

УДК 631.4:631.422

© 2019

ОЦІНКА ФОСФАТНОГО ТА КАЛІЙНОГО СТАНІВ ЦІЛИННИХ, ОРНИХ І РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ҐРУНТІВ

Л.В. Єстеревська¹, А.О. Христенко², Г.Ф. Момот³, Р.В. Акімова⁴

¹доктор сільськогосподарських наук

^{2,3}кандидати сільськогосподарських наук

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського

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

e-mail: ¹pochva@meta.ua, ²khristenko53@gmail.com, ³utga-c@ukr.net, ⁴arv55@ukr.net

Надійшла 03.05.2019

Мета. Дати точну оцінку фосфатного та калійного станів цілинних і орних природних ґрунтів, рекультивованих ґрунтів різного літологічного складу (переліг). **Методи.** Статистично-математичний аналіз матеріалів автоматизованого банку даних агрохімічних властивостей ґрунтів. **Результати.** Установлено закономірності формування фосфатного та калійного станів природних і рекультивованих ґрунтів різних ценозів. Наведено динаміку змін величин забезпеченості цих ґрунтів рухомими сполуками фосфору та калію під впливом різних факторів. Доведено, що природний уміст доступних рослинам поживних речовин у цілинних і перелогових ґрунтах іноді досягає дуже високих значень, які перевищують оптимальні. Проте такий уміст поживних речовин характерний лише для шару дернини або верхнього гумусного (гумусно-акумулятивного) горизонту ґрунтів. Трофічні системи цілинних (перелогових) ґрунтів після їх розорювання характеризуються невисоким значенням показників. **Висновки.** Найважливішу роль в утворенні системи, яка дає змогу підтримувати високий фосфатний і калійний рівні ґрунтів, відіграють активні форми гумусу. Зростання вмісту новоствореної органічної речовини впродовж 13-ти років сприяло істотному підвищенню забезпеченості верхнього шару 0–5 см рекультивованих ґрунтів рухомими сполуками фосфору і калію. Чим важчим був гранулометричний склад дерново-літогенного ґрунту і чим більше він містив гумусних речовин, тим інтенсивніше накопичувалися фосфор і калій. За умов дернового процесу ґрунтоутворення з активізацією його злаково-бобовими компонентами рекультивовані ґрунти з часом можуть стати резервом для створення продуктивних сільськогосподарських угідь.

Ключові слова: цілинні ґрунти, орні ґрунти, техногенні ґрунти, рекультивація, фосфатний стан, калійний стан, гумус, ґрунтоутворення.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk201905-07>

Донині питання формування трофічного стану ґрунтів різних ценозів (спрямованість процесів і зміна значень показників) попри багаторічну історію їх вивчення залишається дискусійним [1–4]. Найменше вивчено трофічний стан цілинних, перелогових і рекультивованих (техногенних) ґрунтів. Пізнання

закономірностей формування та трофічного стану природних і техногенних ґрунтів є важливою умовою для розуміння процесів еволюції фосфатних, калійних та інших ґрунтових систем і розроблення практичних рекомендацій щодо оптимізації сільськогосподарського використання таких ґрунтів.

Вивчення процесів первинного ґрунтоутворення дасть змогу визначити величини швидкості ґрунтоутворення і гумусонакопичення, розробляти механізми управління цим процесом в техногенно порушених ґрунтах. Це потрібно для розроблення раціональних заходів із рекультивації земель та ухвалення обґрунтованих управлінських рішень щодо їх використання [5].

Валовий хімічний склад мінеральної частини ґрунту успадковується від кори вивітрювання і виражає характер процесів ґрунтоутворення. Він є функцією гранулометричного, а як наслідок — мінералогічного складів. Уміст окремих елементів у ґрунті визначається їх наявністю в складі конкретних мінералів та органічних сполук [6].

Загалом формування основних властивостей техногенних ґрунтів, на відміну від формування їхніх ознак, залежить від вихідного матеріалу, з якого сформовано ґрунт, віку фітоценозу, кліматичних умов і рельєфу кожного техногенного ландшафту.

Мета досліджень — дати точну оцінку фосфатного та калійного станів цілинних, орних і рекультивованих ґрунтів, використовуваних екстенсивно.

Матеріали та методи досліджень. Статистичний аналіз і узагальнення матеріалів автоматизованого банку даних агрохімічних властивостей ґрунтів проведено на основі СУБД Access 98. Інформаційний банк містить дані аналізів — близько 2000 зразків різних ґрунтів.

