



# Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.445.1

© 2018

## ВПЛИВ ГЛЕЙОВИХ ПРОЦЕСІВ НА ФОСФАТНИЙ СТАН ҐРУНТІВ

*Р.С. Трускавецький<sup>1</sup>, В.В. Зубковська<sup>2</sup>, Н.Ю. Паламарь<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН*

*<sup>2</sup>кандидат сільськогосподарських наук*

*<sup>1, 2, 3</sup>ННЦ «Інститут ґрунтознавства*

*та агрохімії імені О.Н. Соколовського»,*

*вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024, Україна*

*e-mail: <sup>1</sup>truskavetsky@ukr.net, <sup>2</sup>vikvik09@meta.ua, <sup>3</sup>palamar78@ukr.net*

Надійшла 3.11.2017

**Мета.** Оцінити фосфатний стан оглеєних ґрунтів, характер впливу глейових процесів на поведінку фосфатних аніонів, їх акумуляцію, рухомість і міграцію. **Методи.** Теоретичного узагальнення, лабораторно-модельні дослідження, хімічний аналіз, розрахунково-аналітичний. **Результати.** Установлено, що глейові процеси інтенсифікують перехід найдоступніших рослинам фосфатних аніонів ґрунтового розчину в зв'язані фосфат-мінеральні і фосфат-органомінеральні форми. Головним чинником активізації цих процесів є вільні (несилікатні) сполуки заліза і алюмінію, уміст яких істотно зростає під впливом глейової деструкції глинистих мінералів. **Висновки.** Оптимізація фосфатного режиму в глейових ґрунтах можлива й ефективна лише на фоні агро меліоративних заходів. Вона успішно вирішується застосуванням авторської інноваційної розробки — локальної органомінеральної системи землеробства.

**Ключові слова:** глейові процеси, гідроморфізм, фосфатний стан, поведінка фосфатів, акумуляція фосфору, міграція фосфору.

Глейові процеси інтенсивно розвиваються в умовах анаеробіозису (кисневого дефіциту) за наявності сполук елементів зі змінною валентністю та органічних речовин. Ознаки оглеєності та оторфованості — основні діагностичні критерії гідроморфного ґрунтоутворення. Багата видова різноманітність гідроморфних ґрунтів зумовлена різним ступенем розвитку глейових і глеєлювіальних процесів, кислотно-основним режимом та інтенсивністю накопичення органічної речовини.

Гідроморфні ґрунти належать до інтразональних утворень і поширені в усіх природних зонах України. У структурі ґрунтового покриву гідроморфні ґрунти домінують у зонах Полісся, Західного Лісостепу, Прикарпатті і Закарпатті. Вони переважають на знижених елементах рельєфу в заплавах рік і надзаплавних терасах, трапляються на вододілах і схилах у місцях застою і/або виклинення підґрунтових вод. На знижених елементах рельєфу домінує підґрунтовий гідроморфізм; на підвищених — поверхневий

або омбrogenний гідроморфізм. У гідроморфних ґрунтах омбrogenної генези за умов застійно-промивного водного режиму глейові процеси і ацидоморфізм (утворення кислот) тісно пов'язані між собою та взаємозумовлені, рН у них, як правило, не виходить за межі кислотного інтервалу.

Генетичним особливостям глейових ґрунтів присвячено низку наукових праць [1–4]. Натомість проблема особливостей функціонування процесів і режимів, що безпосередньо формують родючість глейових ґрунтів і є основою для обґрунтованого вибору агро-технологічних і меліоративних рішень, залишається з багатьох сторін нерозв'язаною. Тому питання діагностики та оптимізації поживного режиму глейових ґрунтів є актуальними, оскільки їх розв'язання сприятиме успішному аграрному розвитку регіонів.

Одним із найпріоритетніших завдань у розв'язанні проблем родючості ґрунтів є оптимізація їхнього фосфатного стану і поліпшення умов фосфорного живлення рослин [5, 6]. Пошук джерел і способів поліпшення фосфорного живлення рослин порівняно з азотним і калійним є більш проблематичним. Потужні запаси атмосферного азоту і ґрунтового калію — невичерпні ресурси для відтворення азотного і калійного живлення рослин. Натомість природні ресурси для виробництва фосфорних добрив надто обмежені, що істотно загострює розв'язання фосфатної проблеми. Далі зростаючий дефіцит мінеральної сировини для виробництва фосфорних добрив, їх дорожнеча змушують науковців і практиків-аграріїв активно займатися пошуком нових джерел і способів оптимізації фосфатного стану ґрунтів. Цей стан в умовах оглеєності ґрунту і розвитку глейових процесів характеризується своїми особливостями, які залишаються невизначеними.

