

УДК 631.432:631.6:628.3

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.44>

ДИНАМІКА ВОЛОГОСТІ ЯК ІНДИКАТОР СТРУКТУРНИХ ЗМІН ҐРУНТУ ПІСЛЯ ВНЕСЕННЯ ВАПНЯНО-ФЛОКУЛЬОВАНОГО ШЛАМУ РІВНЕНСЬКОЇ АЕС

Прищеп А.М. – д.с.-г.н.,

професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища
та лісового господарства,

Національний університет водного господарства та природокористування
orcid.org/0000-0001-5096-9088

Ярошук О.В. – аспірант кафедри екології, технології захисту
навколишнього середовища та лісового господарства,

Національний університет водного господарства та природокористування
orcid.org/0000-0002-1145-5049

Внесення вапнякових меліорантів для нейтралізації кислотності ґрунтів є загальнопоширеною практикою. Особливо актуально стоїть питання вапнування дерново-підзолистих ґрунтів Рівненської області, де середньозважений показник кислотності pH_{KCl} коливається від 4,9 до 5,9 одиниць.

Під час пошуку доступних місцевих вапняних меліорантів, був досліджений шлам, що утворився як відходи водопідготовки Рівненської АЕС. В статті підтверджується ефективність застосування вапняного шламу Рівненської АЕС в якості меліоранту кислих ґрунтів. Представлені результати досліджень застосування вапняного шламу переважно були зосереджені на його нейтралізуючій здатності та підвищенні врожайності сільськогосподарських культур внаслідок його внесення.

В статті описані хімічні процеси утворення вапняно-флокульованого шламу під час водопідготовки та його потенційний вплив на вологоутримуючу здатність для дерново-підзолистих ґрунтів.

Представлені результати досліджень кислотності зразків ґрунту та динаміка зміни вмісту вологи в зразках без додавання та після внесення вапняно-флокульованого шламу. Дослідження є актуальним в зв'язку з багаторічним продовженням літнього періоду (до середини вересня) на тлі скорочення тривалості та пом'якшення температурного режиму зим, що посилює випаровування та виснажує запаси ґрунтової вологи.

Доведено, що наявність у складі шламу карбонату кальцію та залишків полімерних ланцюгів поліакриламід (ПАА) сприяє формуванню структури ґрунту, уповільнюють випаровування води та затримують вологу в ґрунті.

Результати підтверджують ефективність використання вапняно-флокульованого шламу Рівненської АЕС, як багатофункціонального ресурсу для хімічної меліорації та структурної стабілізації легких ґрунтів у межах моделі циркулярної економіки та вирішують питання утилізації відходів водопідготовки Рівненської АЕС.

Ключові слова: вологість ґрунту, вапняно-флокульований шлам, відходи, поліакриламід, Рівненська АЕС, pH_{KCl} ґрунту, структурна стабілізація ґрунтів.

Pryshchepa A.M., Yaroshchuk O.V. Moisture dynamics as an indicator of soil structural changes following the application of lime-flocculated sludge from the Rivne NPP

The application of calcareous amendments to neutralize soil acidity is a widely established practice. The issue of liming sod-podzolic soils in the Rivne region is of particular relevance, as the weighted average pH_{KCl} ranges from 4.9 to 5.9 units.



© Прищеп А.М., Ярошук О.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

In the search for available local lime amendments, sludge generated as water treatment waste from the Rivne NPP was investigated. This article confirms the effectiveness of using Rivne NPP lime sludge as a soil amendment for acidic soils. The presented research results on the application of lime sludge have primarily focused on its neutralizing capacity and the subsequent increase in crop yields.

The article describes the chemical processes of lime-flocculated sludge formation during water treatment and its potential impact on the water-holding capacity of sod-podzolic soils.

The study presents results on soil acidity and the moisture content dynamics in samples both without the addition and after the application of lime-flocculated sludge. The research is highly timely due to the long-term trend of prolonged summer periods (extending into mid-September) coupled with shorter and milder winters, which intensifies evaporation and depletes soil moisture reserves.

