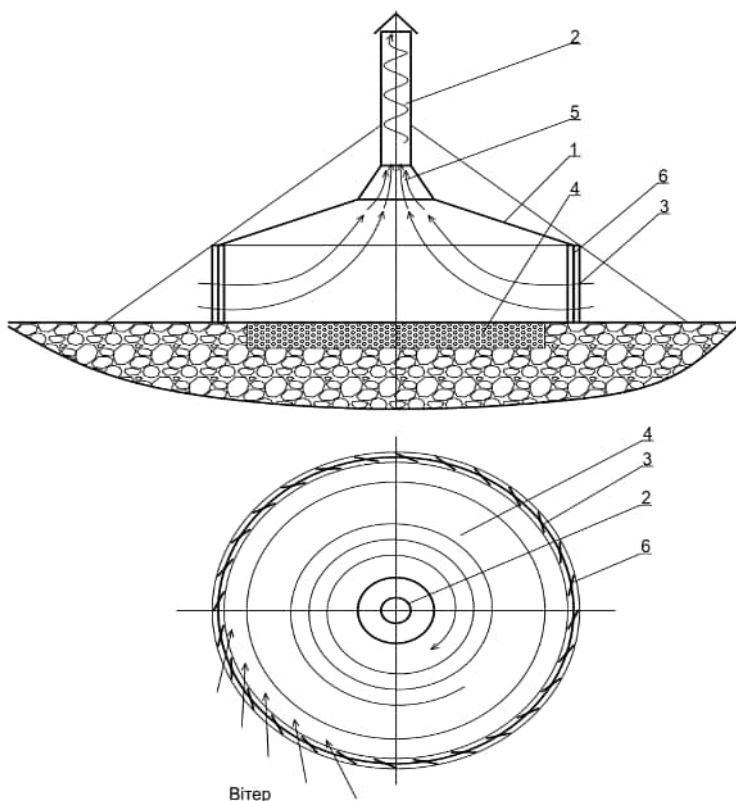


Рис. 1 Схематичний вигляд геліоаеробаричної установки.

Вітер рухається від бокових повітрозбірників 3, проходить крізь поворотні жалюзі 6, змішується з нагрітим вологим повітрям. Швидкість руху нагрітого повітря збільшується по ходу його руху. Повітря попадає у витяжну трубу 2 і рухається вгору по трубі на викид в атмосферу. У процесі руху по нагрітій сонячним випромінюванням трубі 2, повітря додатково нагрівається, швидкість його збільшується. Цим самим зумовлює зростання руху повітря всередині установки і прискорює процес випарювання розчину.

Витяжна труба виконана з теплопровідного матеріалу і з затемненою поверхнею. Створення турбулентного режиму (за рахунок збільшення швидкості потоку повітряної маси) в геліоаеробаричній установці повинно інтенсифікувати процес випаровування, що забезпечить максимальне випаровування розчину. Запропонована конструкція дозволить концентрувати розчини з використанням відновлюваних джерел енергії, а саме за рахунок прямої інсоляції сонця та енергії вітру [5].

Висновки. Електроенергія уже давно відіграє ключову роль у сучасному житті, та через те що викопні джерела енергії обмежені, а їх добування та використання забруднює навколишнє середовище, все більшого поширення набувають альтернативні джерела енергії які, за прогнозами експертів, стануть основними. Впровадження запропонованої геліоаеробаричної установки в процес виробництва дозволить знизити собівартість продукції, за рахунок використання альтернативних джерел енергії (сонячної інсоляції і енергії вітру), що сприятиме підвищенню енергоефективності виробництва калійних добрив та харчової солі.

Список використаних джерел:

1. <https://triniti-sb.com.ua/blog/alternatyvni-dzerela-energii>.
2. <https://ua-energy.org/uk/posts/soniachna-heneratsiia-vpershe-obihнала-vuhillia-u-yes>.
3. Nijssse, F.J.M.M., Mercure, JF., Ameli, N. et al. The momentum of the solar energy transition. Nat Commun 14, 6542 (2023).
4. <https://www.statista.com/statistics/859150/world-electricity-consumption-share-by-sector/>
5. Звіт «Отримання харчової солі із природних розсолів геліоаеробаричним методом». - Калуш, ДУ «НІОХІМ», 2024 р.- 24 с.

УДК 661.832

УТИЛІЗАЦІЯ МАГНІЙХЛОРИДНИХ ВІДХОДІВ ПРИ ПЕРЕРОБЛЕННІ ПОЛІМІНЕРАЛЬНОЇ КАЛІЙНОЇ СИРОВИНИ ПРИКАРПАТТЯ

Костів Іван, к.т.н.; Кучера Ярослав, к.т.н.; Лутчин Володимир
Державна установа «Державний науково-дослідний та проектний інститут основної хімії, м. Калуш, Україна

Summary. *This article presents the results of a study of the process of purifying a magnesium chloride solution from impurities of potassium chloride and sodium chloride by cooling the clarified solution after separating kainite. Sulfates are separated by evaporation to obtain a suspension of finely dispersed sulfate salts (kieserite, langbeinite) in a concentrated solution of magnesium chloride. Cooling of the purified solution leads to the crystallization of pure magnesium chloride. Due to the difference in size, structure and energy of the crystals of sulfate minerals and hydrated magnesium chloride, different crystalline phases are formed, which can be separated by the hydrodynamic method. The suspension of finely dispersed sulfate minerals with the solution is returned to the crystallization of kainite, and the precipitate of magnesium chloride crystals is filtered in a centrifuge.*

Keywords: *magnesium chloride solution; evaporation; crystallization; kieserite; kainite; langbeinite; potassium chloride; sodium chloride; separation.*

Постановка проблеми. У процесі перероблення полімінеральної калійно-магнієвої сировини на сульфатні калійно-магнієві солі утворюються магнійхлоридні відхідні розчини, які потрібно утилізувати. Закачування їх у підземні поглинаючі горизонти для умов Прикарпаття не раціональне і тому потрібний пошук ефективної технології перероблення

на товарні продукти. Такими продуктами є кристалічний магнезій хлорид, магнезій оксид і гідроксид.

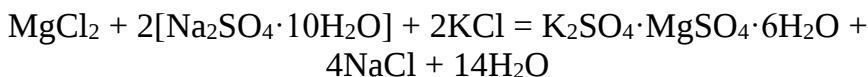
Основні матеріали дослідження. У період від 1967 до 1970 року магнезійхлоридні відходи знесульфачували, фільтрували гіпс, фільтрат випарювали спочатку для виділення калію та натрію хлоридів, потім до розплаву в апаратах зануреного горіння і охолоджували на холодній поверхні обертового барабану для кристалізації бішофіту. Пізніше до 1995 року на базі магнезійхлоридних відходів одержували синтетичний карналіт – сировину для електролітичного виробництва магнезій. Однак, виробництво магнезій потужністю 25 тисяч тонн за рік утворює супутній продукт – газоподібний хлор (до 70 тонн), застосування якого обмежене.

У дослідно-експлуатаційному цеху сульфату калію Калуського калійного комбінату у 1959-1967 роках залишкові розчини знесульфачували розчином кальцію хлориду, фільтрували гіпс і фільтрат випарювали до концентрації 38%, відстоювали виділені солі, розчин охолоджували і кристалізували бішофіт, фільтрували його на центрифугі, затарювали в мішки і відправляли споживачам. Аналогічним способом отримували бішофіт на базі покладів природного бішофіту у дослідному виробництві в Ніжині. Планували виробляти бішофіт для магнезійового заводу в Калуші. Через злежування на складі під впливом коливання температури фасований бішофіт, у якому містилось 4-5 % міжкристального розчину, тверднув. Пізніше відфільтрований бішофіт пропонували висушувати на стрічковій сушарці. Через зупинку магнезійового заводу вироблений бішофіт збували як протиожеледний засіб. Вміст домішок сульфатів не регламентувався, тому бішофіт отримували охолодженням випареного розчину без знесульфачування.

Магнійхлоридні відходи у невеликій кількості можна використовувати для виробництва цементу Сореля [1], магнію оксиду і гідроксиду високої чистоти реакцією із електролітичним натрію гідроксидом [2] або термічним розкладом методом Рутнера [3].

Як варіант магнійхлоридні відходи можна переробляти на каїніт, який висушують і пропонують як добриво. Для цього насичений розчин після розчинення руди подають на випарювання, виділяють на першій стадії натрію хлорид, а на другій – каїніт, який фільтрують і сушать, кінцевий розчин повертають на другу стадію випарювання.

Наступним варіантом утилізації магнійхлоридних відходів калійного виробництва є отримання калімагнезії. Для цього шенітовий розчин після фільтрування шеніту нагрівають до температури близько 80 °С і розчиняють у ньому природний мірабіліт. Відділяють нерозчинний залишок, насичений розчин освітлюють і розчиняють у ньому калій хлорид. Отримують насичений розчин за аналогією із насиченим розчином виробництва калімагнезії заводу калійних добрив. Охолоджують його для кристалізації шеніту за рівнянням реакції:



Після виділення шеніту фільтрат подають на першу стадію випарювання шенітового розчину. Даний спосіб можна використати для виробництва калій сульфату (калімагнезії) поблизу родовищ мірабіліту або бішофіту. У випадку відсутності бішофіту доцільним є випуск калій сульфату. Розчин магній хлориду циркулює в процесі і його привозять тільки для компенсування втрат [4].

На основі досліджень, виконаних у лабораторних умовах ДУ «НІОХІМ» можна запропонувати спосіб, який включає випарювання розчину на другій стадії до концентрації 30-32 % MgCl_2 , фільтрування каїніту, наступне випарювання до концентрації 36-39 % MgCl_2 , відділення осаду і повернення його на другу стадію випарювання, охолодження фільтрату. При цьому кристалізується бішофіт і дрібнодисперсні сульфатні солі. Їх розділяють декантуванням. Розчин із дрібнодисперсною фазою повертають на другу стадію випарювання, а бішофіт фільтрують, одержують продукт із вмістом 44-45 мас. % MgCl_2 , і менше 0,8 % SO_4^{2-} , який можна реалізувати як товарний продукт.

Висновки. Розглянуто різні методи переробки магнійхлоридних відходів калійного виробництва в Калуші. Початкові спроби отримання бішофіту та подальше виробництво синтетичного карналіту для магнієвого заводу зіткнулися з проблемами збуту значних обсягів побічного хлору. Тому були досліджені альтернативні шляхи утилізації, спрямовані на отримання цінних продуктів: цемент Сореля, оксид та гідроксид магнію, калійні добрива (каїніт і калімагнезію). На основі лабораторних досліджень, найбільш перспективним є спосіб отримання бішофіту з низьким вмістом сульфатів, що робить його привабливим товарним продуктом та вирішує проблему утилізації відходів.

Список використаних джерел:

1. Cong Ma, Gege Chen, Jinyan Shi, Haijun Zhou, Weixin Ren, Yanliang Du, Improvement mechanism of water resistance and volume stability of magnesium oxychloride cement: A comparison study on the influences of various gypsum, Science of The Total Environment, Volume 829, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154546>.

2. Xingfu SONG, Shuying SUN, Dengke ZHANG, Jin WANG, Jianguo YU. Synthesis and characterization of magnesium hydroxide by batch reaction crystallization. *Front Chem Sci Eng*, 2011, 5(4): 416–421 <https://doi.org/10.1007/s11705-011-1125-9>.
3. Wang M J, Li M, Bai L, Wang Q, Ma Y. Research on the influence of thermal decomposition of magnesium chloride hexahydrate on the preparation of magnesium oxide and hydrated magnesium hydroxide. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*. 2024;60(5):193614. <https://doi:10.37190/ppmp/193614>.
4. Lohit Sharma, Odeta Brigaityte, Kenneth Honer, et al Carnallite-Derived Solid Waste as Potassium (K) and Magnesium (Mg) Source in Granulated Compound NPK Fertilizers, *ACS Sustainable Chem. Eng.* 2018, 6, 7, 9427–9433, <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b01773>.
5. Basystiuk YI, Kostiv IY (2016) Getting Hydrated Magnesium Chloride from Magnesium Chloride Solutions of Potassium Sulfate Fertilizers Production. *J Chem Eng Process Technol* 7: 291. <https://doi:10.4172/2157-7048.1000291>.

УДК 332

СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ІННОВАЦІЙНОГО ПАРКУ НА ОСНОВІ МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННОГО ПОТЕНЦІАЛУ РЕГІОНУ

Довгалюк Ірина, к.н. з держ. управ., Хацевич Ольга, к.т.н.,
Кулик Геннадій, Ковальов Євген

*Державна установа «Державний науково-дослідний та
проектний інститут основної хімії, м. Калуш, Україна*

Summary. *The creation of innovation parks will open up opportunities for restoring the economic potential of the region, ensuring economic security. The creation of innovation parks based on mineral and raw material potential is a new attractive mechanism for both domestic and foreign investors. The purpose of the creation and operation of innovation parks is to attract investment, create additional jobs, increase budget revenues, and solve environmental problems.*

Keywords: *innovation parks, investments, economic development, technogenic parks.*

Постановка проблеми. Економічно розвинуті країни для забезпечення конкурентоздатності економіки щораз застосовують складніші комплексні механізми та ініціативи, до яких належать індустріальні та інноваційні парки. Найвідомішими у світі інноваційними парками є: силіконова долина (США), технополіси в Європі — Sophia Antipolis (Франція), Adlershof (Німеччина). У світі нараховується понад 15 тис. індустріальних парків, поширені вони як у розвинених країнах: США, країнах-членах ЄС чи в «азійських тиграх», так і серед країн, що розвиваються. Найбільший у світі індустріальний парк площею 43 тис. га створений у США — Tahoe Reno Industrial Center (TRIC), що функціонує як

державно-приватне партнерство [3]. У Туреччині (2002-2016 рр.) створено 284 індустріальні парки, куди спрямовано понад 80% прямих іноземних інвестицій і які забезпечують близько 900 тис. робочих місць. Туреччина активно розвиває і технологічні парки (понад 60). Значні податкові пільги дозволяють зосереджувати діяльність на наукових розробках та доводити інноваційні ідеї до виробництва. За період активного розвитку індустріальних і технологічних парків Туреччині вдалося втричі збільшити ВВП та виплатити борги перед МВФ за 40 років. Подібний досвід є в інших країн Східної Європи. [3]

Інноваційні парки є каталізаторами наукомісткого сектору промисловості, а розвиток промисловості є нагальною потребою для України. Релокація підприємств у період війни також сприяє зацікавленості в інноваційних парках. Збільшується кількість зареєстрованих індустріальних парків і в Україні, навіть попри воєнний стан, так на вересень 2024 року було зареєстровано 92 індустріальні парки, а до повномасштабного вторгнення - 53.