Поведінці фосфору в автоморфних ґрунтах присвячено низку наукових праць [5, 7, 8], водночас питання впливу глейових процесів на фосфатний стан ґрунтів висвітлюється лише в деяких працях.

**Мета досліджень** — визначити характер впливу глейових процесів на фосфатний стан ґрунтів як основу для обґрунтування способів оптимізації цього стану. Її досягнуто на основі вивчення закономірності

впливу глейових процесів на поведінку фосфатних іонів — їх мобілізацію-імобілізацію, трансформацію і міграцію. Установлення закономірностей перебігу зазначених процесів дало змогу розробити інноваційну модель управління фосфатним станом гідроморфних ґрунтів із перспективою імплементації цієї моделі в практику діяльності агрохімічної служби [9].

**Матеріали та методи досліджень.** Матеріалами досліджень були зразки ґрунту, відібрані з орного шару ясно-сірих лісових, дерново-підзолистих і алювіально-лучних ґрунтів різної гранулометрії, оглеєності та використання. Для визначення ролі глейових процесів у формуванні фосфатного режиму проведено низку лабораторно-модельних експериментів. Розвиток глейових процесів здійснювали штучним їх моделюванням на зразках ґрунту, взятих з орного шару неоглеєного гумусного горизонту. Для підсилення процесів біохімічного відновлення до компостованої ґрунтової маси додавали глюкозу. Тривалість компостування — 8 міс. Наприкінці компостування (останній місяць) проведено подекадні заміри окисно-відновного потенціалу (ОВП) з використанням платинового електрода. Після завершення дослідів відібрано проби для визначення вмісту рухомих форм заліза (ДСТУ 4724:2007), алюмінію (ГОСТ 26485–85), фосфору (ГОСТ 26204–91),  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  (ГОСТ 26423), фосфат-буферності (ДСТУ 4724:2007) — фосфатного фактора інтенсивності (ФФІ), мобілізаційної та імобілізаційної фосфат-буферних ємностей (ФБЄ). Аналогічний дослід із різним режимом зволоження було проведено також на ґрунтових колонках, які під кінець компостування промивали дистильованою водою з метою встановлення міграційної піддатливості фосфатів в умовах розвитку глейових процесів. У промивних водах визначали вміст фосфору в іонній та орґано-мінеральних зв'язаних формах. Фосфор з орґано-мінеральних комплексів вивільнювався через руйнування їх перекисом водню.

**Результати досліджень.** Лабораторно-модельні експерименти підтвердили, що кислотно-основний і окисно-відновний режими є значущими чинниками внутрішньоґрунтових

фосфатних трансформацій, унаслідок яких істотно змінюється фосфатний стан ґрунтів і поведінка фосфатних іонів у ґрунтового середовищі. У натурних умовах параметри показників ОВП та амплітуда їх коливань у часі й просторі є генетично зумовленими і властивими для кожного конкретного різновиду ґрунту. Проте сучасні кліматичні зміни вносять істотні корективи в усталену закономірність перебігу ґрунтових процесів. Ці зміни спрямовані на загальне потепління клімату. Не менше впливають на перебіг ґрунтових процесів дедалі зростаюча контрастність і висока динамічність гідротермічного режиму, на що слід звернути особливу увагу. Висока і контрастна динамічність зволоженості — визначальний чинник, що зумовлює характер поведінки фосфору в оглеєному ґрунтового середовищі.

Про істотний вплив оглеєння ґрунту на його фосфатний стан свідчать результати узагальнення літературних джерел [10, 11] і фондових архівних матеріалів із великомасштабного обстеження ґрунтів. Загальні запаси фосфору в поверхнево оглеєних різновидах дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтів, як правило, нижчі, ніж у таких самих ґрунтах, але неоглеєних (табл. 1).