It has been proven that the presence of calcium carbonate and residual polyacrylamide (PAM) polymer chains in the sludge promotes the formation of a stable soil structure, slows down water evaporation, and enhances moisture retention in the soil.

The results confirm the effectiveness of using lime-flocculated sludge from the Rivne NPP as a multifunctional resource for chemical reclamation and structural stabilization of light-textured soils within the circular economy model, while simultaneously addressing the issue of water treatment waste disposal at the Rivne NPP.

Key words: soil moisture, lime-flocculated sludge, waste, polyacrylamide, Rivne NPP, soil pH, structural soil stabilization.

Актуальність теми дослідження. Проблема родючості ґрунтів залишається надзвичайно актуальною у сучасному землеробстві, особливо на територіях із промивним та періодично промивним типами водного режиму [1, с. 7].

Для сільськогосподарських угідь Рівненської області характерна велика строкатість ґрунтового покриву. У північній частині області найпоширенішими є ґрунти дерново-підзолистого типу ґрунтоутворення різного ступеня оглеєності, які мають низьку природну родючість [2, с. 13].

Порівняно легкий гранулометричний склад їх та значна кількість опадів призводять до вимивання розчинних сполук, тому ці ґрунти містять мало рухомих поживних речовин, гумусу й солей кальцію і магнію [1, с. 9].

В умовах зростаючого антропогенного навантаження відбувається порушення екологічної рівноваги, спостерігається зміна кількісних та якісних показників навколишнього середовища [3, с. 13]. Глобальне потепління клімату є на сьогодні визнаним процесом, який спостерігатиметься й у найближче десятиліття. На Рівненщині протягом останнього десятиріччя середньорічна температура повітря зросла в середньому на 1°C. Тенденцією є те, що останніми роками весняне тепло настає із запізненням, а вересень стає майже літнім місяцем [3, с. 28], що посилює випаровування та виснажує запаси ґрунтової вологи.

В умовах таких гідротермічних змін традиційні підходи до вапнування кислих ґрунтів потребують доповнення функціями структурної стабілізації. Використання вапняно-флокульованого шламу, який утворюється під час водопідготовки Рівненської АЕС, може стати стратегічним заходом цієї адаптації та одночасно вирішить питання його утилізації та буде економічно доцільним заходом в регіоні, особливо в умовах зростання логістичних витрат.

Постановка проблеми. Проблема вапнування традиційно посідає центральне місце в дослідженнях кислих ґрунтів та відтворення їхньої родючості. Науковий пошук тривалий час був зосереджений на встановленні закономірностей післядії різних видів і доз вапнякових меліорантів, а також на оцінці їхнього впливу на фізико-хімічні властивості ґрунтів.

Хімічна меліорація кислих і близьких до нейтральної реакції ґрунтів є основним фактором підвищення врожайності сільськогосподарських культур. У той же час,

систематичне застосування добрив істотно впливає на зміну фізико-хімічних, агрохімічних і мікробіологічних процесів у ґрунті. Ці зміни найбільше проявляються на легких за гранулометричним складом ґрунтах, які характеризуються кислотою реакцією ґрунтового розчину, низьким умістом мулістої фракції і органічної речовини, а у зв'язку з цим мають незначну ємність катіонного обміну [1, с. 7].

Результатами досліджень визначення кислотності ґрунтів Рівненської області у 2024 році, яке проводилось на землях з інтенсивним сільськогосподарським використанням та землях з природньо низькими показниками родючості встановлено, що в останні роки площі з кислими ґрунтами залишаються досить високими. Зростання площ відбувається за рахунок істотного збільшення слабо кислих і середньо кислих ґрунтів [3, с. 118].

Причинами зростання цих площ є техногенне забруднення ґрунтів, використання фізіологічно кислих мінеральних добрив, зменшення внесення органічних добрив, тривале нехтування заходами хімічної меліорації, що в свою чергу сприяє декальцинації ґрунтів, трансформації слабо кислих ґрунтів в середньо і сильно кислі. За матеріалами кислотної зйомки 2024 року станом на 01.01.2025 року проведення хімічної меліорації потребують середньо та сильнокислі ґрунти загальною площею 8250 га сільськогосподарських угідь Рівненської області [3, с. 118].