Основні матеріали дослідження. В Україні до «інноваційних» відносять три категорії парків: індустріальні, технологічні, наукові. Індустріальні парки передбачають розміщення переважно промислових підприємств. Технопарки передбачають застосування інновацій та високих технологій, часто формуються при університетах, або там, де можна об'єднати молодих, прогресивних підприємців [2]. Найчастіше в Україні створюють індустріальні парки для переробної промисловості, для наукових досліджень і діяльності в сфері інформації та телекомунікацій. У технологічних парках (зареєстровано 16) реалізуються проекти з виробничого впровадження наукомістких розробок, високих технологій, забезпечення промислового випуску

конкурентоспроможної продукції. Наукові парки (36) створюють для реалізації економічних, наукових, науково-технічних, інноваційних напрямків діяльності за ініціативи вищих навчальних закладів, наукових установ [2]. У квітні 2021 року був винесений на розгляд ВР України проєкт Закону "Про внесення змін до деяких законів України щодо активізації діяльності наукових парків" [<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5018-17>]. Законопроект спрямований на підвищення ефективної діяльності інноваційних парків та комерціалізації результатів наукових досліджень, науково-технічних розробок. Без активної економічної політики, яка б запустила інструментарій інноваційних парків, Україні не вдасться вийти із замкнутого кола трансів МВФ та позбутися ролі сировинного придатку.

Наша установа пропонує новий концептуальний підхід для створення інноваційних парків, який ґрунтується на мінерально-сировинному потенціалі регіону. Така ініціатива обов'язково повинна мати наукове підґрунтя та завершений цикл із впровадженням безвідходних технологій. На основі дослідження мінерально-сировинної бази, ґрунтовному аналізі ресурсного потенціалу та вивченні основних проблем регіону, нашими науковцями запропоновані ідеї для створення двох інноваційних парків. Перший - Карпатський інноваційний парк – це сучасна актуальна ініціатива комплексного використання наявних мінерально-сировинних ресурсів, альтернативних джерел енергії, принципів циркулярної економіки та вирішення екологічних проблем, шляхом виробництва стратегічно важливих продуктів (калійно-магнієвих добрив, технічної солі, кальцинованої соди). Переробка кондиційних сольових розчинів є першим етапом впровадження такої ініціативи. А наявна сировинна база Прикарпаття, представлена у вигляді потенційних

родовищ калійних солей, дає можливість відновити калійну промисловість, яка може стати однією з ключових галузей економіки регіону. Створення Карпатського інноваційного парку сприятиме комплексному вирішенню екологічних і соціально-економічних проблем регіону та отриманню стратегічно важливих продуктів: калійно-магнієвих добрив, технічної солі, кальцинованої соди, застосовуючи нові ефективні технології переробки наявних сольових ресурсів.

Друга пропозиція передбачає створення TERRA-парку — інноваційного науково-дослідного комплексу, що стане платформою для вивчення механізмів співпраці громад та бізнесу з метою реалізації спільних ініціатив, зокрема у сфері розвитку солепромислу в регіоні. Концепція парку включає всебічне використання наявних мінерально-сировинних ресурсів, застосування альтернативної енергетики, принципів циркулярної економіки та збереження культурно-історичної спадщини краю. На початковому етапі пропонується створити дослідну установку для добування харчової солі з розсолів соляних криниць із залученням відновлюваних джерел енергії. Наші науковці вже розробили модель та креслення геліоаеробаричної установки, яку можна використати для випробувань. До складу інноваційного парку також може входити профілактично-оздоровчий центр на основі використання сольових розчинів і покладів озокериту. Зокрема, Старуня, яка є унікальним геологічним об'єктом без аналогів у Європі, привертає увагу вітчизняних і зарубіжних дослідників. У зв'язку з цим пропонується створення інтерактивного історико-культурного музею палеонтологічних знахідок льодовикового періоду з висвітленням феномену грязьового вулкана, якому немає аналогів у світі.

Реалізація проєкту TERRA-парку сприятиме розвитку інфраструктури та покращенню соціально-економічної ситуації в регіоні.

Висновки. Інноваційні парки, створення яких є одним з ключових трендів у розвитку міжнародної економіки, націлені на розвиток регіональної промисловості, заміщення імпорту національним продуктом та залучення інвестицій. Запропоновані проєкти комплексних інноваційних парків на основі мінерально-сировинного потенціалу передбачають створення нових робочих місць, розвиток місцевої інфраструктури та партнерство з науково-дослідними, освітніми установами для впровадження інноваційних технологічних рішень, тому можуть стати каталізаторами наукомісткого сектору промисловості регіону.

Список використаних джерел:

1. Харлан О.І., Салюк О.Ю., Голуб В.О. Інноваційні парки: світовий досвід та Україна / Sciences of Europe. - № 71, (2021). - С.55-58.
2. Кваша Т.К. Науково-технологічні парки: теоретичні та практичні аспекти створення та міжнародний досвід розвитку / Science, technologies, innovations.- 2017, - № 4.- С.10-21.
3. Горностай Н.І., Михальченкова О.Є. Світовий досвід розвитку індустріальних парків та їхні переваги для розвитку економіки України /Наука, технології, інновації.- 2022.- № 4. - С.45-51.
4. Про індустріальні парки [Електронний ресурс]: Закон України від 21 черв. 2012 р. № 5018 -VI. — Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5018-17>.
5. Старуня: Парк Льодовикового періоду : монографія / [Олег Адаменко та ін.]; за ред. д-ра техн. наук, проф., акад. НАНУ Євстахія Крижанівського; Івано-Франків. нац. техн. ун-т нафти і газу. - Івано-Франківськ: Голіней О. М., 2017. – 210 с.

УДК 556.3:504.61:622.016

АРХІТЕКТУРА ІОТ-МОНІТОРИНГУ ХВОСТОСХОВИЩ КАЛІЙНИХ ВИРОБНИЦТВ

Бабаджанова Ольга, к.т.н.*; Кучера Роман**,
Гулько Олександр**

**Львівський державний університет безпеки
життєдіяльності, м. Львів, Україна*

***Національний університет «Львівська політехніка», м.
Львів, Україна*

Summary. *The possibility and priority of using the Internet of Things, especially its implementation in the system of monitoring surface waters in the area of tailing ponds, are considered. The expediency of developing an integrated system for interactive monitoring of surface waters and the state of tailing ponds using IoT technologies is substantiated, which will significantly improve the real-time monitoring system.*

Keywords: *tailing dump, interactive system, brines, monitoring system, IoT, water quality.*

Постановка проблеми. Хвостосховища калійних виробництв Прикарпаття становлять значну екологічну небезпеку через ризик прориву дамб та потрапляння концентрованих розсолів у річку Дністер. Крім цього, це призводить до постійного засолення навколишніх земель, проникнення солей у підземні горизонти та малі річки, звідки здійснюється водозабір питної води.

Хвостосховища завдають серйозної шкоди не тільки екосистемі Прикарпаття, але й іншим областям України та навіть сусіднім країнам.

Існуючі заходи з підтримки технічного стану та безпеки хвостосховищ є тимчасовими та неефективними. Вони потребують значних щорічних фінансових витрат, але не вирішують проблему, а лише відтермінують її. Кількість шкідливих розчинів солей з кожним роком збільшується через накопичення атмосферних опадів у хвостосховищах.

Тому, актуальним завданням є розроблення та впровадження комплексного підходу вирішення проблеми хвостосховищ, який включатиме:

- модернізацію існуючих дамб хвостосховищ для забезпечення їх довгострокової безпеки та запобігання проривам.

- очищення та рекультивацію забруднених земель для відновлення їх екологічного балансу.

- розробку та впровадження нових технологій для переробки та утилізації шкідливих речовин, що містяться у розсолах.

- покращення системи моніторингу стану хвостосховищ для своєчасного виявлення та попередження аварійних ситуацій.

Тільки комплексний та системний підхід дозволить мінімізувати екологічну шкоду від хвостосховищ калійних виробництв і забезпечити безпеку для населення та довкілля.

Основні матеріали дослідження. Інтернет речей (IoT) є однією з ключових технологій, що значно розширює та спрощує взаємодію людей з технологіями та навколишнім світом.

Особливу увагу в контексті IoT заслуговують системи моніторингу стану навколишнього середовища в реальному часі. Такі системи відіграють важливу роль у контролі та прогнозуванні стану довкілля, попередженні небезпечних ситуацій та реагуванні на них. Вони також допомагають в оптимізації ресурсів, заощадженні енергії та підвищенні

продуктивності. Завдяки IoT є можливість отримувати деталізовані дані про стан навколишнього середовища, що підвищує здатність впливати на його якість та стабільність.

Переваги використання IoT для моніторингу довкілля:

- збір даних у реальному часі: IoT-пристрої можуть збирати дані про стан довкілля безперервно та передавати їх в систему для аналізу.
- деталізована інформація: датчики IoT можуть збирати різноманітні дані, такі як температура, вологість, рівень забруднення повітря та води, що дозволяє отримати повну картину стану довкілля.

Автоматизований моніторинг:

- IoT-системи можуть автоматично відстежувати зміни в стані довкілля та сповіщати про небезпечні ситуації.

Прогнозування:

- за допомогою аналізу даних, зібраних IoT-пристроями, можна прогнозувати зміни в стані довкілля та запобігати негативним наслідкам.

Оптимізація ресурсів:

- IoT-системи можуть допомогти в оптимізації використання ресурсів, таких як вода та енергія, завдяки точному моніторингу та управлінню.

Використання IoT для моніторингу стану навколишнього середовища є важливим кроком на шляху до створення більш екологічно чистого та сталого розвитку суспільства.

Для ефективного контролю хвостосховищ потрібно побудувати багаторівневу систему IoT-моніторингу, яка включатиме:

- розподілену мережу датчиків для збору даних;
- канали передачі даних у реальному часі;
- хмарну платформу для обробки інформації;

- інтерфейси для взаємодії з екологічними службами та місцевою владою.

Таблиця 1

Типи датчиків і параметри, що вимірюються для моніторингу хвостосховищ

Тип датчика	Вимірювальний параметр	Контроль
Ультразвукові глибиноміри	Рівень розсолів у хвостосховищах	Контроль затоплення та прогноз прориву
Геодатчики руху ґрунтів	Деформація дамб	Попередження просідання дамб та можливих зсувів ґрунту
Сейсмічні датчики	Коливання ґрунту	Контроль стабільності хвостосховища
Датчики хлоридів та сульфатів	Вміст розчинених солей	Контроль хімічного складу розсолів
Датчики електропровідності розсолів	Вміст солей калію і натрію	Контроль концентрації забруднень
рН-метри	Кислотність	Виявлення хімічних викидів
Камери з AI-аналітикою	Візуальний контроль	Виявлення просідання ґрунту або проривів дамб

Архітектура моніторингу складатиметься з чотирьох основних рівнів:

1. Рівень збору даних (датчики та сенсори) наступних локацій:

- дна та перерізу хвостосховища для вимірювання хімічного складу розсолу;
- дамби та її берегу для виявлення просідання ґрунтів, витоку розсолів;
- водойм біля хвостосховища для контролю якості води на випадок витоку.

2. Рівень передачі даних (IoT-зв'язок)

Система працюватиме за принципом багаторівневої передачі:

- датчики LoRaWAN збирають інформацію та передають її на локальні IoT-станції;
- IoT-станції передають дані через GSM або Wi-Fi на хмарний сервер;
- автоматичне активування супутникового сповіщення у разі надзвичайної ситуації.

3. Рівень обробки та збереження даних у хмарній системі та AI-аналітика (*Artificial Intelligence*).

Обробка даних у реальному часі включатиме:

- збір інформації з IoT-датчиків на сервері (AWS, Microsoft Azure, Google Cloud);
- використання штучного інтелекту – прогнозування небезпечних ситуацій (нейромережі аналізують зміни рівня води та стан дамб);
- візуалізацію даних – дашборди, аналітичні графіки для спрощеного аналізу стану водойми.

Функціонал хмарного сервісу:

- візуальна мапа хвостосховища з поточними показами датчиків;
- графіки змін рівня води, рН, концентрації солей у розсолах;
- автоматичні тривожні повідомлення у разі критичних змін;

- прогнозування ризиків через AI-моделі.

4. Рівень взаємодії з стейкхолдерами (екологічні служби, місцева влада, громадськість).

Переваги користувачів IoT-системи моніторингу хвостосховищ:

- екологічні організації отримують доступ до аналітики для розробки рішень;
- місцева влада автоматично отримує сповіщення про загрози.
- громадськість може переглядати загальну екологічну ситуацію через відкритий API (інтерфейс прикладного програмування) або веб-платформу.

Висновки. Розробка автоматизованої системи контролю стану хвостосховищ з використанням пристроїв Інтернету речей (IoT) дозволить удосконалити систему моніторингу хвостосховищ в режимі реального часу.

Впровадження IoT-моніторингу хвостосховищ – це стратегічний крок до запобігання екологічним катастрофам.

Головні переваги:

- постійний контроль за рівнем води та станом дамб;
- автоматичне виявлення забруднень і хімічного складу;
- прогнозування потенційних загроз через аналіз даних;
- зниження ризику екологічної катастрофи для р. Дністер.

Список використаних джерел:

1. S. S. Siddula, P. Babu and P. C. Jain, "Water Level Monitoring and Management of Dams using IoT," 2018 3rd International Conference On Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU), Bhimtal, India, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/IoT-SIU.2018.8519843
2. Arduino Cookbook: Recipes to Begin, Expand, and Enhance Your Projects 3rd Edition. by Michael Margolis, Brian Jepson, Nicholas Robert Weldin. O'Reilly Media; 3rd edition (June 9, 2020). 798

УДК 58.084: 631.811.1 631.811.3

ЗНАЧЕННЯ КАЛІЙНО-МАГНІЄВИХ ДОБРИВ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН У ВІДКРИТОМУ ТА ЗАКРИТОМУ ҐРУНТІ

Держко Ольга, наук. співробітник, Хацевич Ольга, к.т.н.
Державна установа «Державний науково-дослідний та проектний інститут основної хімії, м. Калуш, Україна

Summary. Potassium-magnesium fertilizers are an integral part of modern agricultural technology. Their proper use allows for achieving high yields with excellent quality indicators in both open and protected soil. Optimizing fertilizer application contributes to the preservation of soil fertility and ensures the sustainable development of agriculture. Taking into account soil specifics, climatic conditions, and crop requirements allows for the most effective use of the potential of potassium-magnesium fertilizers to achieve high results in agricultural production.