Найвищі запаси фосфору зосереджено в орному шарі неоглеєних ґрунтів, передусім у тих, яким властивий високий вміст фізичної глини та гумусу. Верхній гумусний

горизонт алювіально-лучних ґрунтів з явними ознаками оглеєності за вмістом рухомих фосфатів також свідчить про чітку тенденцію до їх зменшення порівняно з неоглеєними аналогами (за вмістом фізичної глини).

Проте між вмістом фізичної глини та валовими запасами фосфору не завжди є тісна кореляція передусім у ґрунтах зі значною кількістю вільних (несилікатних) форм заліза, взаємодіючи з якими (за наявності активних гумусних речовин — фульватів), фосфатні аніони утворюють складні залізо-фосфат-органічні комплекси. Ці комплекси у вигляді плівок закріплюються на поверхні мінеральних гранул або зазнають сегрегації з утворенням фосфоровмісних конкрецій. В оторфованих і торфових ґрунтах, скажімо, переважають органічні, залізисті та органо-залізисті форми акумуляції фосфору, що перебувають в аморфному і/або слабоокристалізованому стані. Торф із віванітовими новоутвореннями (залізо-закисні гідрофосфати  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \times 8\text{H}_2\text{O}$ ) є досить ефективним джерелом не лише азотного, а й фосфорного живлення рослин. Окислюючись, віваніт трансформується в берауніт, в якому фосфор сильно скріплюється і стає недоступним для рослин. Однак за наявності активних органічних речовин цей процес істотно загальмовується.

На баланс фосфатного пулу у верхньому гумусно-елювіальному горизонті ґрунтів поверхневого перезволоження впливає

### 1. Параметри показників якісного стану ґрунтів

ґрунти	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	Фракція <0,01	Гумус, %	Валовий фосфор, %
Дерново-підзолисті супіщані (Західне Полісся)	4,3–6,0	18–22	0,97–1,32	0,074–0,079
Ті самі, але оглеєні	4,2–5,8	17–25	1,28–1,54	0,070–0,079
Дерново-підзолисті легкосуглинкові (Західне Полісся)	4,4–6,2	23–29	1,15–1,80	0,081–0,101
Ті самі, але оглеєні	4,0–5,0	25–30	1,60–2,40	0,076–0,081
Ясно-сірі лісові суглинкові (Західний Лісостеп)	4,8–6,4	21–28	1,75–2,10	0,102–0,108
Ті самі, але оглеєні	4,5–5,9	22–31	1,80–2,70	0,102–0,105
Буроземно-підзолисті суглинкові слабооглеєні (Прикарпаття)	4,2–5,6	32–37	2,50–3,80	0,106–0,118
Ті самі, сильнооглеєні	4,4–5,5	34–40	2,20–3,90	0,099–0,101
Лучні алювіальні суглинкові (Лісостеп)	6,5–8,2	33–38	2,50–3,70	0,084–0,089
Ті самі, оглеєні	6,1–7,5	31–41	2,30–3,90	0,082–0,089

характер розвитку та співвідношення глейових і елювіальних процесів. Вивільнені в умовах розвитку глейових процесів сполуки заліза та алюмінію стають потужними чинниками хімічної фіксації фосфатних іонів. Водночас, як свідчать дані проведеного лабораторно-модельного досліді (табл. 2) та дані окремих літературних джерел [6, 12], в умовах гідроморфізму і дренажу можливий процес низхідної міграції фульватно-мінеральних комплексних сполук, у складі яких міститься фосфор.

Вимивання фосфору зумовлене утворенням міграційно піддатливих алюмо-феро-фосфат-органічних сполук через взаємодію фосфатних іонів ґрунтового розчину з активними (фульватними) гумусними кислотами та полуторними окислами. У результаті розвитку процесів розпаду глинистих мінералів, сегрегації продуктів розпаду з утворенням конкрецій та часткового вносу комплексних фосфатовмісних сполук за межі кореневмісного шару відбувається помітне збіднення глеє-елювіального ґрунту на фосфатний ресурсний запас. Погіршення фосфатного стану кислих ґрунтів із розвиненим поверховим гідроморфізмом відбувається в умовах добре вираженої сезонної контрастної зміни окисно-відновних процесів. Ця контрастність особливо характерна для поверхнево оглеєних дерново-підзолистих, буроземно-підзолистих ґрунтів Прикарпаття та поверхнево оглеєних ясно-сірих і сірих лісових ґрунтів Західного Полісся і Лісостепу. Доступні рослинам фосфатні іони в умовах