Дослідженнями Веремеєнко С. І. [4, с. 88-96], Долженчука В. І. [5, с. 11-17; 7, с. 4-6; 26-27], Зінчука М. І. [7, с. 4-6; 26-27], Клименка М. О. [5, с. 11-17], Польового В. М. [6, с.64-70], Фурмана В. М. [8, с. 244-250], Фурманця А. О. [4, с. 88-96; 9, с. 115-121] та інших доведено, що ситуація з підкисленням ґрунтів набула загрозливого характеру, а також призводить до посилення деградаційних процесів та втрати їхньої екологічної стійкості.

Проведені наукові дослідження спрямовані на пошук комплексного підходу до розв'язання проблеми низької родючості та підвищеної кислотності дерново-підзолистих ґрунтів Західного Полісся, зокрема Рівненської області. Автори акцентують увагу на вивченні ефективності місцевих вапнякових добрив та побічних продуктів промисловості, таких як вапняний шлам, як дієвих меліорантів для покращення агрохімічних властивостей супіщаних ґрунтів. Результати робіт обґрунтовують доцільність хімічної меліорації як базового заходу для відтворення потенціалу ґрунтового покриву та підвищення економічної ефективності агропромисловості в регіоні.

Сучасний стан агросфери Рівненської області характеризується поєднанням деградаційних процесів ґрунтового покриву та кліматичних аномалій. Близько 70% орних земель поліської зони області представлені кислими дерново-підзолистими ґрунтами, які через легкий гранулометричний склад мають низьку вологоутримувальну здатність. Зростання середньодобових температур у літній період та пролонгація бездощових періодів призводять до інтенсивного висушування кореневмісного шару. В умовах промивного режиму легкі ґрунти не здатні акумулювати весняні запаси води, що в поєднанні з літньою спекою створює критичний дефіцит доступної вологи для сільськогосподарських культур.

Незважаючи на те, що питанням вапнування кислих ґрунтів багато дослідників приділяли значну увагу, є лише поодинокі дані тривалих польових дослідів про динаміку кислотності вапнованих ґрунтів. Інтенсифікація землеробства без систематичного науково обґрунтованого застосування вапнякових матеріалів прискорює руйнування ґрунту не тільки в умовах надмірного зволоження, але й у районах з періодично промивним водним режимом [1, с. 53].

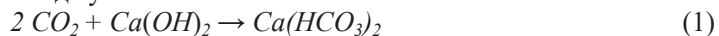
Методика досліджень. У дослідженнях використовували польові та лабораторні методи досліджень.

Дослідження проводили з використанням вапняного шламу виробничого підприємства Рівненська АЕС. Для потреб Рівненської АЕС використовуються води річки Стир, які відносяться до кальцієвої групи, гідрокарбонатного класу з домінуючими катіонами – Ca^{2+} та аніонами – HCO_3^- . Для забезпечення безнакипного режиму водопідготовчого обладнання Рівненської АЕС та попередження утворення карбонатних відкладень проводиться протинакипна підготовка охолоджувальної води, так як наявність щільних карбонатних відкладень на поверхнях теплообмінного обладнання призводить до зниження експлуатаційних характеристик теплообмінного обладнання, збільшення тривалості ремонтів і, як наслідок, зниження виробітку електроенергії [10, с. 109].

Відповідно до проекту на Рівненській АЕС функціонують споруди очищення добавленої води (СОДВ) потужністю 8350 м³/год, які забезпечують хімічне очищення та пом'якшення води для потреб циркуляційної системи технічного водозабезпечення АЕС, шляхом попереднього очищення води, а саме вапнуванням та введенням флокулянту.