Keywords: fertilizers, potassium chloride, potassium magnesium, soil fertility, fertilizer absorption, yield, productivity.

Постановка проблеми. Внесення мінеральних добрив сприяє підвищенню урожайності сільськогосподарської продукції на 50–60%. Серед величезного вибору простих, змішаних та комплексних добрив, які постійно оновлюються, калійні відіграють важливу роль. Попит на них у світі щорічно зростає на 2%, особливо на сульфатну форму [1]. В Україні на даний час критична ситуація з використанням калійних добрив, останнім часом у ґрунті надходить менше 1% калію від потреби, що виноситься з урожаєм та призводить до виснаження і деградації ґрунту. Урожай

сільськогосподарської продукції виносить із ґрунту більше поживних речовин, ніж встигає поповнюватися добривами.

Калій і магній є важливими елементами мінерального живлення рослин. Вони відіграють ключову роль у забезпеченні нормального росту, розвитку, стійкості до стресових умов та формуванні якісного врожаю. Калійно-магнієві добрива широко застосовуються у відкритому і закритому ґрунті для покращення фізіологічного стану рослин, оптимізації їхнього метаболізму.

Основні функції калію та магнію у живленні рослин:

- ✓ калій регулює водний баланс, активізує ферментативні процеси, підвищує стійкість до посухи, захворювань та шкідників;
- ✓ магній входить до складу хлорофілу та бере участь у фотосинтезі, синтезі білків, енергетичному обміні;
- ✓ дефіцит калію і магнію призводить до зниження врожайності, погіршення якості продукції, підвищення чутливості рослин до несприятливих факторів.

Вплив калійно-магнієвих добрив на культури у відкритому ґрунті сприяє:

- ✓ покращенню розвитку кореневої системи і ефективному засвоєнню вологи та поживних речовин;
- ✓ збільшенню стійкості до температурних коливань і зниженню ризиків ураження грибовими захворюваннями;
- ✓ підвищенню вмісту вуглеводів та полісахаридів у плодових і овочевих культурах.

Основні матеріали дослідження. Значення калійно-магнієвих добрив у закритому ґрунті (теплицях, парниках), баланс калію і магнію особливо важливий через обмежений об'єм ґрунту та швидке виснаження запасів елементів живлення. Використання водорозчинних і комплексних форм добрив дозволяє ефективно контролювати рівень поживних речовин. Внесені у ґрунт добрива покращують його

структуру та підтримують оптимальний рівень рН, що позитивно впливає на ріст і розвиток рослинних культур. Часто рекомендується поєднання мінеральних добрив з органічними для підсилення позитивного ефекту.

Дослідження пливу калійних добрив сульфатного і хлоридного типу на вирощування гібридів огірків в умовах закритого ґрунту (теплицях) здійснювали із використанням різних сортів. Розсаду огірків для дослідження вирощували у поліетиленових касетах. Насіння вносили у шар готового ґрунту (торфосуміш), глибина посадки 1,5-2 см. Інкубаційний період від посіву до появи справжніх сходів для розсади складав 4-5 днів. Через 15-17 днів розсаду огірків висаджували в теплиці, де попередньо було внесене калійно-магнієве добриво. Продуктивність різних сортів гібридів огірків визначали за період вегетації. Результати розрахунків урожайності за оціненими показниками (підживлення, полив, температура) у проведених дослідженнях підтверджують, що врожайність огірків безпосередньо залежить від правильного вибору умов вирощування, насіння та суміші для підживлення. Розрахунок продуктивності гібридів огірка в умовах закритого ґрунту підтвердив, що найменшу врожайність мав контрольний варіант (Амур F1) – 24 кг/м². При цьому мінімальний збір плодів спостерігався на початку та в кінці виробничого періоду. У гібрида Кібрія F1 зафіксовано найвищий показник продуктивності - 45,5 кг/м² плодів високої якості. У період вегетації урожайність збільшується під впливом підживлення калійним добривом. Майже однаково розвивалися гібриди Пасалімо F1 та Еколь F1, загальна врожайність яких становила 41,4 та 40,3 кг/м² відповідно. Гібрид Пасамонте F1 характеризувався порівняно низькою продуктивністю. Отже, дослідження авторів [5] підтвердили наші спостереження, що найкраще в умовах закритого ґрунту вирощувати гібрид огірка Кібрія F1, який

характеризується високою врожайністю та якістю плодів. За наведеними розрахунками з 1 м² корисної площі теплиці можна одержати прибуток до 1400 грн. (див. табл. 1), що перевищує витрати на висаджування рослинних культур.

Таблиця 1

Економічна ефективність досліджень щодо вирощування огірків у теплицях

Назва гібриду	Урожайність, кг/м ²	Вартість урожаю, грн.	Затрати на одержання урожаю, грн.	Умовно чистий прибуток, грн.	Окупність, раз	Рентабельність, %
Амур F1	24,0	1200	700	500	1,71	42
Пасалімо F1	41,4	2070	//-//-//	1370	2,96	66
ПасамонтеF1	36,7	1835	//-//-//	1135	2,62	62
Кібрія F1	42,0	2100	//-//-//	1400	3,0	67
Еколь F1	40,3	2015	//-//-//	1315	2,88	65

Розрахунок економічної ефективності сучасних гібридів огірків, підтверджує, що додаткову вигоду можна отримати за рахунок зниження собівартості продукції за показниками продуктивності рослин та стійкості до шкідників і хвороб. Також, при вирощуванні високоврожайних гібридів огірків (Кібрія, Еколь, Пасалімо) економічна ефективність підвищується за врожайністю плодів, що залежить від способу та якості підживлення. Зокрема, застосування калійно-магнієвих добрив сульфатного типу впливає на швидкість формування листків, зав'язі плодів

та якість і зберігання урожаю огірків, що теж має позитивний вплив на економічну ефективність.

Висновки. Калійно-магнієві добрива є одним з важливих факторів підвищення продуктивності сільськогосподарських культур у відкритому та закритому ґрунті. Оптимальне їх застосування сприяє покращенню якісних показників урожаю, підвищенню стійкості рослин до стресів та ефективному використанню інших цінних компонентів. Результати досліджень підтверджують, що вирощування високоврожайних гібридних огірків має економічні переваги та залежить від загальної врожайності протягом періоду вегетації, способу обробки, якості і кількості добрив для підживлення.

Список використаних джерел:

1. Чорний С.Г. Основи агрономічної хімії: навчальний посібник / С.Г. Чорний. – Миколаїв: МНАУ, 2020. – 284 с. ISBN 978-617-7149-49-0.
2. FAO. World fertilizer trends and outlook to 2022. Rome., 2019 <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/legalcode>)
3. Deepak Sharma, Shobha Malviya, Subhajeet Sarkar / SOIL FERTILITY AND PLANT NUTRITION January 2025 Publisher: National Press Associates.
4. Miller A. The Role of Potassium and Magnesium in Crop Production / Agricultural Science Journal, 2020.
5. Ясінський Є.В. Господарська оцінка гібридів огірка в умовах захищеного ґрунту: НКР ОР «Магістр», спеціальність 210 «Агрономія»; ДВНЗ «Поліський національний університет». – Житомир, 2022.- 93 с.

УДК 631.811:631.559:635.21

ВПЛИВ КАЛІЙНИХ ДОБРИВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ КАРТОПЛІ

Карбівська Уляна, д.с.-г.н.; Григорів Ярослава, к.с.-г.н.
*Прикарпатський національний університет імені Василя
Стефаника, м. Івано-Франківськ, Україна*

Summary: *the results of research conducted at the farm "ZHYVA ZEMLYA" are presented. It has been established that the application of potassium fertilizers improves the quality of tubers, specifically increasing the dry matter content and reducing the level of damage.*

Keywords: *potato, potassium fertilizers, yield, quality.*

Постановка проблеми. Картопля є культурою з високими потребами до поживних речовин. Незалежно від ґрунтово-кліматичних умов і зони вирощування, застосування добрив є необхідною передумовою для отримання високого та якісного врожаю. Ефективність добрив у процесах росту й розвитку рослин визначається як сортовими особливостями, так і рівнем забезпечення поживними речовинами, який суттєво впливає на насіннєві якості, харчову придатність і товарні властивості бульб [1, 2, 5].

Науковцями доведено, що для повноцінного росту й розвитку картопля потребує значно більше поживних речовин, ніж льон і зернові культури, але менше, ніж кормові коренеплоди та цукрові буряки. Так, визначено, що при формуванні врожаю 100 ц/га разом із відповідною масою бадилля картопля виносить із ґрунту приблизно 40–60 кг азоту, 15–20 кг фосфору (P_2O_5), 60–80 кг калію (K_2O) та близько 18 кг магнію. У середньому, одна тонна бульб

містить орієнтовно 4 кг азоту, 2 кг фосфору (P_2O_5) і 6 кг калію (K_2O) [3, 4].

Основні матеріали дослідження. Дослідження проводили у фермерському господарстві «ЖИВА ЗЕМЛЯ» у межах короткоротаційної сівозміни 2024 року на площі 80 га. Ґрунти дослідної ділянки належать до темно-сірих опідзолених важкосуглинкових за механічним складом. Основні агрохімічні показники ґрунту: кислотність рН – 4,9; вміст гумусу в шарі 0–20 см (за методом Тюріна) – 2,8 %; вміст основних елементів живлення: азот – 87 мг/кг, рухомий фосфор (за методом Чирикова) – 84 мг/кг, обмінний калій (за методом Чирикова) – 108 мг/кг.

Технологія вирощування картоплі відповідала загальноприйнятим рекомендаціям для Передкарпатської зони. Попередником культури була пшениця. У дослідженні використовували такі сорти картоплі: ранньостиглий – Тирас, середньоранній – Житниця та середньостиглий – Княгиня. Досліди проводили за такою схемою: 1. Контроль (без внесення добрив); 2. $(KNO_3)_{120}$; 3. KCl_{120} ; 4. K_2O_{120} ; 5. $(K_2SO_4 \cdot MgSO_4)_{120}$. Мінеральні добрива вносили у формі калієвої селітри (38% K і 13% N), калійну сіль (40% K), хлористий калій (60% KCl) та калімагnezії (28% K_2O) відповідно до визначеної схеми.

Результати досліджень засвідчили, що найвищу урожайність товарних бульб картоплі забезпечив сорт Житниця за умови внесення калієвої селітри у дозі $(KNO_3)_{120}$ – 24,1 т/га. На ділянках, де добрива вносили калійну сіль, хлористий калій та калімагnezії при дозі K_{120} урожайність була подібною – 23,9 та 24,0 т/га відповідно. У контрольному варіанті, без застосування добрив, цей показник становив 19,4 т/га.

Висновки. Встановлено, що використання калійних добрив позитивно вплинуло на якісні показники картоплі.

Калій відіграє важливу роль у синтезі сухої речовини в бульбах. Використання калійної солі сприяє формуванню більшої кількості сухої речовини, порівняно з хлористим калієм. Окрім цього, калій впливає на ступінь пошкодження бульб – внесення до 150 кг/га K_2O сприяє зниженню рівня пошкоджень. Водночас при застосуванні калімагnezії рівень ураження бульб дещо вищий, ніж при використанні хлористого калію. Калімагnezія як джерело калію позитивно впливає на формування більшої кількості бульб і підвищення вмісту сухої речовини в них. Також калій впливає на вміст органічних аніонів у бульбах, зокрема лимонної та аскорбінової кислот (вітаміну С), які спричиняють потемніння картоплі під час приготування.

Для отримання врожайності картоплі за вирощування на темно-сірому ґрунті в умовах Передкарпаття в межах 23,9–24,1 т/га з високою якістю бульб рекомендується використовувати калімагnezію в дозі 120 кг/га. Крім того, використання калійних добрив знижує рівень пошкоджень бульб.

Список використаних джерел:

1. Бондарчук А. А. Перспективи розвитку картоплярства в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 4. С. 21–23.
2. Абдурагімова Т. В. Вплив попередників та різних систем удобрення на урожайність картоплі в короткоротаційних сівоzmінах Полісся України. *Картоплярство: міжвід. темат. наук. зб.* 2011. Вип. 40. С. 176–184.
3. Вишневська О. Л. Вплив добрив на підвищення врожайності сучасних сортів картоплі в умовах Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 11. С. 22–25.
4. Власенко М. Ю., Києнко З. Б., Петренко С. Д. Шляхи підвищення ефективності невисоких норм мінеральних добрив. *Картоплярство України*. 2007. № 3/4 (8/9). С. 38–45.

5. Карбівська У.М., Дмитрик П.М., Клід В.В., Турак О.Д., Карбівська А.В. Вплив удобрення на продуктивність різних сортів бульб картоплі в умовах Передкарпаття. *Український журнал природничих наук*. №11. С.136 – 142. DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.11.2025.14>

УДК 631.811.416.2

ЕФЕКТИВНІСТЬ КАЛІЙНИХ ДОБРИВ ЗА РІЗНИХ ПОГОДНО-КЛІМАТИЧНИХ СЦЕНАРІЇВ ТА СИСТЕМ УДОБРЕННЯ

Мірошниченко Микола, д.б.н.; Гладкіх Євгенія, к.с.-г.н.
Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», м. Харків, Україна

Summary: the dynamics of available potassium and changes in the N:K ratio in soil in years with different amounts of precipitation, changes in yield of crops rotation depending on different potassium fertilization systems and different amounts of precipitation were studied.

Keywords: available potassium content, N:K ratio, Chernozem, fertilizers, climate change.

Постановка проблеми. Калій є важливим функціональним елементом, що позитивно впливає на процеси трансформації сполук у рослині та їх переміщення. Умовою ефективної дії калійних добрив є достатнє вологозабезпечення та створення оптимального мінерального фону за іншими елементами живлення. Через це ефективність калійних добрив в Україні знижується від більш вологих західних регіонів до більш сухих східних та південно-східних

областей та різко падає за нестачі в ґрунті доступних рослинам сполук азоту і фосфору. Дефіцит вологи, який ми спостерігаємо впродовж вегетаційного періоду в останні роки унаслідок змін клімату, також призводить до зменшення надходження цього елемента живлення до рослин навіть на ґрунтах із дуже високим вмістом калію.