Об'єкт досліджень — рекультивовані ґрунти Новоселівського модельного полігону (Нововодолазький р-н Харківської обл.) потужністю 1 м. Три моделі — дерново-літогенні ґрунти, утворені з: 1 — лесоподібного суглинку; 2 — суміші лесоподібного суглинку та піску (1:1); 3 — суміші червоно-бурої глини та піску (1:1). Дві моделі — педоземи, утворені з: 4 — суміші гумусованого шару ґрунту та лесоподібного суглинку (1:1) у шарі 0–40 см, глибше — відвальна суміш із нетоксичних порід; 5 — гумусований шар ґрунту 0–60 см, глибше — відвальна суміш. Рослинний покрив на полігоні створено в рік його формування стартовим висіванням 6-компонентної злаково-бобової суміші з люцерни синьогірної, еспарцету піщаного, конюшини рожевої, стоколосу безостого, мітлиці лучної,

грястиці збірної. Співвідношення бобових і злакових компонентів — 50:50 %. Через 18 років докорінно поліпшено травостій із використанням 4-компонентної злаково-бобової травосуміші. Роки досліджень — 7–20-й рік функціонування полігону.

Результати досліджень. Природна кількість рухомих сполук фосфору та калію в орному шарі ґрунтів, як правило, характеризується невисокими значеннями. Видимість різної (від дуже низької до дуже високої) природної забезпеченості орних ґрунтів цими елементами живлення зумовлена тим, що й донині домінуючими методами під час проведення обстеження ґрунтів залишаються «жорсткі» методи. До них належать передусім методи на основі кислих екстрагентів: Кірсанова (pH — 1,0), Brau-Kurtz 2 (pH — 1,0), Mehlich 1 (pH — 1,2), Arrhenius (pH — 2,0), Чирікова (pH — 2,5), Van Lierop (Kelowna — pH — 2,7), Truog (pH — 3,0), Egner-Riehm (pH — 3,6), Egner-Riehm-Domingo (pH — 4,2) та ін.

Використання «жорстких» методів дає змогу отримати об'єктивну оцінку родючості лише ґрунтів із певними властивостями, для яких розробляли угруповання їх забезпеченості фосфором або калієм. Перш за все, це такі властивості: певні значення вмісту фізичної глини та апатитів і значення pH ґрунту [7].

Аналіз фосфатного стану ґрунтів, що перебувають у цілинному стані або під перелогом, показав, що в переважній більшості такий стан має принципову відмінність від їх неудобраних орних аналогів. Зокрема, природний уміст кількості реально доступного фосфору рослинам може досягати дуже високих значень, які в 4–6 разів і більше перевищують оптимальні (табл. 1).

Аналогічна закономірність властива і для калійного стану ґрунтів. При цьому високий уміст рухомих сполук фосфору або калію характерний лише для шару дернини або верхнього гумусного (гумусно-аккумулятивного) горизонту ґрунтів (табл. 2).

Найбільший уміст рухомого фосфору (174,0 мг P_2O_5 /кг ґрунту за Чиріковим; 9,0 мг P_2O_5 /кг ґрунту за Карпінським-Зам'ятіною) і, особливо калію (564 мг K_2O /кг ґрунту за Чиріковим), відзначено в дернині. Вниз за профілем зі зменшенням вмісту органічної речовини, особливо його лабільної частини

1. Фосфатний стан верхнього гумусного горизонту (5–16 см) цілинних або перелогових ґрунтів

Ґрунт	Уміст фізичної глини, %	Уміст P ₂ O ₅ , мг/кг ґрунту			
		валовий	за Чиріковим	за Олсеном	за Карпінським–Зам'ятіною
Сірий лісовий	26,5	970	179	94	2,5
Чорнозем типовий	26,9	1560	242	106	7,4
Чорнозем звичайний	40,8	1400	269	95	3,9
Лучно-чорноземний	31,5	2640	1270	225	15,6
Темно-каштановий	55,2	1460	193	59	1,3

(за Єгоровим), уміст P₂O₅ і K₂O різко зменшується.

Найсприятливішим фосфатним станом відзначаються природні напівгідроморфні ґрунти (лучні, лучно-чорноземні) та чорноземи типові легко- і середньосуглинкові. Переважно це ґрунти лісостепової зони з високим умістом органічної речовини.

У цілинних ґрунтах малорозчинні фосфорні сполуки верхнього гумусного (гумусно-акумулятивного) горизонту під час переходу в рухомі форми, а також фосфати, що надходять із нижчих горизонтів (біоперенесення), практично не повертаються в термодинамічно стійкі сполуки.

Важливу роль у створенні такої системи відіграють активні форми гумусних речовин. Саме за рахунок органічної речовини забезпечується надходження вільної енергії, що компенсує виробництво ентропії під час біологічних і хімічних процесів [8].

Вважають, що гумусні речовини нейтралізують позитивні заряди на поверхні глинистих мінералів, пов'язують активні катіони заліза, алюмінію і відповідно блокують фіксацію аніонів фосфорної кислоти. Мобілізувальний вплив на мінеральні фосфати мають специфічні гумусні

(фульвокислоти) і неспецифічні органічні речовини [9].