Вапнування води на Рівненській АЕС проводиться в режимі бікарбонатного освітлення. Через відсутність сорту, що спеціально виготовляється для обробки води, застосовують будівельне вапно негашене (кальцій оксид), другого сорту, якісні показники якого відповідають [13, с. 3-5] та аніонного флокулянту (поліакриламід)[12]. Акриловий полімер використовується лише для обробки промислових вод, полімерний компонент дуже стійкий до біологічного розкладання. Поліакриламід представлений у вигляді дрібнодисперсного порошку або твердих гранульованих часток білого кольору з високим ступенем гігроскопічності, лінійний полімер, добре розчиняється у воді (рис. 1 а, б). Хімічна формула поліакриламід (ПАА) – $(C_3H_5NO)_n$, молекулярна (атомна) маса становить (10 000-20 000 000) аом.

Суть освітлення вапнуванням полягає у видаленні з води бікарбонат-іонів, при цьому відбуваються наступні процеси: зв'язується вуглекислий газ – реакція (1), іони кальцію випадають в осад – реакція (2) [13, с. 70]. Процеси відбуваються з дотриманням карбонатно-бікарбонатного режиму вапнування (рН 9,6–9,8 од.) при якому солі магнію осаджуються частково.



При вапнуванні з застосуванням флокулянту (доза – 0,3÷0,4 г/м³) досягається зниження лужності води (і, як правило, відповідне зниження твердості води і сухого залишку), видалення суспензій і освітлення, зниження вмісту заліза, кремнієвої кислоти і органічних сполук. Основними компонентами ВФШ є річковий мул, грубо-дисперсні домішки, карбонат кальцію (до 97% $CaCO_3$ [5, с. 12]) та полімерні молекули ПАА.

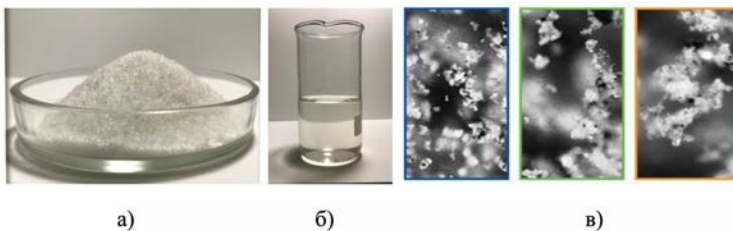


Рис. 1. Фото флокулянту ПАА: а) сухі кристали; б) водний розчин; в) процес флокуляції

Флокулянт прискорює злипання агрегативно нестійких частинок і тим самим інтенсифікують процес утворення пластівців (рис. 2, в). Під час процесу флокуляції вапнованої води мікрофлокули контактують одна з одною в процесі повільного змішування. Зіткнення частинок мікрофлокул призводять до їхнього зчеплення, утворюючи більші, видимі флокули (рис. 2, а, б, в). Розмір флокул продовжує збільшуватися внаслідок додаткових зіткнень та взаємодії з доданими органічними полімерами. Утворюються макрофлокули і як тільки флокула досягне свого оптимального розміру та міцності, вода готова до процесу розділення (осаджування) (рис. 2, г, д).

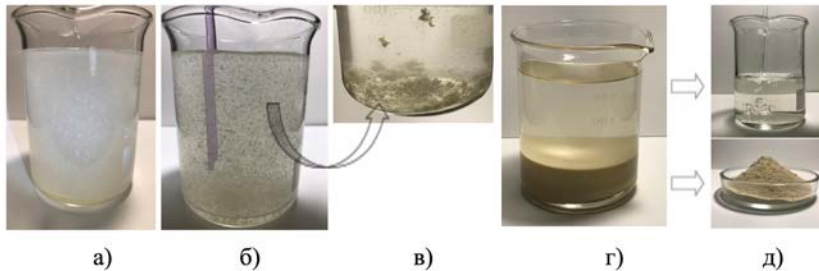


Рис. 2. Фото утворення твердої фази під час вапнування та флокуляції води:
а) вапнована вода; б) вапновано-флокульована вода; в) макрофлокули;
г) осаджений розчин; д) освітлена вода та вапняно-флокульований шлам

Наявність аніонного флокулянту (поліакриламід) у вапняному шламi сприяє формуванню водотривкої агрегатної структури ґрунту, що перешкоджає його запливанню та ерозії. Завдяки створенню полімерних «містків» між ґрунтовими частками та катіонами кальцію, підвищується капілярна вологемність легких ґрунтів, що мінімізує дефіцит вологи в посушливі періоди. Це дозволяє не лише нейтралізувати кислотність, а й стабілізувати агрофізичний стан ґрунтового середовища в умовах кліматичних змін.

