



## ВИРОБНИЦТВО "ЗЕЛЕНИХ" ДОБРИВ НА ОСНОВІ ВІДНОВЛЮВАНОВОГО АМОНІЮ

**Ольга Кравченко, доцент кафедри  
аналітичної і біонеорганічної хімії та якості  
води, менеджер проєкту Green-Hort**



## ВИРОБНИЦТВО АМІАКУ ( $\text{NH}_3$ )

Аміак — один із найважливіших продуктів хімічної промисловості. Його використовують для виробництва:

- азотних добрив (карбамід, аміачна селітра)
- вибухових речовин
- азотної кислоти
- пластмас і волокон
- холодоагентів

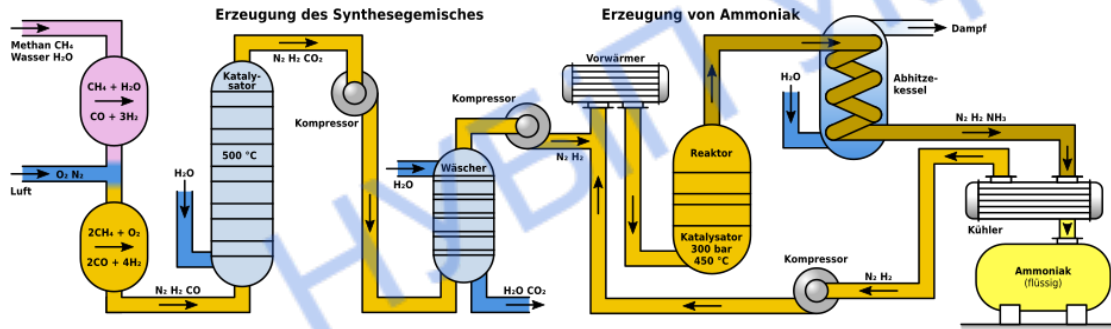
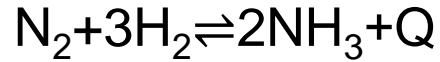


Світове виробництво перевищує 180 млн т на рік, і майже весь аміак отримують за допомогою Haber–Bosch process.

## ОСНОВНА РЕАКЦІЯ СИНТЕЗУ АМІАКУ

повітря

природний газ



температура

400–500 °C

тиск

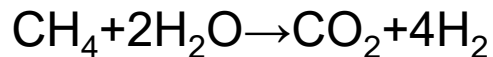
150–300 бар

каталізатор

Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (залізо)

конверсія за один прохід 15–25 %

## ПІДСУМКОВА РЕАКЦІЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ З МЕТАНУ (реформінг+конверсія)



## СІРИЙ АМІАК



## СИНІЙ АМІАК



## ЗЕЛЕНИЙ АМІАК



## ПОРІВНЯННЯ ТИПІВ АМІАКУ

параметр	сірий	синій	зелений
джерело $H_2$	природний газ	природний газ	електроліз
$CO_2$	високий	середній	майже 0
енергоспоживання	низьке	середнє	дуже високе
вартість	\$	\$\$	\$\$\$

Для 1 т  $NH_3$  потрібно приблизно:  
**9–12 МВт·год електроенергії**

## Історія виробництва зеленого амоніаку

1921

- Італійський хімік Луїджі Казале запускає перший комерційний процес синтезу аміаку, що використовував водень, отриманий шляхом електролізу води. Це стало першою життєздатною альтернативою традиційному процесу Габера-Боша на викопному паливі .

1928

- У Норвегії запускається промисловий об'єкт у Р'юкані потужністю 165 МВт. Він використовував 150 модулів електролізерів для виробництва зеленого водню з енергією місцевих ГЕС .

1949

- Подібний норвезький проєкт запускається в Гломфіорді, також на базі гідроенергії та лужних електролізерів .