Підвищення ефективності споживання рослинами елементів живлення досягається за рахунок оптимізації їхнього співвідношення у ґрунті і добривах, що забезпечує збереження навколишнього середовища та покращення показників врожайності сільськогосподарських культур та якості рослинної продукції. Із початком війни через дефіцит ресурсів, зокрема мінеральних добрив, питання оптимізації живлення сільськогосподарських культур значно загострилося, насамперед унаслідок перекосу на користь азоту, адже азотні добрива застосовуються у першу чергу як такі, що забезпечують найвищу окупність. Разом з тим, існує критична межа дисбалансу між азотом і калієм, поза якою господар вже не отримує очікуваного прибутку від азотних добрив.

З огляду на вищенаведене, нами досліджено динаміку вмісту калію у чорноземі типовому залежно від зміни погодних умов (зокрема, опадів) та часову мінливість співвідношення N:K, а також вплив різних систем удобрення калію на продуктивність окремих польових культур.

Основні матеріали дослідження. Дослідження проводили в умовах багаторічного стаціонарного досліді, закладеного у 1969 році в умовах ДП «ДГ «Граківське» ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» (Харківська область, Харківський район). У 1969-89 роках високий калійний (K) фон створювали внесенням калійних добрив у загальній дозі 1800 кг/га (тричі по 600 кг/га) у шестипільній сівозміні: горох-овес на зелений корм, озима пшениця, цукрові буряки,

ячмінь, кукурудза на силос, озима пшениця. У подальшому мінеральні добрива на цьому фоні вносили систематично відповідно до потреб посівів: $N_{60}P_{60}K_{60}$ (одинарна доза) або $N_{120}P_{120}K_{120}$ (подвійна доза) під пшеницю; $N_{90}P_{90}K_{90}$ або $N_{180}P_{180}K_{180}$ відповідно під цукрові буряки та кукурудзу на силос.

Зразки ґрунту відбирали з шару 0-20 см у трьох повтореннях для вимірювання вмісту мінерального азоту і рухомих форм калію. Кожна змішана проба складається з 6 окремих проб об'ємом 1 дм³. Рухомі форми калію визначали за методом Чирикова; нітратний азот фотометрично з дисульфогеноловою кислотою; амонійний азот фотометрично з реактивом Несслера. Усі дані були проаналізовані за допомогою STATISTICA 13.5.0.17.

Відомо, що вплив клімату на калійне живлення рослин є як прямим, так і опосередкованим через зміну властивостей ґрунту. Наші результати у довгостроковому польовому досліді доводять тісний зв'язок ($r=0.54$) між вмістом доступного калію в ґрунті та динамікою опадів, тоді як зниження вологості призводить до зниження концентрації калію. Ймовірно, це пов'язано з біологічними та геохімічними процесами, такими як фіксація, вивільнення та вивітрювання, що спричиняє зміни концентрації калію в ґрунті. Відповідно до регресійного аналізу даних, збільшення річної кількості опадів на кожні 50 мм призвело до підвищення вмісту доступного калію у ґрунті на 3,8 мг K_2O /кг.

Статистичний аналіз результатів польових дослідів також показав значну зміну співвідношення N:K ґрунту з часом. Від 1970 до 1989 року, коли для формування агрохімічного фону тричі вносили дуже високі дози добрив, середнє співвідношення N:K становило 0,35-0,40. Це свідчить про можливість цілеспрямованого встановлення певного співвідношення цих елементів живлення у ґрунті шляхом систематичного внесення

добрив. Від 1989 року співвідношення N:K у ґрунтах значно знизилося (0,17-0,27), головним чином через більші втрати мінерального азоту порівняно з калієм.

Поряд з цим, дані багаторічного досліджу свідчать про позитивну реакцію посівів на внесення калійних добрив. У середньому за період 1971-2017 рр. урожайність зернових культур (ячмінь і пшениця) на фоні високого калійного фону була вищою за неудобрений варіант, але не перевищувала 4,5 т/га. При цьому, високий калійний фон (1800 кг/га) суттєво підвищував урожайність культур на початку досліджу, але цей позитивний ефект з часом зникав за відсутності щорічного внесення добрив. Систематичне застосування одинарних і подвійних доз мінеральних добрив (у тому числі калійних) сприяло підвищенню врожайності сівозміни до 5,5-6,5 т/га в кормових одиницях пропорційно збільшенню дози.

Отже, калій є важливим елементом живлення особливо в умовах стресових посух, проте від 2017 року інформація про постачання калійних добрив вітчизняними виробниками відсутня, тому всі потреби забезпечуються за рахунок імпорту. Звідси актуалізується питання використання запасів власної калійної сировини. За останні роки науковцями ДУ «НІОХІМ» розроблено нову технологію перероблення полімінеральної калійної сировини Прикарпаття. В умовах ДП «ДГ «Граківське» ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» проведено визначення ефективності експериментальних зразків калійно-магнієвого добрива (калімагнезії) виробництва ДУ «НІОХІМ». Ефективність калімагнезії вивчали у 2024 році у посівах кукурудзи на зерно на фоні двох рівнів азотного живлення: 60 кг N/га і 120 кг N/га із сталою дозою фосфору (60 кг/га), на кожному з яких вносили зростаючі дози калію: 0 (без добрив), 30, 60 та 90 кг/га.

Рівень врожайності зерна кукурудзи у аномальний за погодними умовами вегетаційний період досліджень загалом був

нижчий за середні показники урожаю для цієї культури, проте оптимізація співвідношення макроелементів живлення у системі удобрення кукурудзи позитивно вплинула на її урожайність. Зазначимо, що додавання до складу добрив калію у дозі 30 кг/га істотно не підвищувало урожай зерна кукурудзи за обох досліджуваних азотних рівнів. Максимальні урожаї (6,4-6,7 т/га) отримано за внесення калію у дозі 60 та 90 кг/га, різниця між цими варіантами була в межах НІР, отже це дає підстави вважати оптимальною дозою саме 60 кг К /га на обох азотних рівнях удобрення (60 і 120 N кг/га). Збільшення рівня азотного живлення удвічі – від 60 кг/га до 120 кг/га практично не відобразилося на рівні урожайності зерна кукурудзи. Це на нашу думку обумовлено дуже посушливими умовами росту та розвитку кукурудзи. Адже відомим фактом, який доведено низкою досліджень раніше, є те, що за низьких запасів продуктивної вологи ґрунту відбувається зменшення ролі азотних добрив у покращенні мінерального живлення рослин

Висновки. За багаторічними даними, систематичність внесення калійних добрив позитивно впливають на доступність калію в ґрунті та врожайність культур польової сівозміни на чорноземах Лівобережного Лісостепу України, а співвідношення між мінеральним азотом та рухомих калієм у орному шарі залежала від умов зволоження та значно змінювався із часом від 0,35-0,40 до 0,17-0,27. За аномально посушливих погодних умов 2024 року, найбільша врожайність отримана за збалансованого внесення азоту і калію, а збільшення рівня азотного живлення вдвічі виявилось неефективним.

УДК 631.83:631.452

ЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ РУХОМИМИ СПОЛУКАМИ КАЛІЮ ЗАЛЕЖНО ВІД ІНТЕНСИВНОСТІ УДОБРЕННЯ

Ревтьє-Уварова Аліна, к. с.-г.н.; Ніконенко Вячеслав, к. с.-г.н.
*ІНЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О. Н. Соколовського», м. Харків, Україна*

Summary: *long-term use of potash fertilizers and manure application ensures the formation of a very high level of potassium supply in chernozem typical.*

Keywords: *available potassium, chernozem typical, fertilizer system, fertilization intensity, long-term fertilization.*

Постановка проблеми. Калій для рослин є виключно функціональним елементом, який бере участь в основних фізіологічних процесах [1]. Забезпеченість рослин калієм визначається за вмістом його рухомих сполук (K_2O) в ґрунті, який генетично обумовлений мінералогічним складом ґрунтотвірних порід та характеризується певним рівнем природної динамічної рівноваги [2]. Фактично єдиним чинником регулювання вмісту K_2O в ґрунті є внесення калієвмісних добрив [2].

Основні матеріали дослідження. Дослідження проведені в довготривалому польовому досліді «Агроекологічний моніторинг», який закладений у 1990 р. на чорноземі типовому важкосуглинковому Лівобережного Лісостепу України. Мінеральна система удобрення сільськогосподарських культур передбачала систематичне (щорічне) внесення мінеральних добрив в одинарній (111) та подвійній (222) нормі.

З 111 сумарна кількість діючої речовини калію становила (з 1990) до 2001 включно – K_{465} , до 2018 – K_{1170} , до 2020 – K_{1260} ; з 222 – до 2001 – K_{930} , до 2018 – K_{2340} , до 2020 – K_{2520} . Сумарне внесення органічних добрив (гній ВРХ) з 1990 р.: до 2001 р. становить 100 т/га, до 2018 – 230 т/га, до 2020 – 270 т/га. Органо-мінеральна система удобрення передбачає відповідне поєднання калійних добрив та гною.

За екстенсивного землекористування (до 1990 р.) чорнозем типовий характеризувався середньою забезпеченістю K_2O (за методом Чирикова згідно з ДСТУ 4362). На фоні певного варіювання даних по роках, істотне збільшення вмісту K_2O фіксується після 28-річного сумарного внесення K_{1170} та 230 т/га гною (рис. 1).



Рис. 1. Динаміка вмісту K_2O залежно від інтенсивності та тривалості удобрення.

Висновки. Систематичне тривале застосування калійних добрив обумовлює підвищення рівня забезпеченості чорнозему типового K_2O від середнього до дуже високого в ряду мінеральна

— органічна — органо-мінеральна системи удобрення. За короткотривалого внесення калійних добрив істотне зростання вмісту K_2O малоїмовірне.

Список використаних джерел:

1. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Нікітіна О. В. Агрохімія калію. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2021. 264 с.

УДК 631.83:631.452

ДИНАМІКА БАЛАНСУ КАЛІЮ В ҐРУНТАХ РІЛЛІ УКРАЇНИ

Ревтьє-Уварова Аліна, к. с.-г.н.; Сліденко Оксана
*ІНЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О. Н. Соколовського», м. Харків, Україна*

Summary: *it was established that a deficiency potassium balance was formed in the arable soils of Ukraine, which ranged from 11.2 in 2022 to 43.2 kg/ha in 2018.*

Keywords: *potassium balance, arable soils, potash fertilizers, crop yields, potassium deficiency.*

Постановка проблеми. Поширеним індикатором контролювання накопичення елементів живлення в ґрунті та агроекологічним показником ефективності застосування добрив є баланс елементу живлення, розрахунки якого охоплюють всі основні потоки між сільським господарством і довкіллям [1]. При цьому, домінуючою статтею надходження є внесення добрив, домінуючою статтею вилучення – винос врожаєм сільськогосподарської культури, різниця між якими

дає змогу визначити залишкову/ надлишкову кількість елементів живлення добрив у ґрунті після збирання врожаю.

Основні матеріали дослідження. Наведено статистичні дані та власні розрахунки балансу калію в ґрунтах України за період 2018–2022 рр.

В довоєнний період внесення мінеральних добрив в Україні мало тенденцію до зростання і сягало максимуму 142 кг NPK/га посівної площі у 2021 році, тоді як в 2022 р. – 126 кг NPK/га. При цьому, частка калійних добрив в їх структурі у середньому становила 14,7 %, що відповідає 19,1 кг К/га. Зазначимо, що в 2023 р. внесені 107 кг NPK/га, з яких лише 14,5 кг К/га.

Дефіцит балансу калію в ґрунтах (табл. 1) коливався від 11,2 до 43,2 кг/га. Такі істотні відміни пов'язані як із кількістю внесених калієвмісних добрив, так і рівнем врожайності сільськогосподарських культур, яка визначає обсяги виносу калію з ґрунту. Так, у 2022 р. дефіцит балансу калію ≥ 20 кг/га зафіксовано в ґрунтах Закарпатської (–31,7 кг/га), Івано-Франківської (–21,2 кг/га), Луганської (–22,5 кг/га), Львівської (–31,0 кг/га), Полтавської (–21,7 кг/га) та Чернівецької (–27,6 кг/га) областях. В розрізі сільськогосподарських культур, найбільший дефіцит виявлено після картоплі (–72,2 кг/га) та овочевих культур (–42,6 кг/га), тоді як після буряку цукрового відмічається профіцит 1,9 кг/га, проте його площа займає лише 183,8 тис. га, що становить 0,9 % від загальної площі ріллі.

Таблиця 1

Баланс калію в ґрунтах ріллі України

Рік	Площа ріллі, тис. га	Калій, кг діючої речовини (К)/га		
		надходження	вилучення	баланс
2018	31350,5	11,45	54,68	–43,2
2019	27047,4	11,60	54,62	–43,0
2020	28029,0	17,68	32,91	–15,2
2021	26069,0	17,62	32,78	–15,2
2022	21486,9	18,78	29,95	–11,2

Висновки. За наявних обсягів внесення калійних добрив та рівня врожайності сільськогосподарських культур в ґрунтах ріллі України формується дефіцитний баланс калію, поліпшення якого можливе за рахунок розвитку вітчизняного виробництва калійних добрив.

Список використаних джерел:

1. Soil monitoring in Europe – Indicators and thresholds for soil health assessments : Report № 08/2022. *European Environment Agency*. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/soil-monitoring-in-europe>

УДК 631.811.416.2

ЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ ОРНИХ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ КАЛІЄМ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОБРИВ

Христенко Анатолій, к. с.-г. н.; Волошенюк Олеся, к. с.-г. н.

*ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О. Н. Соколовського», м. Харків, Україна*

Summary. *An expert evaluation of the current potassium status of Ukraine's arable soils has been conducted. The agronomic efficiency of potassium fertilizer application across the country's major soil types has been substantiated.*

Keywords: *soils, potassium, potash fertilizers, granulometric composition, fertilizer efficiency, agricultural crops.*

Постановка проблеми. Як відомо, застосування калійних добрив не тільки суттєво підвищує врожай сільськогосподарських культур, а й покращує якість продукції. Проте рівень застосування калійних добрив у землеробстві країни останні роки дуже низький і складає всього 11-17 кг $K_2O/га$, внесених переважно у складі комплексних добрив.