контрастного режиму зволоження – висихання міцно закріплюються в конкреційних новоутвореннях зі зростанням ступеня їх кристалізації. Речовинний склад ґрунтових конкреційних новоутворень визначається гідрохімічними умовами їх формування. За даними літературних джерел [1–4, 12], у поверхнево оглеєних ґрунтах (з рН 4,5–6,0 од.) інгредієнтами конкреційних новоутворень є залізо, марганець, алюміній, кремній, гумусні кислоти та мінеральний мул.

У результаті проведеного лабораторно-модельного досліді з дерново-підзолистим легкосуглинковим ґрунтом було встановлено пріоритетну роль сполук заліза в акумуляції фосфатних іонів (табл. 3).

Про перевагу впливу гідратів окису заліза на поглинання фосфатних іонів відзначено в роботі С.Н. Іванова [6]. На основі отриманих даних чітко простежується динаміка зменшення рухомих форм фосфору за умов перезволоження у варіантах з додатковим унесенням заліза порівняно з варіантами, де його не вносили. У конкреційних новоутвореннях глеє-елювіальних ґрунтів, як правило, наявний фосфор. Його вміст у конкреціях може бути в 3–5 разів вищим, ніж у ґрунтовій масі [12].

Відзначимо, що в насичених кальцієм гідроморфних ґрунтах з нейтральною або лужною реакцією утворюються вапнякові, вапняково-гіпсові, магнезито-кальцієві, сидеритові та інші конкреційні утворення, що різняться не лише інгредієнтним складом, а й ступенем кристалізації. У конкреціях

## 2. Вимивання фосфатів за різних умов зволоження та удобрення

Варіант	Кількість вимитого фосфору в, мг		
	іонній формі до обробки $H_2O_2$	іонній формі після обробки $H_2O_2$	формі органічно-мінеральних комплексів
<i>Оптимальне зволоження (ПВ 65%)</i>			
Без унесення добрив (контроль)	0,049	0,049	–
Суперфосфат, 20 мг/100 г	0,104	0,104	–
Суперфосфат, 20 мг + торф, 1,5 г/100 г ґрунту	0,027	0,025	Сліди
<i>Перезволоження (ПВ 100%)</i>			
Без унесення добрив (контроль)	0,105	0,105	–
Суперфосфат, 20 мг/100 г	0,072	0,072	Сліди
Суперфосфат, 20 мг + торф, 1,5 г на 100 г ґрунту	0,081	3,151	3,07
$HIP_{0,5}$	0,004	–	–

нейтральних і лужних гідроморфних ґрунтів акумулятивного типу (алювіально-лучні) фосфор у більшості випадків наявний, але, як правило, в меншій кількості, ніж у конкреціях глеє-елювіальних ґрунтів. Отже, процеси гідроморфізму неоднозначно впливають на фосфатний стан ґрунту та баланс фосфатного пулу [13]. У рівномірно озалізненних дерново-підзолистих ґрунтах піщаного і супіщаного гранулометричного складу запаси валового фосфору помітно більші, ніж в аналогічних, але бідних на не-силікатні (вільні) форми заліза. Характер озалізнення ґрунтів тісно пов'язаний із гідроморфізмом, інтенсивністю розвитку глеє-елювіальних і застійно-глейових процесів. Не всі відомі способи окультурювання ґрунтів (удобрення, вапнування, обробіток, сівозмінні) позитивно впливають на фосфатний стан ґрунту та фосфатне живлення рослин. Тільки суворо нормований режим окультурювання та землеробської культури на синергетичних принципах забезпечує стійкість фосфатного стану в оптимальних межах та високу ефективність фосфорних добрив. Перевапнування кислого ґрунту, скажімо, призводить до різкого погіршення умов фосфорного живлення рослин, особливо за умов сильнорозвиненого гідроморфізму та розвитку глейових процесів.

Отже, у глеє-елювіальних ґрунтах уміст валового фосфору у верхньому гумусному шарі, як правило, зменшується. Частково він вимивається в нижні горизонти ґрунту, а також включається в процес конкреційного новоутворення, який збіднює доступний рослинам фосфатний ресурс. Фосфати міцно закріплюються в конкреціях і тим сильніше, чим вищий показник їхньої кристалізації.