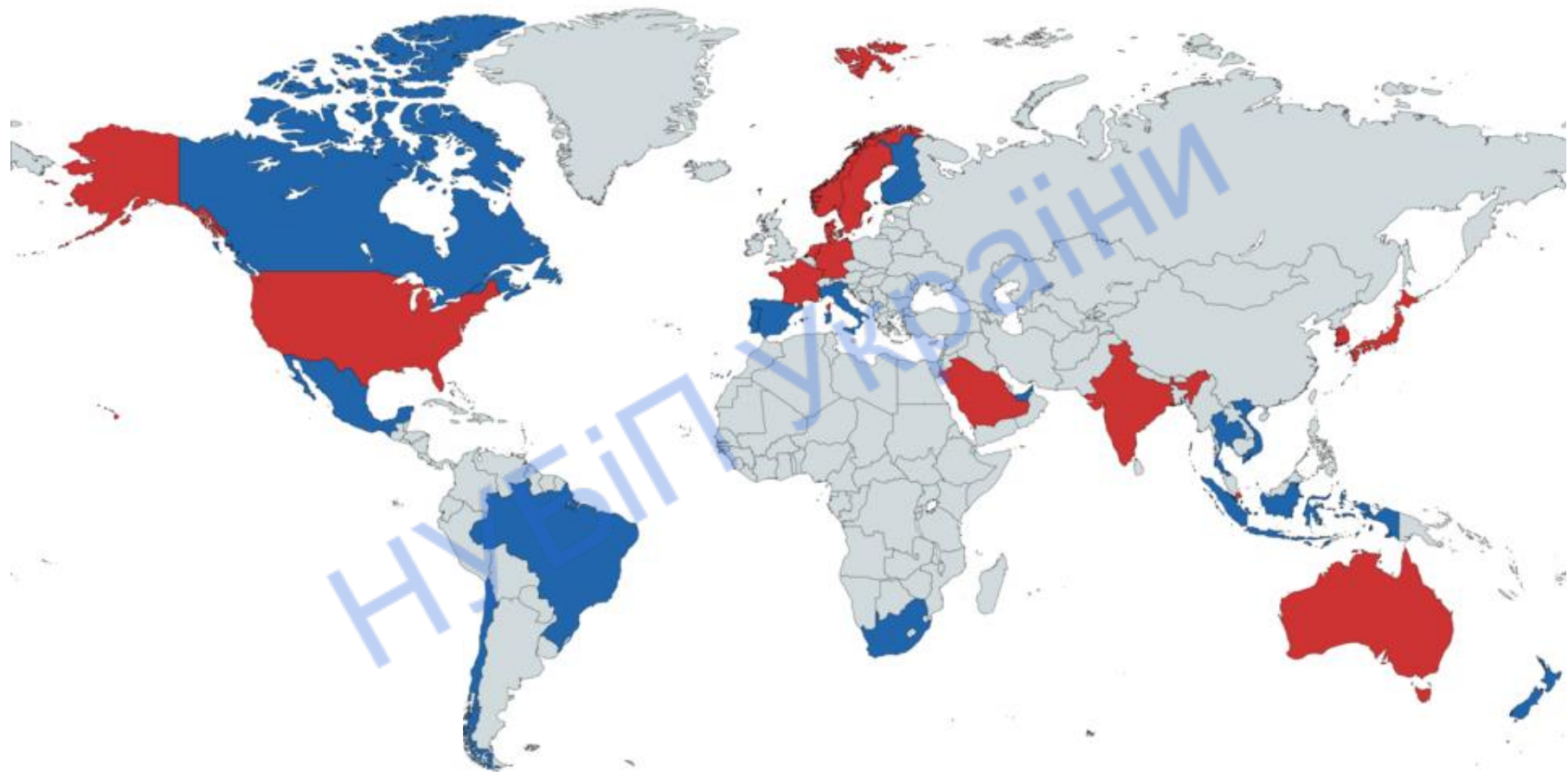
1959

- З'являються проєкти в Єгипті на базі гідроенергії Асуанської греблі (потужністю 203 МВт) та менша установка з обладнанням від BBC .