Деякі дослідження зафіксували збільшення мікробної активності в ґрунтах оброблених ПАА, що пояснюється покращенням аерації та водного режиму ґрунту. Також було встановлено, що ПАА не впливає негативно на розвиток рослин (наприклад, пшениці, кукурудзи, квасолі) та не накопичується в їхніх тканинах [14, с. 124].

З метою вивчення процесів структурної трансформації ґрунту на присадибній ділянці м. Вараш в північній частині Рівненської області (<https://maps.app.goo.gl/NQ3zSoB7NeX9dTEV8>), було внесено вапняно- флокульований шлам Рівненської АЕС.

Дослідження показали, що внесення повної дози CaCO_3 ВФШ зумовило різке зниження рівня кислотності на провапнованій ділянці аж до нейтральних значень (табл. 1). Відбір проб ґрунту виконувалось відповідно до вимог [15]. Вимірювання рН проводилось іонімометром «И-160М» за методикою [16].

З дослідної ділянки було відібрано два зразки ґрунту: без добавок та після внесення ВФШ з терміном дії на ґрунт 6 місяців.

Зразки ґрунту розміщувалися в ідентичних контейнерах об'ємом 10 л кожен і зберігалися в умовах сухого закритого приміщення. Протягом періоду дослідження (з 01.03.2026 р. по 19.03.2026 р.) щоденно здійснювався відбір ґрунтових

Таблиця 1

Параметри внесення ВФШ та стан ґрунту

| Дата внесення в ґрунт | Доза внесення | Спосіб внесення | Термін дії на ґрунт | рН, од. | |
|-----------------------|----------------------|----------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------|
| | | | | ґрунт без добавок | ґрунт з ВФШ |
| 01.09.2025 | 350 г/м ² | розсіювання та перекопування 20-30 см. | 6 міс. | 5,2 | 7,2 |

проб з глибини 25 см для моніторингу динаміки вологості, також проводився контроль температури та відносної вологості в приміщенні.

Визначення вагового вмісту води в ґрунті здійснювалося термогравіметричним методом з використанням електронного аналізатора вологості серії AD (модифікація ADGS). Принцип вимірювання базувався на визначенні динаміки втрати маси зразка в процесі нагрівання його до температури 120 °С. При досягненні постійної маси, ваги-воломіри автоматично розраховували відносну вологість як відношення маси видаленої води до початкової (або сухої) маси наважки. Початкова вологість зразку 1 склала 9,97%, кінцева – 4,47% (рис. 3). Спостерігається динаміка падіння вмісту води, що характерно для деструктурованих піщаних та супіщаних ґрунтів з високою капілярною провідністю та низькою вологоємністю.

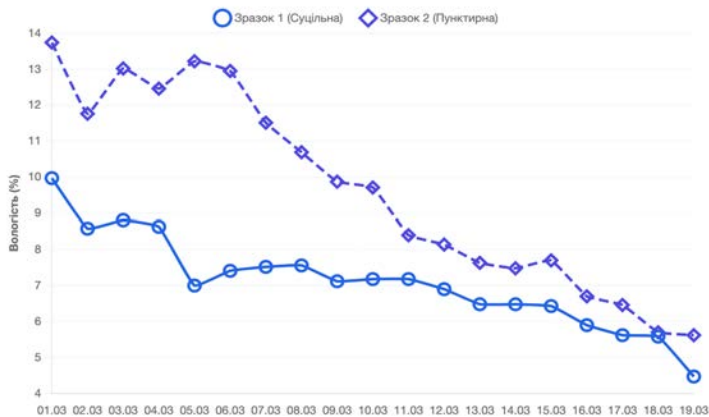


Рис. 3. Динаміка вагового вмісту води в дослідних зразках ґрунту протягом періоду дослідження

Зразок 2, оброблений ВФШ, виявив значно вищу стійкість до десорбції води, початкова вологість зразку 2 склала 13,74%, кінцева – 5,62% (рис. 4). Зразок 2 демонструє тривалішу стабілізацію запасів води в ґрунті, що є надзвичайно важливим для забезпечення рослин доступною водою, у той час як зразок 1 швидше втрачає вологу.