### **3. Вплив заліза на акумуляцію фосфатних іонів**

Варіант	Оптимальне зволонження	Перезво- лонження
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	
Без добрив (контроль)	35,64	49,42
Дигідрофосфат калію	65,45	31,96
FeO	37,97	24,23
FeO + дигідрофосфат калію	39,96	20,74

У сильноокристалізованих конкреціях фосфор стає недоступним для рослин і вибуває з фосфатного «бюджету» ґрунту.

Зазначимо, що специфічним негативним чинником родючості в оглеєних ґрунтах є процес інтенсивного накопичення редукованих органічних речовин — продуктів життєздатності анаеробної мікрофлори [14, 15]. Тому оптимізація фосфатного стану оглеєних ґрунтів, що зазнають постійного і періодичного перезволоження, можлива лише на фоні відрегульованого водно-повітряного режиму (глибоке меліоративне розпушування, гребенево-грядова технологія, дренаж тощо), а також застосування науково обґрунтованих доз і способів унесення добрив та меліорантів. Важливим і безальтернативним фактором саморегуляції фосфатного живлення рослин є органічна речовина ґрунту. Результатами численних польових дослідів, проведених Інститутом сільського господарства Карпатського регіону НААН [16], Львівським національним аграрним університетом [17], Уманським національним університетом садівництва [18], доведено високу ефективність органо-мінеральної системи удобрення. Її корисні екологічні функції всебічно обґрунтовані і не викликають сумнівів передусім для отримання високоякісної продукції. Фосфатні аніони в складі органо-мінеральних добрив зберігають свою активність і доступність рослинам. Перегній «захищає» фосфатні сполуки від кристалізації і переходу в малодоступні для рослин форми. Водночас активізується діяльність мікроорганізмів, інтенсивніше проходять процеси розкладу органічних речовин і накопичення доступних для живлення рослин елементів.

Однак органо-мінеральну систему роздільного і суцільного внесення добрив, яку рекомендують дослідники, можна вважати застарілою та екологічно невиправданою. Енергетичні витрати за суцільнорозкидної технології, навіть за інтегрованого застосування добрив, надто високі. Нами всебічно обґрунтовано альтернативну локальну органо-мінеральну систему відтворення родючості ґрунтів, яка своєю еколого-економічною ефективністю не поступається жодній із наявних систем [13, 19]. З переходом



на запропоновану систему локального окультурення ґрунтової маси вдається досягти оптимальних параметрів не лише фосфатного стану, а й стану всіх інших елементів родючості. Ефективність використання добрив і хімічних меліорантів за умов локальної орґано-мінеральної системи окультурення істотно підвищується. Водночас зменшується емісія вуглекислого газу та зростає секвестрація орґанічного вуглецю в ґрунтовій масі.

За локального окультурення поверхнево оглеєних кислих ґрунтів до орґано-мінеральних добрив додають вапно за нормою,

яку визначають за кривою рН-буферності. Вапняні добавки позитивно сприяють перегрупованню фосфатного пулу в локалізованій ґрунтовій масі. Залізо- та алюмо-фосфатні форми сполук трансформуються в кальцій-фосфатні, що поліпшує фосфатне живлення рослин. Водночас унесення вапна гальмує розвиток глейових процесів і редукцію орґанічних речовин, усуває токсичну дію на рослини закисного заліза та рухомого алюмінію, поліпшує мікробіологічний режим ґрунту, умови для розвитку корисних біохімічних процесів.