**У 1960-х роках виробництво такої продукції почало згасати через економічну неконкурентоспроможність порівняно з дешевим аміаком на основі природного**

## Відродження: Нова ера зеленого аміаку (2018 — наш час)

- 2018 рік:** Поява концепції "блакитного" аміаку (з уловлюванням CO<sub>2</sub>) як перехідного етапу. Того ж року розпочинаються активні дослідження та перші демонстраційні проєкти з використанням відновлюваної енергії для живлення електролізу .
- 2022 рік:** глобальне виробництво зеленого аміаку становило лише 0,01% від загального, але понад 60 компаній заявили про плани будувати нові заводи
- 2023 рік:** Nature присвячує цілий фокус-випуск "зеленому синтезу аміаку"
- 2023–2024 роки:** Судно *Viking Energy* в Норвегії починає використовувати зелений аміак від компанії Yara в паливних елементах. *Національна енергетична група Китаю* успішно випробовує співспалювання аміаку з вугіллям на потужній електростанції (600 МВт)
- 2030 рік:** Прогнозується, що ринок зеленого аміаку досягне \$54,8 мільярда (з ~\$63 млн у 2022). Очікується початок масового використання в міжнародному судноплаванні
- До 2050 року:** Ставиться амбітна мета повністю замінити "коричневий" аміак на "зелений" (net-zero agile ammonia)



## ОСНОВНІ ПРОЄКТИ ЗАВОДУ YARA



Назва проєкту / Майданчик	Місцезнаходження	Потужність / Масштаб	Статус / Рік завершення	Ключова технологія
Herøya	Норвегія	24 МВт електролізер	Діючий	Виробництво водню з води за допомогою електролізу на відновлюваній енергії (заміна природного газу).
Cubatão	Бразилія	Н/Д	Діючий	Використання відновлюваного біометану з відходів цукрової тростини замість викопного газу.
Sluiskil	Нідерланди	Уловлювання ~800 000 тонн CO <sub>2</sub> /рік	Запуск у 2026 році (capture project)	Найбільший у Європі промисловий проєкт уловлювання CO <sub>2</sub> на діючому заводі для підземного зберігання.
Yuri Renewable Hydrogen to Ammonia Project	Пілбара, Західна Австралія	10 МВт електролізер (640 тонн H <sub>2</sub> /рік)	Будівництво завершується у 2026 році	Інтеграція електролізу на сонячній енергії для заміни частини водню з SMR на діючому заводі Yara.
Louisiana Clean Energy Complex	Луїзіана, США	2,8 млн тонн аміаку/рік (план)	FID очікується в середині 2026, завершення до 2030	Партнерство з Air Products: Yara придбає об'єкти для виробництва аміаку з низьковуглецевого водню (з уловлюванням 95% CO <sub>2</sub> ).
NEOM Green Hydrogen Project	Саудівська Аравія	До 1,2 млн тонн аміаку/рік	Завершено на >90%, запуск у 2027	Партнерство з Air Products: Yara комерціалізуватиме "зелений" аміак через свою глобальну мережу.

## SKOVGAARD ENERGY (РАММЕ, ДАНІЯ)

- Завод має річну потужність 5 тис. тонн «зеленого» аміаку та забезпечує скорочення викидів приблизно 9,6 тис. тонн CO<sub>2</sub> на рік.
- Проект отримав 81 млн данських крон (приблизно €11 млн) фінансування від Данської програми розвитку та демонстрації енергетичних технологій (EUDP).
- Енергопостачання забезпечують 50 МВт нових сонячних панелей та 12 МВт вітрових турбін Vestas.