Серед негативних наслідків війни в Україні, що позначаються на сільському господарстві, варто виокремити значне скорочення внутрішнього виробництва добрив, зокрема калійних. Вплив цього чинника на зниження родючості ґрунтів та загальну продуктивність аграрного сектору залишається суттєво недооціненим через низку суб'єктивних та об'єктивних причин.

Основні матеріали дослідження. Основною причиною недооцінки значення фактору удобрення є штучно завищені уявлення про родючість ґрунтів України. Багато

дослідників та практиків переконані в тому, що ґрунти важкого гранулометричного складу добре забезпечені доступним рослинам калієм. Багаторічні дослідження, проведені відділом агрохімії ННЦ ІГА, дозволили дійти висновку про те, що це твердження не відповідає дійсності. Помилкові уявлення про високу забезпеченість ґрунтів калієм пов'язані з використанням застарілих стандартів СРСР, а саме так званих, «жорстких» методів.

Відомо, що ґрунти різного гранулометричного складу містять різну кількість сполук калію, що утримується у кристалічних решітках калієвмісних мінералів (польових шпатах, тришарових алюмосилікатах тощо). Калій цих мінералів, рослинам безпосередньо не доступний, але може частково екстрагуватися розчинами сильних кислот або лугів в процесі хімічного аналізу ґрунтів.

Використання національних стандартів України дозволило дещо підвищити точність діагностики забезпеченості ґрунтів макроелементами живлення рослин. Проте, на жаль, проблему не можна вважати вирішеною. Більшість нормативних документів розроблялися 20-25 років тому та багато в чому вже теж застаріли.

Помилкова думка про достатньо високу забезпеченість ґрунтів України елементами живлення пов'язана із ще одним фактором. Згідно даних ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» на цей час, забезпеченість ґрунтів калієм відповідає рівню високої забезпеченості (табл. 1). Феномен ілюзії "самочинного підвищення" вмісту K_2O в ґрунтах, в умовах різко негативного балансу калію в землеробстві, виник внаслідок методичної помилки. А саме, некоректного узагальнення даних без урахування зміни площі обстеження. Так, якщо в 1966-1970 рр. площа обстеження ріллі становила 30,9 млн. га, то в 2011-2015 рр. – всього 19,05 млн. га. За цей час з обігу та

обстеження, в першу чергу, були виведені найменш родючі ґрунти, в тому числі легкого гранулометричного складу.

Таблиця 1

**Середньозважений вміст калію в ґрунтах України за
методом Чирикова
(за даними ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»)**

Рік	Площа обстеження, млн. га	Внесене K_2O з мінеральними добривами, кг/га	Вміст K_2O , мг/кг ґрунту
1966–1970	30,9	12	98
1986–1990	29,4	42	113
2011–2015	19,05	11	120
2016–2020	8,58	17	122

В результаті статистичної обробки матеріалів агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення, а також даних ряду польових дослідів були одержані рівняння регресії, а на їх основі – і формули, які дозволяють розраховувати значення вмісту рухомого калію в ґрунтах у розрізі кліматичних зон та країни в цілому [1].

Згідно прогнозу у 2025 році середньозважений вміст калію в орних ґрунтах України становить 70–72 мг K_2O /кг ґрунту. Тобто, він знаходиться на межі низьких і середніх значень забезпеченості ґрунту цим елементом. При цьому, середньозважена кількість залишкових сполук калійних добрив становить не більше 10–12 мг K_2O /кг ґрунту. Низька забезпеченість орних ґрунтів калієм і пояснює добре відомі емпіричні дані про високу ефективність калійних добрив на всіх

неокультурених ґрунтах (крім ґрунтів, що потребують меліоративного впливу).

В Україні ефективність усіх видів добрив, особливо калійних, знижується від західних, більш зволжених, до східних та південно-східних, більш посушливих провінцій. Так, наприклад, згідно з отриманою математичною моделлю, при значенні $ГТК_{V-IX} = 1,6$ (Львівська обл.), окупність 1 кг K_2O добрив становить 9,9 кг зерна кукурудзи, а при значенні $ГТК_{V-IX} 0,89$ (Луганська обл.) – всього 3,3 кг зерна цієї культури.

У зоні Степу основне внесення калійних добрив під більшість сільськогосподарських культур, зазвичай є низькорентабельним. Виняток складають ті сільськогосподарські культури, які здатні ефективно використовувати вологу, накопичену внаслідок осінньо-зимових опадів, зокрема озимі. Тим не менш, підвищення культури землеробства, точний вибір пріоритетних культур, широке використання прийомів спрямованих на накопичення та збереження ґрунтової вологи, оптимізація азотно-фосфорного живлення, точна ґрунтова діагностика, локалізація внесення добрив, дозволяють істотно підвищити агрохімічний та економічний ефект від застосування калійних добрив навіть на ґрунтах зони Сухого Степу (темно-каштанові ґрунти, каштанові солонцюваті, лугово-каштанові солонцюваті).

Висновки. Встановлено, що поширене уявлення щодо оцінки рівня калійного стану орних ґрунтів України, внаслідок низки чинників, є істотно завищеним. Згідно прогнозу у 2025 році середньозважений вміст калію в орних ґрунтах України становить 70–72 мг K_2O /кг ґрунту. Тобто, трофічний рівень орних ґрунтів залишається на межах низької і середньої забезпеченості цим елементом живлення. Тому для отримання високих і стабільних врожаїв сільськогосподарських культур, на всіх неокультурених орних ґрунтах України необхідно вносити калійні добрива.

Отже, обмежена ефективність калійних добрив на звичайних, південних чорноземах та темно-каштанових ґрунтах пояснюється не підвищеним вмістом калію, а частим дефіцитом вологи, характерним для ареалу їх поширення. Це істотно знижує здатність рослин засвоювати поживні речовини та, відповідно, зменшує агрономічну ефективність внесених добрив.

Список використаних джерел:

1. Христенко А.А. Калійний стан ґрунту і ефективність добрив. - Харків: ФОП Бровин О.В., 2017. -119 с.

УДК 631.811.98:631.95:631.53

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ ГУМАТІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ: ВІД ПОКРАЩЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ ДО ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ КУЛЬТУР

Гуцул Любов; Федорченко Софія, к.т.н.

*Прикарпатський національний університет імені Василя
Стефаника, м. Івано-Франківськ, Україна*

Summary. *This research investigates the effects of potassium humate on improving soil nutrient dynamics and enhancing crop performance. The study evaluates changes in nutrient uptake, photosynthetic efficiency, and overall plant health in common bean, mungbean, and potato under stress conditions. The findings suggest that potassium humate enhances nutrient mobility, reduces sodium accumulation in plant tissues, and improves physiological responses. These results demonstrate its potential as a sustainable solution for modern agricultural challenges.*

Keywords: *innovation, humates, soil fertility, crop yield, potassium humate, plant growth.*

Постановка проблеми. Якість ґрунту є вирішальним фактором у сільськогосподарському виробництві та продовольчій безпеці, а поступове зниження його родючості залишається серйозним викликом для сучасного землеробства. Низька ефективність використання поживних речовин залишається однією з основних проблем сучасного сільського господарства, особливо при застосуванні традиційних мінеральних добрив. За даними численних досліджень, середній рівень засвоєння елементів живлення рослинами коливається в межах: азот 30-60%, фосфор 10-

30%, калій 40-60%, мікроелементи <10-20% залежно від умов вирощування, типу ґрунту, форми добрива та технології його внесення. Це призводить до великих втрат поживних речовин із дорогих хімічних добрив, забруднення ґрунту, води та атмосфери, зокрема, вимиванням нітратів у ґрунті та поверхневій воді.

Необхідність забезпечення високої врожайності культур при мінімальному застосуванні агрохімікатів стимулює пошук альтернативних методів, орієнтованих на збереження та підвищення родючості ґрунтів.

Основні матеріали дослідження. Гумінові кислоти, як природні органічні сполуки, отримані розкладанням органічної сировини (торф, буре вугілля, сапропель, біомаса), виявилися одним із найбільш перспективних інструментів для досягнення цих завдань. Гумінові кислоти у формі солі (гумату) краще засвоюються рослинами, здатні покращувати фізико-хімічні властивості ґрунтів, активізувати мікробіологічні процеси в них, підвищувати водоутримуючу здатність, сприяють формуванню стабільних ґрунтових агрегатів, стимулюють поділ клітин і ріст коренів рослин, фотосинтез, а також оптимізують засвоєння поживних речовин рослинами, утворюючи комплекси з мікроелементами (залізом, кальцієм, цинком) та полегшуючи їхнє засвоєння.

Дослідження, що проводились на культурах машу (*Vigna radiata*), свідчать про значний позитивний вплив калій гумату на агрономічні показники. У польових експериментах, виконаних на агрономічних фермах, застосування калій гумату у дозах до 4,5 кг/га в комбінації з різними рівнями мінеральних добрив (від 50% до 100% RDF – оптимально рекомендованої кількості азоту (N), фосфору (P) та калію (K)) сприяло збільшенню кількості корневих бульбочок, підвищенню ефективності їх формування, збільшенню свіжої

та сухої маси кореневої системи, а також покращенню показників росту та розвитку рослин. Зокрема, обробка ґрунту калій гуматом стимулює синергічну взаємодію з азотом та фосфором, що сприяє підвищенню якості росту бобових культур через активізацію процесів фіксації азоту, збільшення кількості стручків та насіння, що в кінцевому підсумку позитивно впливає на врожайність як насіння, так і соломи.

У межах агросистем, де вирощують квасоллю звичайну (*Phaseolus vulgaris* L., сорт «Bronco»), застосування калій гумату сприяє підвищенню якості зеленого матеріалу. Внесення калій гумату у дозі 230-450 кг/га сприяє збільшенню концентрації азоту, фосфору, калію та кальцію, а також значно знижує вміст натрію. Це пояснюється здатністю гумату покращувати мобільність поживних елементів і активізувати фотосинтетичні процеси. Завдяки цьому рослини демонструють покращене зростання, збільшену масу листя та підвищену стійкість до стресових факторів, що є надзвичайно важливим для засолених ґрунтів.

Окрім впливу на бобові, гумати демонструють позитивний ефект і при вирощуванні картоплі. Гумінові препарати, що вивчалися під час досліджень при передпосадковій обробці насіння картоплі, стимулювали продукційні процеси на ранніх етапах органогенезу. Збільшувалися польова схожість насіння, темпи росту надземної маси, елементи продуктивності і, зрештою, врожайність. Таким чином, результати досліджень свідчать про те, що передпосадковий обробіток насіння картоплі гуматами є високоефективним агрозаходом, завдяки якому можна не тільки значно підвищувати врожайність сільськогосподарських культур, а й одержувати більш якісну продукцію.

Окрім агрономічних аспектів, важливим напрямком досліджень є впровадження інноваційних технологій виробництва гуматів. Сучасні методи, зокрема механічне диспергування, нагрівання лужних розчинів та використання ультразвуку, дозволяють значно інтенсифікувати процес вилучення гумінових кислот із сировини. Розробка безперервних технологічних схем забезпечує підвищення продуктивності виробничих установок та зниження експлуатаційних витрат, що сприяє економічній ефективності виробництва добрив на основі гуматів. Такі інновації дозволяють отримувати висококонцентровані розчини гуматів, які можуть використовуватись як біостимулятори для різних культур.

З економічної точки зору, застосування гуматів є вигідним через можливість зниження витрат на мінеральні добрива без втрати врожайності. Це дозволяє не лише підвищити прибутковість аграрних підприємств, але й зменшити екологічне навантаження на довкілля. Зменшення використання хімічних добрив сприяє поліпшенню якості ґрунтів, водних ресурсів та зменшенню викидів шкідливих речовин в атмосферу.

Висновки. Інноваційні підходи до використання гуматів, особливо калієвих, відкривають широкі можливості для підвищення родючості ґрунтів і продуктивності сільськогосподарських культур. Інтеграція гуматів у систему добрив дозволяє комплексно вирішувати проблеми зниження родючості, оптимізувати мінеральне харчування рослин, стимулювати їх стійкість до стресів і забезпечувати економічну ефективність виробництва. Для максимального ефекту необхідно адаптувати технології застосування гуматів до специфіки окремих культур (бобових, картоплі) та локальних умов вирощування, що сприятиме сталому

розвитку агросистем та покращенню якості сільськогосподарської продукції.

Список використаних джерел:

1. El-Yazal, M. S., El-Shewy, A. A., Abdelaal, K. E. S., & Rady, M. (2021, November). Improved salinity tolerance by potassium humate fertilizer in common bean (*Phaseolus vulgaris* L., cv. "Bronco") plants, pp. 1–12.
2. Kostenko, M. Yu., et al. (2022) Analysis of the Use of Various Types of Humates and Methods of Their Use in Potato Cultivation, pp. 1–7.
3. Kumar, Y., Singh, K., Verma, R., & Bhukhar, O. S. (2021, December). Nodulation, yield attributes and yield of mungbean [*Vigna radiata* (L.)] influenced by different level of potassium humate and fertility levels, pp.1–7.

УДК 66.081. 63:631.8

ОДЕРЖАННЯ ШТУЧНИХ ГУМІНОВИХ КИСЛОТ БІОТИЧНИМИ І АБІОТИЧНИМИ МЕТОДАМИ З БІОМАСИ

Федорченко Софія, к.т.н.; Курта Сергій, д.т.н.; Томенюк Юрій
*Прикарпатський національний університет імені Василя
Стефаника, м. Івано-Франківськ, Україна*

Summary: *the article summarises information on biotic and abiotic methods of obtaining artificial humic acids from biomass materials, which, due to their exceptional physical and chemical properties, are of significant commercial value and are used in various sectors.*

Keywords: *soil, organic fertilisers, humic substances, artificial humic acids, composting, hydrothermal reaction.*

Постановка проблеми. Інтенсивні агротехнічні практики, зокрема монокультурне вирощування сільськогосподарських культур та нераціональне застосування мінеральних і органічних добрив, стали чинниками поступового виснаження ґрунтів та зниження їх агрономічної родючості в багатьох агроландшафтах.

Природоохоронні практики, такі як нульовий (no-till) та поверхневий обробіток ґрунту, можуть уповільнити процеси деградації ґрунтів, однак для відновлення їх агровиробничого потенціалу та родючості потрібен тривалий період. Таким чином, існує нагальна потреба у розробці ґрунтозахисних технологій землеробства та дослідженні екологічно безпечних (біосумісних) добавок, що сприяють відновленню та підтриманню ґрунтової родючості.