## **Висновки**

*На основі літературних і фондових узагальнень, результатів власних експериментальних досліджень можна стверджувати, що:*

- в оглеєних і глес-елювіальних ґрунтах фосфатний стан погіршується: зменшуються загальні запаси фосфору в кореневмісному шарі ґрунту і доступність його рослинам, зростає його акумулятивна та міграційна здатність, погіршуються умови фосфатного живлення рослин;

- глейові процеси призводять до руйнування кристалічної решітки силікатних мінералів, вивільнення полуторних окислів, які стають головним чинником формування специфічного фосфатного стану, умов трансформації фосфатних сполук і фосфорного живлення рослин;

- вільні сполуки заліза та алюмінію взаємодіють із фосфатами ґрунтового розчину і рухомими орґанічними речовинами, утворюючи складні орґано-мінеральні комплекси, недоступні для рослин;

- активні форми гумусних речовин і закисного заліза, взаємодіючи з фосфатами, утворюють міграційно піддатливі форми сполук, здатні вимиватися за межі кореневмісного шару поверхнево оглеєних ґрунтів, що також певною мірою збіднює їх на доступні для рослин фосфатні запаси;

- екологічні та економічні проблеми з відтворення родючості гідроморфних ґрунтів успішно розв'язуються з упровадженням авторської локальної орґано-мінеральної системи землеробства.

**Трускавецкий Р.С.<sup>1</sup>, Зубковская В.В.<sup>2</sup>, Паламарь Н.Ю.<sup>3</sup>**

ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского», ул. Чайковская, 4, г. Харьков, 61024, Украина; e-mail: <sup>1</sup>truskavetsky@ukr.net, <sup>2</sup>vikvik09@meta.ua, <sup>3</sup>palamar78@ukr.net

**Влияние глеевых процессов на фосфатное состояние почв**

**Цель.** Оценить фосфатное состояние оглеенных почв, характер влияния глеевых процессов на поведение фосфатных анионов, их аккумуляцию, подвижность и миграцию.

**Методы.** Теоретического обобщения, лабораторно-модельные исследования, химический анализ, расчетно-аналитический. **Результаты.** Установлено, что глинистые процессы интенсифицируют переход наиболее доступных

растениям фосфатных анионов почвенного раствора в связанные фосфат-минеральные и фосфат-орґано-мінеральные формы. Главным фактором активизации этих процессов являются свободные (несиликатные) соединения железа и алюминия, содержание которых существенно возрастает под влиянием глеевой деструкции глинистых минералов. **Выводы.** Оптимизация фосфатного режима в глеевых почвах возможна и эффективна исключительно только на фоне агро-мелиоративных мероприятий. Она успешно решается применением авторской инновационной разработки — локальной орґано-мінеральной системы земледелия.

**Ключевые слова:** глеевые процессы, гидроморфизм, фосфатное состояние, поведение фосфатов, аккумуляция фосфора, миграция фосфора.

Truskavetskyi R.<sup>1</sup>, Zubkovska V.<sup>2</sup>, Palamar N.<sup>3</sup>  
NSC «O.N.Sokolovskyi Institute of soil science and  
agrochemistry»; 4 Chajkovska Str., Kharkiv, 61024,  
Ukraine; e-mail: <sup>1</sup>truskavetskyi@ukr.net, <sup>2</sup>vikvik09@  
meta.ua, <sup>3</sup>palamar78@ukr.net

**Influence of gley processes upon phosphatic  
state of soils**

**The purpose.** To assess phosphatic state of  
gleyed soils, character of influence of gley pro-  
cesses upon behavior of phosphatic anions, their  
accumulation, movability and migration. **Methods.**  
Theoretical generalization, laboratory-model ex-  
periment, chemical analysis, calculative-analytical.  
**Results.** It is established that clayey processes  
intensify transition of the most accessible for plants

phosphatic anions of soil solution into the linked  
phosphate-mineral and phosphate-organic-mineral  
forms. The primary factor of activation of these  
processes is free (non-silicate) joints of iron and al-  
uminium which content essentially increases under  
the influence of gley destruction of clayey minerals.

**Conclusions.** Optimization of phosphatic regime in  
gley soils is possible and effective exclusively only  
on the background of agromeliorative practices. It  
may be successfully solved by application of au-  
thor's innovative development - local organic-min-  
eral system of farming agriculture.

**Key words:** gley processes, hydromorphism,  
phosphatic state, behavior of phosphate, accumula-  
tion of phosphorus, migration of phosphorus.