Вимірювання температури повітря та відносної вологості в приміщенні здійснювався гігрометром психрометричним «ВІТ-2». Розрахунок відносної вологості в приміщенні обчислювався за різницею показників «сухого» та «звложеного» термометрів (рис. 4).

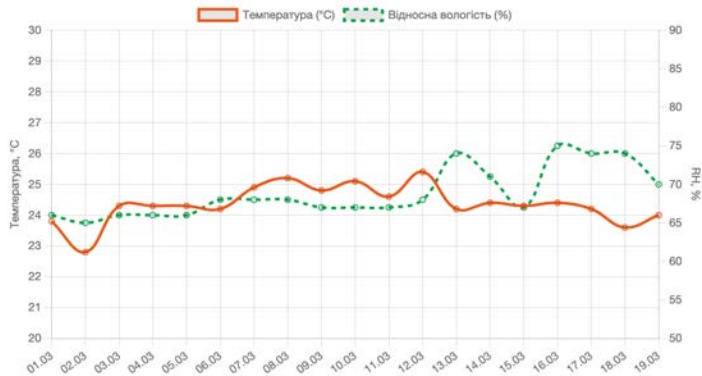


Рис. 4. Динаміка зміни температури та відносної вологості (RH) в приміщенні протягом періоду дослідження

Протягом періоду спостереження (з 01.03.2026 р. по 19.03.2026 р.) діапазон температур складав: від 22,85 °С до 25,45 °С. Середня температура (за «сухим» термометром) в приміщенні склала 24,39 °С. Середнє значення відносної вологості повітря в приміщенні склало 68,3%, що свідчить про помірно сухі умови, що сприяють інтенсивному випаровуванню з поверхні ґрунту.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Вапняно-флокульований шлам це матеріал, що містить сполуки кальцію та залишок аніонного флокулянту (поліакриламід) і виконує роль хімічного меліоранта. Додавання вапняного шламу в поєднанні з ПАА сприяє формуванню водотривкої структури ґрунту. Кальцієві сполуки шламу та полімерні ланцюги ПАА створюють штучні агрегати, які зменшують пряме випаровування та затримують вологу в мезопорах. Наявність поліакриламід (ПАА), як високомолекулярного полімеру, виступає в ролі «структуроутворювача». Він адсорбується на поверхні ґрунтових часток, зв'язуючи їх у водотривкі агрегати. ПАА створює своєрідну сітчасту матрицю, яка фізично утримує молекули води в порах, зменшуючи їх гравітаційний стік та непродуктивне випаровування.

Аналізуючи дослідження вологості ґрунту слід відмітити, що зразок 2 виявився менш вразливим до високої температури «сухого» термометра (24-25°C), що підтверджує зміну потенціалу утримання води під дією внесеного меліоранта і те, що вода стає доступнішою для коріння рослин.

Результати підтверджують ефективність використання відходів водоочищення РАЕС (ВФШ) як меліоранта для поліпшення гідрофізичних властивостей легких ґрунтів Полісся. Використання даної технології відображає здатність меліоранта формувати водотривкі агрегати, які протидіють деградації ґрунту в умовах подовженого літнього сезону. Для ґрунтів із промивним та періодично промивним типом режиму це означає перехід до більш ощадливого використання опадів, що послаблює негативний вплив температурних аномалій на врожайність сільськогосподарських культур.

У цьому контексті використання вапняно-флокульованого шламу (ВФШ) Рівненської АЕС виходить за межі простої хімічної меліорації. Шлам, що утворюється в процесі водопідготовки є унікальним багатофункціональним ресурсом.