Гумінові кислоти (ГК) є одним з видів ефективних добавок для підвищення родючості ґрунтів, але природні запаси ГК обмежені. Розробка ефективних технологій синтезу ГК є важливим чинником збереження та відновлення ґрунтової родючості й важливим елементом реалізації концепції сталого (екологічно збалансованого) сільського господарства. Перспективним напрямом є одержання гумінових кислот із біомасових матеріалів шляхом застосування штучних (хімічних або фізико-хімічних) методів модифікації та окиснення органічної сировини.

Основні матеріали дослідження. Гумінові речовини (ГР) є основними компонентами органічної речовини ґрунту, утворюються внаслідок розкладу та перетворення залишків рослин і тварин під впливом фізичних, хімічних та мікробних процесів, тому вони поширені в ґрунтах, торфі, бурому вугіллі, водних об'єктах та осадах. Гумінові кислоти (ГК) є основними активними компонентами гумінових речовин ГР, відомими як "чорне золото". ГК – природні біоактивні речовини з високим вмістом функціональних груп (карбокислих, фенольних, гідрокислих тощо) та мікроелементів – це клас універсальних речовин для сільськогосподарського застосування з метою покращення якості ґрунту, стимулювання росту рослин, підвищення врожайності та полегшення стресів рослин від нестачі води, дефіциту поживних речовин, засолення та впливу іонів токсичних металів. Вони мають багато переваг, таких як екологічність, відновлюваність, низька вартість.

Природні ГК, хоча й мають великий загальний обсяг, характеризуються низьким вмістом в гумусі і високим рівнем домішок, що ускладнює їх використання як ресурсу. Крім того, утворення гумусу в природних умовах займає значний час, включаючи як біотичні, так і абіотичні реакції. Тому

екстракція ГК з ґрунту з подальшим їх поверненням у ґрунт є непрактичною.

Наразі комерційні ГК виробляються двома основними способами: екстракція з бурого вугілля, вивіреного вугілля та торфу (мінеральні ГК) і виробництво з біомаси, такої як залишки рослин і тварин, органічні відходи та гній, через мікробний розклад і ферментацію (властивості таких ГК подібні до мінеральних). Одержання шляхом екстракції з низькорівневого вугілля, переважно бурого вугілля, яке є невідновлюваним ресурсом, незважаючи на його значні запаси, суттєво обмежує подальший розвиток цієї галузі, а процес видобутку не є екологічно безпечним. Буре вугілля потребує окиснювальної обробки для екстракції ГК, що включає складний синтетичний процес і призводить до вищих економічних витрат.

Перспективною стратегією є отримання ГК із біомаси, що є важливим напрямом ефективного використання біоресурсів. Штучні ГК мають типові функціональні групи природних, і виробляються розкладанням біомаси або органічних відходів біотичними або абіотичними методами за відносно короткий час.

Біотичні методи в основному використовують компостування (мікробний розклад або ферментацію рослинних залишків) і широко застосовуються завдяки м'яким умовам реакції, простоті експлуатації та низьким витратам на обладнання. Компостування зазвичай вимагає участі кисню та декількох типів мікроорганізмів. Процес компостування включає розкладання, деградацію та перетворення органічних макромолекул у стабільні речовини, що містять ГК. Згідно практичних досліджень, компостний реактор з багатофункціональним сполученням автоматизованим управлінням має добре регулювання

процесу і вихід ГК, що досягав 139-248 г/кг в пілотному масштабі.

Абіотичні методи виробництва штучних ГК набули швидкого розвитку в останні роки. Вони в основному базуються на гідротермальній реакції (ГТР), що є складним процесом послідовної окиснювальної деградації, синтезу та фенольного гідроксильного окиснення біомаси в середовищі високого тиску з утворенням ГК, які відповідають стандартам комерційних продуктів. ГТР вимагає високої температури реакції 80-220 °C, а споживання енергії є набагато вищим порівняно з біотичними методами через умови високої температури і тиску. Однак він пропонує переваги перетворення речовин, які важко використовувати мікроорганізмами (наприклад, целюлоза і лігнін), а також коротший час реакції (біотичні методи можуть тривати тижні або місяці). Технології рекуперації енергії та ізоляційні матеріали можуть бути використані для значного зменшення енергоспоживання ГТР і, таким чином, сприяти розширенню до великомасштабного виробництва ГК. Абіотичні методи були досліджені і проаналізовані з точки зору етапів реакції, технологічного процесу та споживання енергії: двоступеневі методи ГТР і гідрокарбонатний виявилися кращими у відновленні ГК з неспілкувальної біомаси, досягаючи 283 і 435 г/кг, відповідно. Хоча абіотичні методи вимагають складнішого обладнання та більших витрат енергії, вони мають вищий потенціал для масштабування виробництва через коротший час та вищу чистоту продукту.

Висновки. Дослідження методів одержання гумінових кислот сприятиме розвитку сучасних екологічних технологій вирощування сільськогосподарської продукції та допоможе дослідникам вибрати метод виробництва штучних ГК відповідно до їхніх потреб та цілей. Для широкомасштабного впровадження цих технологій необхідно ще вирішити низку

технічних, економічних та екологічних проблем, що, у свою чергу, сприятиме розвитку ефективних методів конверсії біомаси з метою одержання гумінових кислот (ГК) та раціональному використанню відходів біомаси як цінної сировини.

Список використаних джерел:

1. Shuxia Wei, Zichen Li, Yong Sun, Jiemei Zhang, Yuanyuan Ge, Zhili Li, A comprehensive review on biomass humification: Recent advances in pathways, challenges, new applications, and perspectives, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 170, 2022, 112984, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112984>.
2. Ming Wang, Yunting Li, Hao Peng, Jianlin Wang, Qichen Li, Pengfei Li, Jinxia Fan, Shuang Liu, Guoxiang Zheng, Review: Biotic and abiotic approaches to artificial humic acids production, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 187, 2023, 113771, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113771>.

УДК 661.152.4

КОМПОЗИЦІЇ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА ПЛІВКОУТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Курта Сергій, д.т.н., проф.; Куцела Оксана; Пяста Вікторія
*Прикарпатський національний університет імені Василя
Стефаника, м. Івано-Франківськ, Україна*

Summary. *According to the results of field research, new compositions of mineral fertilizers and film formers for pre-sowing treatment of seeds of 6 agricultural crops and their effect on yield were tested. It was shown that the consumption of mineral fertilizers in the composition of biopolymer compositions per 1 ha of sowing area is reduced by an average of 5-10 times compared to applying fertilizers directly to the soil.*

Keywords: *compositions, mineral fertilizers, film formers, pre-sowing, seeds, harvest.*

Постановка проблеми. Використання біополімерів та мінеральних добрив у різних галузях набуває дедалі більшої актуальності. Метою наших досліджень було вивчення їх впливу на зберігання посівного матеріалу від захворювань і пошкоджень, а також вивчення впливу біополімерних композицій та мінеральних добрив на ріст і урожайність сільськогосподарських культур.

Основні матеріали дослідження. Біополімери з крохмалю, карамелізованої сахарози, натрієвої солі карбоксиметилцелюлози (Na-КМЦ) та ксантанової камеді розкладаються у ґрунті та є джерелом моносахаридів, які використовуються рослинами для живлення. Композиційні плівки на їх основі не закупорюють насіння, а завдяки своїй

природі швидко розчиняються у воді. Сахарозу у якості плівкоутворювача доцільно використовувати у карамелізованому стані (від 72 до 83 %), оскільки це дозволяє отримати плівку більшої товщини – до 40 мкм. При цих значеннях вона може утримувати у своїй структурі необхідну кількість 25-30 % мінеральних добрив, при якій спостерігається найбільший приріст врожайності.

При сушці карамелізованих розчинів сахарози до порошкоподібного стану втрачається до 17-20 % води відносно її вмісту у карамелі. У випадку поступової сушки під вакуумом при 50-51 °С можна отримати сухі порошкоподібні композиції, що є зручнішими у використанні. Зокрема, вдалося отримати такі композиції зі складом: від 64 до 81 % сахарози, від 34 до 19 % мінеральних сполук та до 1,3 % води; 1,5-2,15 % ксантану, від 86,85 до 93,55 % мінеральних сполук та 4,3-11,65 % води; 3-4,30 % Na-КМЦ, від 82 до 90,7 % мінеральних сполук та 5-15 % води; 4-9 % крохмалю, 89-91 % мінеральних сполук та 2-5 % води.

Встановлено, що водні розчини композицій досліджуваних біополімерів з мінеральними сполуками у своєму складі проявляють бактерицидні та частково фунгіцидні властивості. У жодному зі зразків порошкоподібних біополімерів та їх розчинів не виявлено бактерій кишкової групи та цвілевих грибів. При посіві композиції на основі ксантану на м'ясо-пептонному агарі кількість мікроорганізмів була у 7,5 разів менша, ніж при посіві чистого розчину ксантану. У випадку Na-КМЦ, сахарози та крохмалю кількість вирощених бактерій на відповідних композиціях була у 5,5 та 2,7 рази меншою, ніж на чистих біополімерах. Таким чином, відбувається самовільне протравлення насіння сільськогосподарських культур від патогенної мікрофлори. Карбоксиметилцелюлозу

здатна метаболізувати дуже мала кількість видів мікроорганізмів.

Висновки. За результатами польових досліджень випробувані нові композиції мінеральних добрив і плівкоутворювачів для передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур та їх вплив на урожайність. Показано, що розхід мінеральних добрив у складі біополімерних композицій на 1 га площі посіву в середньому зменшується у 5-10 раз в порівнянні з внесенням добрив безпосередньо в ґрунт. Завдяки цьому вдається уникнути перенасичення ґрунтів добривами та цим дещо покращити екологічну ситуацію. Передбачається збільшення врожайності сільськогосподарських культур, зокрема сої, соняшнику та кукурудзи, до 25–50 % відносно контрольних рослин без передпосівної обробки.

Список використаних джерел:

1. Струмінська О.О., Курта С.А., Куцела О.Я. Використання біополімерних композицій для агрохімічної технології передпосівної обробки насіння // Агроекологічний журнал. – Київ.- № 4.- 2014.- С. 74-78.
2. Струмінська О.О., Байляк М.М., Курта С.А. Мікробіологічні властивості природних плівкоутворювачів // Східноєвропейський журнал передових технологій. – Харків.- № 2/10(68). – 2014.- С. 34-40.

УДК 664.41

ОГЛЯД РИНКУ ХАРЧОВОЇ СОЛІ В УКРАЇНІ

Сулима Ірина; Хацевич Ольга, к.т.н.

Державна установа «Державний науково-дослідний та проектний інститут основної хімії, м. Калуш, Україна

Summary. *Analyzes the current state of the industry, as well as export and import trends. An overview of the edible salt market in Ukraine is presented. The general characterization of 18 samples of edible salt available on store shelves is carried out.*

Keywords: *salt, table salt, rock salt, self-precipitating salt, sedimentary salt, industrial salt, salt extraction, salines, brine, salt market.*

Постановка проблеми. З початку 2022 року соляна промисловість України зазнала непоправних втрат, тому важливо дослідити сучасний стан справ на харчовому ринку, якість наявної продукції, шляхи забезпечення споживачів і можливості розвитку задля повноцінного відновлення продовольчої безпеки.

Основні матеріали дослідження. В Україні є запаси всіх видів солі: кам'яна, виварна, осідна і морська. Родовища кам'яної солі зосереджені на Донбасі, у Дніпровсько-Донецькій западині, на Передкарпатті, Закарпатті, Західному Причорномор'ї, а саме Переддобруджинський прогин та в озерах і лиманах Чорного і Азовського морів [1]. До 2021 р. Державне підприємство (далі – ДП) «Артемсіль» було найбільшим виробником солі в Україні й одним із лідерів на світовому ринку, що забезпечувало не тільки 99 % потреб українських споживачів, але й експортувало «біле золото» у понад 20 країн світу [2]. Постановами кабінету міністрів

України від 01.01.2022 р., та на 2025 рік включно, експорт солі, придатної до споживання людьми, заборонений.

Розробка у липні 2023 року Тереховлянського родовища на Закарпатті дозволила отримати власну технічну кам'яну сіль, в перспективі було отримання і харчової солі, але від березня 2024 року видобуток повністю зупинений. Іншим варіантом отримання власної солі є відновлення роботи невеликих солевиварювальних заводів (солеварень, «салін», «жуп») на Передкарпатті [2].

На разі єдиним діючим та історично цікавим представником виварної солі України є Дрогобицька солеварня. Вона по суті з 1250 р. і до сьогодні – єдине державне підприємство в Європі, де сіль виготовляють тим же методом, що й тисячоліття тому – виварюванням з природної ропи, але потужностей заводу надзвичайно мало для забезпечення навіть потреб українського споживача [3].

Зважаючи на все це, з 2022 року харчова сіль в Україну імпортується. Згідно з статистикою, оприлюдненою Державною митною службою за 2024 рік лідером імпорту солі став Єгипет 57,71 %, Румунія – 15,32 %, Туреччина – 13,38 % [4]. Варто зазначити, що серед різноманіття імпортного товару у 2023 році зустрічалися на полицях торгових точок України і реекспорт ДП «Артемсіль» з Азербайджану і упаковки солі змішаних зразків з ДП «Артемсіль», Румунія, Туреччина. Через дефіцит продукції на ринку з'явилося багато різних постачальників і виникли проблеми з контролем її якості, особливо, при перевезенні, зберіганні та фасуванні.

Лабораторією галургії ДУ «НІОХІМ» проведено аналізи 18 зразків кухонної солі, закупленої в різних торговельних мережах, що розфасовані чи виготовлені різними постачальниками з різних країн походження. Дослідження проводилися на відповідність ДСТУ 3583.2015

Сіль кухонна, що поширюється на кухонну сіль, яку одержують після перероблення соляної сировини і застосовують як компонент харчування. Серед досліджених зразків були різні види солі, додатково було проведено аналізи цих солей на вміст мікроелементів.

За органолептичними показниками, а саме смаком і запахом одна сіль не підпадала під жоден сорт. Сторонній запах і гіркий смак не передбачені ДСТУ 3583.2015, а в ході додаткового дослідження, серед всіх зразків, у ній був найбільший вміст SiO_2 – 3,2 ppm.