## Бібліографія

1. *Высоцкий Г.Н.* Глей/Г.Н. Высоцкий//Почво-  
ведение. — 1905. — № 4. — С. 291–327.
2. *Зайдельман Ф.Р.* Подзола- и глееобразова-  
ние/Ф.Р. Зайдельман. — М.: Наука, 1974. — 208 с.
3. *Zaidelman F.R.* A concept of gleyzation and its  
role a pedogenesis/F.R. Zaidelman//Archives of agro-  
nomy and Soil science. — 1994. — V. 38, № 5. —  
Р. 323–336.
4. *Канівець С.В.* Мобілізація фосфатів в ог-  
леєних горизонтах чорноземних ґрунтів опілля/  
С.В. Канівець//Вісн. аграр. науки. — 2011. — № 1. —  
С. 20–23.
5. *Носко Б.С.* Фосфатний режим ґрунтів і ефек-  
тивність добрив/Б.С. Носко. — К.: Урожай, 1990. —  
224 с.
6. *Иванов С.Н.* Физико-химический режим  
фосфатов торфяных и дерново-подзолистых почв/  
С.Н. Иванов. — Минск: Гос. изд-во с.-х. лит-ры  
БССР, 1962. — 251 с.
7. *Адрианов С.Н.* Изменение содержания  
подвижных фосфатов и степени их подвиж-  
ности в дерново-подзолистой легкосуглини-  
стой почве в зависимости от уровня применения  
минеральных удобрений, навоза и извест-  
кования/С.Н. Адрианов//Агрохимия. — 2000. —  
№ 10. — С. 5–14.
8. *Витковская С.Е.* Динамика кислотности  
почвы и содержания подвижных форм кальция,  
калия и фосфора при использовании компоста  
из твердых бытовых отходов/С.Е. Витковская,  
В.Ф. Дричко//Почвоведение. — 2004. — № 5. —  
С. 596–603.
9. *Пат. 91419* Україна, МПК G01N 33/343 Спо-  
сіб оптимізації фосфатного стану ґрунтів/Р.С. Трус-  
кавецький, Ю.Л. Цапко, В.В. Зубковська та ін.; за-  
явник та власник ННЦ «Інститут ґрунтознавства та  
агрохімії імені О.Н. Соколовського». — № u2013;
- заявл. 14.10.2013; опубл. 10.07.2014, Бюл. № 13.
10. *Атлас почв Украинской ССР*; под ред.  
Н.К. Крупского, Н.И. Полупана. — К.: Урожай,  
1979. — 160 с.
11. *Андрущенко Г.О.* Ґрунти західних областей  
УРСР/Г.О. Андрущенко. — Кн. 1 і 2; Львів, Дуб-  
ляни, 1970. — 114 с.
12. *Стрельченко Н.Е.* Особенности распре-  
деления и превращения фосфатов в пахотных  
почвах юга Дальнего Востока в связи с обра-  
зованием в них конкреций/Н.Е. Стрельченко//  
Процессы почвообразования и превращения  
элементов в почвах с переменным режимом  
увлажнения. — Владивосток: ДВНЦ АН СССР,  
1983. — С. 117–129.
13. *Основи управління родючістю ґрунтів*/  
Р.С. Трускавецький, Ю.Л. Цапко; за ред. Р.С. Трус-  
кавецького. — Х.: ФОП Бровін О.В., 2016. — 388 с.
14. *Мишустин Е.Н.* Микробиология/Е.Н. Мишус-  
тин, В.Т. Емцев. — М.: Высш. шк., 1978. — 350 с.
15. *Канівець В.І.* Життя ґрунту/В.І. Канівець. —  
К.: Аграр. наука, 2001. — 131 с.
16. *Габриєль А.Й.* Агроєкологічні основи від-  
творення родючості ясно-сірих лісових поверхне-  
во оглеєних ґрунтів/А.Й. Габриєль, Ю.М. Оліфір,  
О.Й. Кочмар//Вісн. аграр. науки. — 2013. —  
№ 8. — С. 14–17.
17. *Лопушняк В.І.* Агрохімічні та агроєкологічні  
аспекти систем удобрення в Західному Лісостепу  
України/В.І. Лопушняк. — Львів: ТОВ «Простір  
М», 2015. — 217 с.
18. *Господаренко Г.М.* Система застосування  
добрив/Г.М. Господаренко. — К.: ТОВ СІК ГРУП  
Україна, 2015. — 332 с.
19. *Трускавецький Р.С.* Буферна здатність ґрун-  
тів та їх основні функції/Р.С. Трускавецький. — Х.:  
Нове слово, 2003. — 225 с.