Високий вміст сполук кальцію дозволяє ефективно коригувати рН ґрунтового розчину, що є традиційним методом окультурення кислих ґрунтів Рівненщини. Наявність залишку флокулянту у складі шламу ініціює процеси агрегації ґрунтових часток. Це фундаментально змінює їх внутрішню будову перетворюючи "промивний" ґрунт на систему, здатну утримувати капілярну вологу. Використання шламу РАЕС вирішує проблему утилізації промислових відходів енергетичного сектору, перетворюючи їх на цінний агрохімічний меліорант (принцип Circular Economy).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ткаченко М. А., Кондратюк І. М., Борис Н. Є. Хімічна меліорація кислих ґрунтів: монографія. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2019. 318 с.
2. Стратегія розвитку Рівненської області на період до 2027 року (нова редакція): НПА № 122 від 28 лютого 2025 р. 147 с.
3. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області у 2024 р. Рівне, 2025. 242 с.
4. Веремєєнко С. І., Фурманець О. А., Піддубняк В. А., Кондратюк М. Ефективність застосування вапнякового шламу в якості меліоранту на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті Західного Полісся України. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сільськогосподарські науки. Рівне, 2018. Вип. 2. С. 88–96. DOI: 10.31713/vs220188.
5. Клименко М. О. та ін. Ефективність місцевих вапнякових добрив в умовах Рівненської області. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сільськогосподарські науки. Рівне : НУВГП, 2014. Вип. 2(66). С. 11–17.
6. Польовий В. М. та ін. Еколого-економічні аспекти вирощування пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) на дерново-підзолистих ґрунтах залежно від удобрення і вапнування. Агроекологічний журнал. Київ, 2021. № 2. С. 64–70. DOI: 10.33730/2077-4893.2.2021.234459.
7. Зінчук М. І. та ін. Рекомендації щодо покращення родючості кислих ґрунтів шляхом вапнування, розроблення систем сівозмін, удобрення та захисту рослин. Маневичі, 2015. 30 с.
8. Фурман В. М., Люсак Г. В., Солодка Т. М. Моніторинг агроекологічного стану ґрунтів Рівненського району Рівненської області. Таврійський науковий вісник. Херсон, 2018. № 103. С. 244–250.
9. Фурманець О. А., Піддубняк В. А. Вплив вапнякового шламу на кислотність дерново-підзолистого супіщаного ґрунту Західного Полісся України. Таврійський науковий вісник. Херсон, 2018. Вип. 104. С. 115–121.
10. Прищєпа А. М., Ярошук О. В. Використання відходів водопідготовки (вапняного шламу) Рівненської АЕС у контексті розвитку циркулярної економіки регіону. Національний форум «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології», 24–25 листопада 2022 року, м. Київ. С. 108–110.
11. ДСТУ Б В.2.7-90:2011 Вапно будівельне. Технічні умови. Київ : Мінрегіон України, 2012. 26 с.
12. Закупівля флокулянта. [Електронний ресурс] URL: <https://prozorro.gov.ua/uk/tender/UA-2025-08-19-010281-a>.
13. Kuznietsov P. N., Biedunkova O. O., Yaroshchuk O. V. Experimental study of transformation of carbonate system components cooling water of Rivne Nuclear Power Plant during water treatment by liming. Problems of Atomic Science and Technology. 2023. № 2023(2). P. 69–73. DOI: 10.46813/2023-144-069.

14. Sojka R. E., Bjerneberg D. L., Entry J. A. et al. Polyacrylamide in Agriculture and Environmental Land Management. *Advances in Agronomy*. 2007. Vol. 92. P. 75–162. DOI: 10.1016/S0065-2113(04)92002-0.

15. Якість ґрунту. Відбирання проб: ДСТУ 4287:2004. [Чинний від 2005-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 10 с.

16. Метрологія. рН-метри та іоніметри лабораторні. Методика повірки: ДСТУ 9021:2020. Київ, 2020. 16 с.

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026