За фізико-хімічними показниками (вміст NaCl , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Fe_2O_3 , нерозчинного залишку і вологи), що регламентуються ДСТУ 4886:2007 досліджувані зразки виявилися різних сортів.

Якщо виводити процентне співвідношення:

- за масовою часткою хлориду натрію з 11 % солей екстра сорту 5 % віднесли до вищого за завищеними показниками Ca^{2+} і Mg^{2+} ;
- за масовою часткою хлориду натрію з 65% солей вищого сорту 5 % віднесли до 1 сорту через два завищені показники: SO_4^{2-} , Ca^{2+} , а 16 % - через один завищений показник (11 % – за вологістю, а 5 % – за масовою часткою Mg^{2+}).

Щодо вмісту токсичних елементів (Hg, Cu, Pb, Cd, Zn) то відхилень від норм виявлено не було.

Вміст Fe_2O_3 для солей відповідав нормам ДСТУ 4886.13:2007 та коливався у межах $5,86 \cdot 10^{-6}$ – $5,18 \cdot 10^5$ %.

Щодо додатково визначених мікроелементів у солях, то середні значення Ba, Mn і Si у ppb за країнами походження представлено на діаграмі (рис.1.). Найбільший вміст Ba (>328 ppb) і найменший Mn (<80,0 ppb) спостерігався у солях Румунії. У солях Італії зафіксований найбільший вміст

мікроелементів Mn (572 ppb) і Si (500ppb) і найменша кількість Ba (<4,0 ppb). У солях Туреччини встановлено найменшу кількість мікроелементу Si (262 ppb).

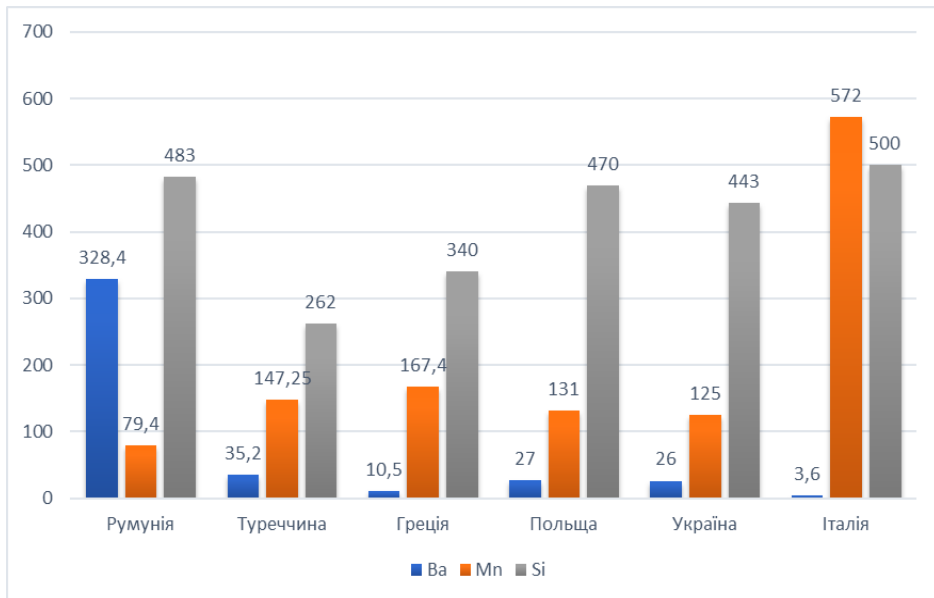


Рис.1. Діаграма усередненого вмісту Ba, Mn, Si у зразках досліджуваних солей.

Висновки. Україна має достатню сировинну базу для відновлення виробництва кухонної солі, особливо у відносно безпечному західному регіоні України. Термінові виклики, з якими зіткнувся ринок харчової солі з повномасштабним вторгненням, зараз подолані, шляхом забезпечення безперебійного імпорту солі з-за кордону і заборонаю експорту харчової солі з України.

Досліджуючи зразки солі, що були придбані в торговельних мережах, лабораторією галургії встановлено, що більше 50 % зразків не відповідають надписам, що вказані на

їхніх упаковках, а для 15 % зразків не вказано країну походження. Серед досліджуваних зразків виявилося 5 % солі, що не маркується за сортом.

Задля забезпечення прав споживачів у якісній продукції дуже важливо звертати увагу на її зовнішню характеристику при покупці харчової солі, зокрема, колір, якщо це можливо, постачальника солі, а також наявність посилянь на ДСТУ, ТУ, ISO, адресу фасувальників.

Список використаних джерел:

1. Сіль Землі / В.П. Нагорний, В.М. Глоба: НАН України, Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна. – Київ, 2013. – С. 154.
2. Дяків В., Хевпа З. Сучасна соляна криза в Україні та перспективи і проблеми відновлення видобутку і виробництва кам'яної, технічної, харчової солі. Вісник Львівського університету. Серія «Геологічна». 2024. Вип. 38. С. 82–93.
3. Дрогобицька солеварня: нарис історії від найдавніших часів до початку ХХІ ст.: монографія / Наук. ред. Микола Галів. Суми: Університетська книга, 2022. 314 с.
4. <https://customs.gov.ua/statistika-ta-reiestri>.

УДК 661.8'032.25+661.445

УСТАНОВКА КРИСТАЛІЧНОГО НАТРІЮ ХЛОРАТУ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ

Блажівський Костянтин, к.т.н.; Знак Зеновій, д.т.н.;
Слюзар Андрій, д.т.н.

*Національний університет “Львівська політехніка”,
м. Львів, Україна*

Summary: *based on studies of the stages of electrolysis of an aqueous solution of sodium chloride and the separation of chloride-chlorate solutions through evaporation and crystallization, a project for a periodic installation to obtain crystalline sodium chlorate was proposed.*

Keywords: *sodium chlorate, sodium chloride, installation, periodic process, design.*

Постановка проблеми. Однією з областей застосування натрію хлорату є виробництво піротехнічних виробів. Розчини натрію хлорату використовують також як сировину для одержання калію хлорату (бертолетової солі) $KClO_3$ і для електрохімічного синтезу натрію перхлорату $NaClO_4$ [1].

Так як основну кількість натрію хлорату до початку повномасштабної російсько-української війни 2022 р. в Україну імпортували, то задля забезпечення військово-промислового комплексу натрію хлоратом є необхідність у проектуванні і будівництві установки натрію хлорату в Україні.

Технологічний процес одержання кристалічного натрію хлорату включає дві основні стадії: електроліз водного розчину натрію хлориду та перероблення отриманих хлорид-

хлоратних розчинів. У промисловості, в основному, використовують неперервні схеми виробництва, які реалізують з випаркою і кристалізацією чи тільки з кристалізацією. Вимоги до якості продукту описані у ДСТУ/ГОСТ 12257-93.

У виробництві натрію хлорату на стадії електролізу і випарки відбуваються аналогічні процеси, що і у виробництві хлору та каустичної соди. Виробництво натрію хлорату підпадає під дію «Правил охорони праці при виробництві, зберіганні, транспортуванні та застосуванні хлору», що затверджені наказом №56 Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 12.03.2010 р. Технологія натрію хлорату є складною і від працівників потребує спеціальних знань, як в галузі електролізу, так і галургійних процесів. Складність процесів одержання продукту вимагає налагодження і відпрацювання процесів на укрупненій установці періодичної дії.

У періодичних процесах, розділення солей у продукційному розчині, зазвичай, здійснюють одно- чи двостадійним випарюванням з проміжним відділенням натрію хлориду і подальшим охолодженням маточного розчину для кристалізації NaClO_3 . Проте проміжне відділення NaCl зумовлює ускладнення технологічного процесу і додаткові енерговитрати, а саме додаткові стадії завантаження – розвантаження, нагрівання – охолодження, з підвищеними втратами продукту при фільтруванні і зниженні його якості, в т.ч. за рахунок підвищеної корозійної активності розчинів.

Основні матеріали дослідження. На основі літературних даних і проведених досліджень стадії електролізу та розділення хлорид-хлоратного розчину, нами розроблено схему установки періодичної дії для одержання кристалічного натрію хлорату.

Схема включає стадії: підготовки електроліту до

електролізу, електролізу, знешкодження газових викидів, знехлорення розчину, випарювання знехлореного розчину, кристалізації натрію хлорату, відділення і сушіння NaClO_3 . Важливою відмінністю запропонованої схеми від традиційних є відсутність стадії гарячого фільтрування суспензії після стадії випарювання та інших, що дає змогу значно спростити процес і уникнути зайвих енерговитрат[2].

Для приготування розсолу використовують сіль підготовлену (гатунок екстра за ДСТУ 3583:2015), деіонізовану воду, а також маточний розчин з стадії кристалізації натрію хлорату, промивну воду і конденсат. На цій же стадії одержаний розсіл корегують за вмістом добавок.

Одержаний розсіл фільтрують і використовують для електролізу. Електроліз здійснюють у проточних бездіафрагмових електролізерах з анодами ОРТА та стальними катодами за температури $35...45^\circ\text{C}$ і густини струму $1,25...1,5 \text{ кА/м}^2$. Для одного чи декількох електролізерів (залежно від продуктивності) встановлюють винесений реактор, обладнаний мішалкою і теплоізоляцією. Забезпечують циркуляцію електроліту у колі електролізер – реактор – холодильник. Застосування спільного реактора і холодильника перед електролізерами дасть змогу усереднювати електроліт за складом та забирати надлишки теплоти. Електроліз зупиняють після досягнення граничної концентрації NaCl в електроліті $100...110 \text{ кг/м}^3$. Одержаний розчин витримують для самоокиснення гіпохлоритів за підвищеної температури. Після цього хлорид-хлоратний розчин хімічно знехлорюють шляхом дозування натрію форміату і NaOH .

Знехлорений розчин подають на вакуум-випарювання до ступеня випарювання $25...28\%$. Утворену суспензію, що містить кристалічні натрію хлорид та натрію хлорат, охолоджують до $5...7^\circ\text{C}$. Під час охолодження суспензії

кристали натрію хлориду розчиняються. Кристали NaClO_3 , які залишилися у твердій фазі і додатково випали під час охолодження, відділяють від маточного розчину на центрифугі, промивають промивним розчином і деіонізованою водою та подають на сушіння. Висушений продукт фасують у мішки. Маточний розчин після кристалізації і конденсат сокової пари повертають на стадію приготування розсолу.

Під час проектування і експлуатації установки особливу увагу потрібно відводити безпеці, оскільки основний продукт – натрію хлорат – у сухому стані проявляє властивості сильного окисника [3]. Суміші хлоратів і органічних сполук становлять серйозну небезпеку вибухів. Окрім того, водень, як супутній продукт електролізу, з повітрям утворює вибухонебезпечні суміші у дуже широкому діапазоні – від 4 до 75 %. Тому водень-газ, що утворюється в електролізері, перед скиданням в атмосферу (у разі, якщо його не використовують у виробничих процесах) змішують з повітрям у відношенні 1:25, що забезпечує концентрацію водню меншу, ніж нижня межа вибухонебезпечності.

Оскільки процеси електролізу водних розчинів солей належать до енерговитратних, то для проектування виробництва NaClO_3 визначальним буде застосування дешевих джерел енергії. Саме тому запропоновано для живлення електролізерів використовувати сонячну енергію і здійснювати виробництво у теплі і сонячні 4-5 місяці року.

Ця установка може стати базою для установки калію хлорату. До діючої установки натрію хлорату потрібно буде доєднати вузол конверсії, де частину продукційного натрію хлорату можна перетворювати у калію хлорат обмінною реакцією з калію хлоридом у рідкій фазі. Для цього процесу буде використано обладнання для кристалізації і сушіння.

Висновки. Установка кристалічного натрію хлорату періодичної дії дає змогу забезпечити необхідну продуктивність при використанні її у теплий період року з використанням сонячної енергії для електролізу. Здійснення процесу вимагає спеціальних знань як у галузі електролізу, так і галузгійних процесів.

Список використаних джерел:

1. Vogt, H., et al., Chlorine oxides and chlorine oxygen acids, in Ullman's Encyclopaedia of Industrial Chemistry. Switzerland, 2010. https://doi.org/10.1002/14356007.a06_483.
2. Slyuzar A.V., Blazhivskyi K.I., Bodak P.M., Ohlashennyi Y.I., Blazhivskyi O.K. Designing features of the crystalline sodium chlorate installation by a periodical process // Chemistry, Technology and Application of Substances = Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2024. – Vol. 7, № 2. – С. 47–54. <https://doi.org/10.23939/ctas2024.02.047>.
3. Energy efficiency in the sodium chlorate process. From electrocatalysis to pilot plant investigations. Kristoffer Hedenstedt, 2017. Thesis for the degree of doctor of technology in natural science, with focus on chemistry. Available online at: <http://handle.net/2077/52081>.

УДК 661.445

ВИДІЛЕННЯ НАТРІЮ ХЛОРАТУ ІЗ РОЗЧИНІВ ПІСЛЯ ЕЛЕКТРОЛІЗУ РОЗЧИНУ НАТРІЮ ХЛОРИДУ

Блажівський Олесь, аспірант; Слюзар Андрій, д.т.н.;

Блажівський Костянтин, к.т.н.

Національний університет “Львівська політехніка”,
м. Львів, Україна

Summary: *it is proposed to isolate sodium chlorate from chloride-chlorate solutions obtained after electrolysis of sodium chloride solution by cooling the partially evaporated suspension without its prior separation.*

Keywords: *sodium chlorate, sodium chloride, electrolysis, solution, evaporation, crystallization.*

Постановка проблеми. Після електролізу розчину натрію хлориду утворюється розчин натрію хлориду і хлорату, з якого потрібно виділити кристалічний натрію хлорат. Відповідно до джерел інформації цього можна досягнути галургійним методом, а саме частковим випаровуванням зазначеного розчину, відділенням гарячого викристалізованого натрію хлориду з подальшим охолодженням розчину для кристалізації NaClO_3 . Однак, такий процес є складним і енерговитратним, тому значний інтерес викликає перероблення розчину після електролізу без відділення гарячого NaCl із випаруваної суспензії.

Для з'ясування доцільних умов проведення зазначених стадій вивчали вплив ступеня випаровування початкових хлорид-хлоратних розчинів і температури охолодження випаруваних розчинів на склад рідких і твердих фаз та вихід продукту.