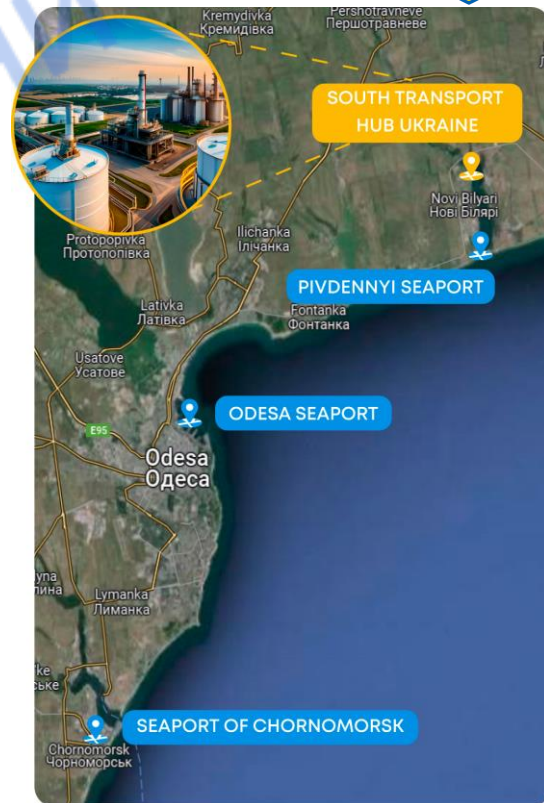
## ПІВДЕННИЙ ТРАНСПОРТНИЙ ХАБ (ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ)



Це великий проєкт, який має на меті створити в Україні великий центр виробництва **зеленої водню та зеленого аміаку** з використанням **сонячної та вітрової енергії**. Він передбачає:

- встановлення великих **електролізерів (~1485 МВт)** для виробництва водню з відновлюваних джерел;
- синтез зеленої аміаку (до **≈ 1,2 млн т/рік**);
- використання інфраструктури порту Південний для **експорту продукції**;
- потенційне постачання в Європу.

Це один із найбільш амбіційних проєктів у країні, що прагне стати **експортним центром «зелених» енергетичних продуктів**.



## H2U Hydrogen Valley

Передбачено:

- сонячну станцію **~120 МВт**
- вітрову станцію **~80 МВт**
- електролізер **~100 МВт**

Це дасть змогу виробляти:

- близько **21 000 т зеленого водню/рік**
- близько **120 000 т зеленого аміаку/рік**  
(можлива часткова конверсія газу в метанол тощо)



**Цей проєкт може стати пілотним майданчиком для добрив і для подальшого масштабування.**

## СТРАТЕГІЧНІ ПЛАНИ ТА ПОТЕНЦІАЛ ДО 2030

- побудувати до **10 ГВт електролізерної потужності** до 2030 року;
- частина цього — спеціально для **виробництва зеленого аміаку**, включно для внутрішнього ринку добрив;
- це суттєво допоможе з **декарбонізацією економіки** та зменшить залежність від імпорту енергоносіїв.



## ПОТЕНЦІЙНІ ВИГОДИ ДЛЯ ЗЕЛЕНОГО САДІВНИЦТВА



- Зменшується вуглецевий слід аграрного сектору.
- Підходить для сертифікованих “green” продуктів, що легше продаються на європейських ринках.
- Використання таких добрив у садах дозволяє отримувати органічно сертифіковану продукцію.



## ПОТЕНЦІЙНІ ВИГОДИ ДЛЯ ЗЕЛЕНОГО САДІВНИЦТВА

- Виробництво карбаміду та аміачної селітри
- Стійкий внутрішній ринок — менше залежності від імпорту.
- Будівництво заводів зеленого аміаку та конверсія його в добрива → тисячі робочих місць.
- Розвиток електролізерів, технологій синтезу аміаку, логістики добрив.
- Підтримка суміжних секторів: металургія, машинобудування, сервісні компанії.



# PROGRESS

Promoting Green Deal Readiness in  
the Eastern Partnership Countries



# ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

НУБІП України