Основні матеріали дослідження. Дослідження виконували на лабораторній вакуум-випарній установці за розрідження в межах $0,78...0,80$ кгс/см². Для досліджень використовували розчини такого усередненого складу (мас.%): NaClO₃ 40; NaCl 8; H₂O 52.

Після досягнення розрахованого ступеня випаровування утворені гарячі суспензії розділяли (і не розділяли) фільтруванням. Випарувані розчини (фільтрати) охолоджували до температури 20 °С і витримували 0,5...1 год. Утворені суспензії також розділяли на вакуум-фільтрі. Маточні розчини продовжували охолоджувати до температур в інтервалі 15...-12 °С і за цих температур витримували 0,5...2 год, після чого одержані суспензії розділяли на вакуум-фільтрі. Під час експериментів відбирали проби рідких і твердих фаз та аналізували їх на вміст іонів Cl⁻ та ClO₃⁻. Визначені концентрації іонів перераховували на вміст NaCl і NaClO₃. За результатами аналізів та зважувань рідких і твердих фаз розраховували матеріальні баланси та обчислювали вихід солей.

У першій серії досліджень вивчали зміну складів вихідних розчинів під час випарювання і складу сольових осадів, одержаних після випарювання без охолодження випаруваного розчину (гаряче фільтрування). Як показали результати досліджень за нижчих ступенів випарювання кристалізується натрію хлорид. Надалі у розчині зростає концентрація NaClO₃ від 40 до 53 %, а вміст NaCl зменшується до 6 %. За ступеня випарювання 28 % утворився осад, який містив 67 % NaClO₃ і 23 % NaCl.

Охолодження випаруваних розчинів до 20 °С зумовлює кристалізацію, насамперед, натрію хлорату (вихід 40...50 %) і в набагато меншій кількості натрію хлориду (3...4 %). Вміст NaCl в одержаних осадах становив менше 1 %. Під час подальшого охолодження продовжував кристалізуватися

NaClO_3 , а NaCl майже не випадав. Внаслідок цього утворювалися осади з вмістом 0,3...0,6 % натрію хлориду. Отже, під час охолодження випаруваного розчину кристалізується, в основному, натрію хлорат, його вихід зростає із зниженням температури.

У подальших дослідженнях вивчали як змінювалися склади рідких і твердих фаз випаруваних суспензій під час їх охолодження без попереднього розділення. Спершу початковий розчин випарювали до ступенів випарювання 23...24 %. Одержані гарячі суспензії охолоджували і розділяли на вакуум-фільтрі. Результати дослідів показали, що осади, одержані внаслідок охолодження суспензій, склалися із натрію хлорату з невисоким вмістом натрію хлориду (2...3 %). Це свідчить про те, що NaCl , який викристалізувався під час випаровування, розчинявся, висолюючи додаткові порції NaClO_3 .

Висновки. На підставі виконаних досліджень та аналізу ізотерми розчинності системи $\text{NaClO}_3 - \text{NaCl} - \text{H}_2\text{O}$ запропонували спосіб одержання натрію хлорату із розчину після електролізу NaCl . Він полягає у вакуум-випаровуванні початкового розчину до ступеня 25...30 %. Утворену гарячу суспензію охолоджують до температури 5...10 °С, що зумовлює різке зменшення розчинності натрію хлорату і збільшення розчинності натрію хлориду. У перероблюваній суспензії кристалізується додаткова кількість NaClO_3 , а NaCl , який випав під час випаровування, розчиняється. Таке проведення технологічного процесу дає змогу спростити його за рахунок уникнення стадій фільтрування гарячої суспензії після випарювання, відділення осаду NaCl , донасичення ним циркулюючого розчину тощо.

УДК 334.71+334.732

ВИРОБНИЦТВО ХАРЧОВОЇ СОЛІ ЯК РЕСУРС ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНУ: КООПЕРАЦІЯ ГРОМАДИ ТА ПІДПРИЄМЦІВ

Довгалюк Ірина, к.н. з держ.управ.; Хацевич Ольга, к.т.н.
*Державна установа «Державний науково-дослідний та
проектний інститут основної хімії, м. Калуш, Україна*

Summary. *The potential of food salt production as a resource for regional economic development has been analyzed. The role of cooperation between local communities and entrepreneurs in creating sustainable production chains, increasing employment, and attracting investment has been examined. Particular attention is paid to the efficient use of local natural resources, the implementation of environmentally friendly technologies, and the adaptation of production to the requirements of the modern market. The importance of socio-economic interaction for the formation of a competitive industry that will contribute to infrastructure development, improved community welfare, and sustainable regional development is emphasized.*

Keywords: *table salt, salt evaporation, salt wells, brine, salt market, cooperation, alternative energy sources.*

Постановка проблеми. З давніх часів видобуток солі був не лише важливою частиною життя місцевих громад, але й відігравав ключову роль у торговельно-економічних відносинах усього регіону, що можна чітко простежити на прикладі Східної Галичини. Історичний аналіз добування солі в окремих адміністративно-територіальних утвореннях Австрії доводить, що основними виробниками солі Галичини продукувалося в період 1868–1892 рр. (тис. т): Болехів – 5,9; Бохня – 14,5; Величка – 42,7; Делятин – 4,0; Долина – 4,9; Дрогобич – 4,8; Калуш – 3,8; Косів – 4,3; Лацко – 6,2; Ланчин

– 4,0; Стебник – 6,7. Питома вага Галичини у соляній промисловості Австро-Угорської імперії становила 44% [1-3]. З часу закриття соляних родовищ минуло майже 200 років, тому зараз складно точно визначити, де знаходилися колишні соляні криниці. І перед науковцями ДУ «НІОХІМ» було поставлене завдання пошуку соляних криниць та джерел для відновлення солепромислу в регіоні.

Основні матеріали дослідження. Щодо ситуації на ринку солі в Україні, то вона невтішна, а особливо після повномасштабного вторгнення. У 2022 році роботи на двох найбільших родовищах в Донецькій області (запаси солі у яких становлять, (млн. тонн): Артемівське – 15648, Слов'янському – 5468), зупинилися, а Україна залишилася без власного виробництва солі. Хоча на державний облік в Україні поставлено близько 12,3 млрд. тонн запасів натрієвої солі – сировини для виготовлення «харчової солі» (джерело: Мінеральні ресурси України). На Передкарпатті теж є соленосна смуга, протяжністю 230 км, шириною до 10 км та глибиною залягання від 14 до 170 м; тут налічується близько 200 солепроявів (Івано-Франківська обл.: кам'яна сіль - 34,9 млн. т, розсіл - 674 тис. т; Львівська обл.: кам'яна сіль - 302,4 млн. т, розсіл - 202 тис. т) [2]. Раніше на Прикарпатті працювали два заводи з виробництва кухонної солі з природних розсолів — Долинський і Болехівський. Виробництво солі припинилося у 2006 році через нерентабельність методу випарювання з використанням природного газу.

На Прикарпатті є соляні криниці та джерела високомінералізованих сольових розчинів, аналіз хімічного складу яких підтверджує можливість перероблення їх на харчову сіль. Наявність концентрованих сольових розчинів створює сприятливі умови і для розвитку рекреаційно-оздоровчого туризму у громадах Калуської ОТГ. Проте, з

огляду на сучасний стан навколишнього ландшафту: неосвоєна територія навколо родовищ, відсутність системи під'їзних шляхів до соляних криниць та іншої інфраструктури (готелі, розважальні майданчики, магазини, кафе) прилеглої території, перешкоджає ефективному розвитку туризму. Вирішення таких проблем можна досягнути шляхом забезпечення ринку якісною конкурентоспроможною туристичною продукцією, що підтримуються правильними соціальними, економічними та політичними діями для створення рекреаційно-оздоровчих комплексів.

Альтернативним варіантом розвитку громад та регіону є створення виробництва кухонної солі для малого бізнесу. Як уже згадувалося з XVI століття основою економічного розвитку Галичини було солеваріння [1]. Тому відродження давно забутого ремесла в межах Калуської ОТГ сприяло б соціально-економічному розвитку регіону. Для реалізації ідеї відновлення солепромислу на базі соляних джерел та соляних криниць регіону необхідно:

- ✓ Оцінити стан наявних соляних криниць, або місць, де вони були. Провести геофізичне обстеження кожної з локацій. Визначити глибину, продуктивність та якість соляного розсолу. Оцінити ризики відновлення та екологічний стан.
- ✓ Технічне відновлення. Очищення криниць, укріплення стінок, встановлення сучасного насосного обладнання.
- ✓ Організація виробництва. Визначення оптимальних технологій видобутку: традиційне випарювання або із застосуванням відновлювальних джерел енергії. Облаштування випарних установок для видобутку солі, використовуючи альтернативні джерела енергії. Підготовка інфраструктури для переробки та пакування солі.
- ✓ Фінансування та інвестиції. Пошук приватних інвесторів або органів державної влади. Можливе створення

кооперативу чи комунального підприємства для управління промислом.

- ✓ **Маркетинг та збут.** Використання історичного бренду прикарпатської солі. Вихід на ринки України та ЄС, орієнтація на екологічно чистий продукт. Розвиток туристичної складової – відвідування криниць, дегустації, музеї солевидобутку.

У світі поширені такі моделі кооперації місцевих органів самоврядування та підприємців для створення спільного бізнесу:

- **Публічно-приватне партнерство (РРР, ППП).** Одна з найпоширеніших форм співпраці між державними структурами та бізнесом. Суть такої моделі – приватний підприємець отримує право на управління інфраструктурним об'єктом (солевидобуванням), інвестує кошти та отримує прибуток, але зобов'язується розвивати об'єкт і передати його громаді після закінчення терміну угоди.
- **Кооперативи та громадські підприємства.** Це форма бізнесу, де громада та підприємці разом інвестують у проєкт, а прибуток розподіляється між учасниками.
- **Індустріальні кластери та бізнес-парки.** Місцеві органи влади створюють умови для розвитку певної галузі, залучаючи підприємців.
- **Грантові та кредитні програми.** Місцева влада залучає міжнародні фонди (ЄС, Світовий банк) для фінансування бізнесу. Створюються муніципальні фонди підтримки підприємництва.

Ресурсів наявних соляних криниць звичайно замало для організації потужного промислового виробництва із сучасним вартісним випарним обладнанням та логістикою. Відбирати з різних джерел і возити ропу до єдиного переробного комплексу економічно не вигідно. Отже, для малопотужних

соляних джерел доцільно створити установки, які будуть працювати на відновлюваних джерелах енергії – енергії сонця та вітру. Нові геополітичні умови сьогодення актуалізують, окрім споживчої, ще історичну, соціальну та регіональну цінність малих солеварень на базі закинутих соляних криниць. Тому в нових реаліях за наявності факторів, які створюють конкурентні переваги, цілком ймовірно відродження та прибуткове функціонування такого типу солевиварювальних виробництв на території Прикарпаття.

Кооперація малих виробників солі може стати важливим чинником розвитку місцевих громад, сприяючи економічному зростанню та соціальній стабільності. Об'єднання дрібних виробників у кооперативи дозволяє їм спільно використовувати ресурси, зменшувати витрати та підвищувати конкурентоспроможність на ринку. **Переваги кооперації для малих виробників солі:**

- ✓ спільне використання ресурсів: об'єднання дозволяє ефективніше використовувати обладнання та інфраструктуру, що знижує індивідуальні витрати кожного учасника.
- ✓ покращення доступу до ринків: кооперативи мають більше можливостей для виходу на нові ринки та укладання вигідних контрактів завдяки об'єднанню обсягів продукції.
- ✓ підвищення якості продукції: спільна діяльність сприяє впровадженню стандартів якості та обміну досвідом між членами кооперативу.
- ✓ фінансова підтримка та доступ до кредитів: кооперативи часто мають кращі умови для отримання фінансування та державної підтримки.

Розвиток кооперативів сприяє економічному зростанню громад, створенню робочих місць та покращенню добробуту населення. Кооперація також стимулює розвиток місцевої інфраструктури та підвищує рівень соціальної згуртованості.

Для успішного функціонування кооперативів необхідно враховувати такі аспекти: правова підтримка, освіта та навчання, доступ до фінансування. Загалом, кооперація малих виробників солі є перспективним напрямком для розвитку місцевих громад, що сприяє економічній стабільності та підвищенню якості життя населення.

Висновки. Виробництво харчової солі є перспективним на Прикарпатті завдяки наявності достатньої кількості природних ресурсів – покладів кам'яної солі та концентрованих сольових розчинів. Впровадження інноваційних методів виробництва підвищить ефективність, конкурентоспроможність продукції та забезпечить дотримання стандартів якості харчової солі. А якісний продукт і ефективна співпраця сприятимуть інтеграції регіону на національний та міжнародні ринки, відкриваючи експортні можливості.

Список використаних джерел:

1. Сельський В.К., Багатства надр Івано-Франківщини з минулого до сьогодення: монографія /Володимир Сельський. –Івано-Франківськ: Вид-во Прикарпатського національного університету ім. Василя Стефаника, 2012.- 364.
2. Рудько Г.І., Петришин В.Ю. Соляні ресурси Передкарпаття та перспективи їх використання / За ред. Г.І. Рудька. – Київ- Чернівці: Букрек, 2017. – 472 с.
3. Гайдін А.М., Рудько Г.І., Чікова І.В. Гірничо-хімічний потенціал України. – Київ-Чернівці: Букрек, 2017. – 192 с.
4. Дрогобицька солеварня: нарис історії від найдавніших часів до початку ХХІ ст.: монографія / Наук. ред. Микола Галів. - Суми: Університетська книга, 2022. - 314 с.
5. Гайко Г.І, Білецький В.С. Нарис історії гірництва в Україні. К.: ТОВ Видавничий дім «Києво-Могилянська академія». 2022. – 189 с.

ББК 31.332.2
31.332.4
31.31
63.5

Збірник тез доповідей наукових конференції «Калійні добрива та харчова сіль: сучасні технології та екологічні виклики» 08 травня 2025 року: ДУ «НІОХІМ», 2025. 112 с.

Головний редактор – Довгалюк Ірина Григорівна – голова, директорка ДУ «НІОХІМ», кандидат наук з державного управління;

Відповідальний редактор – Хацевич Ольга Мирославівна – науковий співробітник, кандидат технічних наук;

Відповідальність за зміст та літературне редагування тез доповідей несуть автори.

Адреса редакційної ради:

77304, Івано-Франківська область, м. Калуш, вул. Фабрична, 5а
Державна установа
«Державний науково-дослідний і проектний інститут основної хімії»