Отже, фосфатні та калійні системи цілинних ґрунтів завдяки високим і постійно поновлюваним запасам вільної енергії можуть тривалий час існувати в енергетично невідповідному нерівноважному стані. Можна припустити, що після оранки цих ґрунтів у результаті часткової мінералізації гумусних речовин і руйнування структури, що утворилася, їх фосфатні та калійні системи дуже швидко (упродовж кількох років) наближаються до стану, характерного для неудобраних орних ґрунтів з невисокими показниками їх забезпеченості поживними речовинами.

Розорювання перелогових ґрунтів спричиняє істотну зміну водного, теплового, мікробіологічного та інших ґрунтових режимів, що призводить до істотної динаміки ряду ґрунтових показників, передусім до зниження вмісту органічної речовини на 10–40%. Це зумовлює різке погіршення показників фосфатного стану ґрунтів (табл. 3).

При цьому вміст P₂O₅, за даними методів Олсена і Карпінського–Зам'ятіної, наближається до рівня динамічної рівноваги фосфатних систем орних ґрунтів.

2. Уміст органічної речовини, а також P₂O₅ і K₂O за Чиріковим у різних шарах темно-сірого опідзоленого ґрунту (переліг)

Шар ґрунту, см	Уміст, %		Уміст, мг/кг ґрунту	
	гумусу	лабільної органічної речовини	P ₂ O ₅	K ₂ O
0–2	4,9	0,75	174	564
2–10	3,8	0,48	109	108
10–20	3,3	0,41	47	73
20–30	1,8	0,14	40	70

3. Динаміка показників фосфатного стану перелогових ґрунтів до і після оранки

Ґрунт	Валовий фосфор	Уміст P ₂ O ₅ , мг/кг ґрунту, за	
		Олсеном	Карпінським–Зам'ятіною
<i>Переліг</i>			
Лучно-чорноземний	162	60	1,6
Чорнозем типовий	146	129	4,8
Чорнозем звичайний	140	95	3,9
<i>Неудобрена оранка</i>			
Лучно-чорноземний	153	22	0,4
Чорнозем типовий	144	19	0,4
Чорнозем звичайний	106	20	0,3
НІР ₀₅	28	12	0,1

Проведено комплексну оцінку фосфатного та калійного станів техногенних ґрунтів на прикладі Новоселівського модельного полігону. На початку досліджень уміст фосфору у верхньому шарі гірських порід, їх сумішей і гумусованого шару ґрунту був на межі низької і середньої, калію — середньої забезпеченості (табл. 4). Власне кажучи, літоземи (без гумусованого шару ґрунту) завжди характеризуються невисоким вихідним рівнем їх забезпеченості рухомими формами поживних речовин.

Низькі запаси доступних рослинам сполук фосфору та калію на початкових етапах освоєння літоземів є обмежувальним чинником, що зумовлює потребу в застосуванні добрив. На жаль, на цей час вартість фосфорних і калійних добрив, отримуваних з імпортової сировини, дуже висока.

Проте, як було доведено на прикладі цільних і перелогових ґрунтів, є спосіб підвищення трофічного рівня ґрунтів природним шляхом, зокрема створенням постійно функціонуючих багаторічних злаково-бобових агроценозів, що сприяють активізації дернового процесу. Недоліком цього способу вважається надмірна тривалість цього процесу.

За природного заростання відвалів і проведення рекультиваційних робіт формування ґрунтів відбувається за зональним типом. Процес накопичення гумусу в техногенних ґрунтах, зосереджених поблизу високопродуктивних природних ландшафтів, за тісних біогеохімічних і біогеоценотичних зв'язків, близького хімічного складу рослинного опаду та факторів його деструкції і мікробної трансформації має бути дуже наближеним до зонального типу [10].

Найбільш еволюційовальним та інформативним процесом під час формування ґрунтів техногенних ландшафтів є гумусоутворення, за якого трансформація мінеральної частини гірських порід носить спрямований характер і залежить від первинних угруповань початкових стадій сукцесій [10].

Доведено, що уміст гумусу та швидкість його утворення у верхньому акумулятивному шарі техногенних ґрунтів під різною рослинністю неоднаковий. Основними показниками, що характеризують швидкість і спрямованість ґрунтоутворного процесу, є показники накопичення вуглецю в різних горизонтах рекультиваційного шару та якісний склад ґрунтів, що формуються.

У техногенних досліджуваних ґрунтах уміст загального гумусу з 7-го по 20-й рік функціонування полігону зростає дуже повільно. Проте у верхньому шарі 0–5 см, де розпочато утворення дернини, уміст гумусу істотно підвищився: з 0,71–2,36% до 1,91–3,1%, тобто в 1,3–3,1 раза (табл. 5).

4. Показники родючості техногенних ґрунтів (шар 0–5 см), 7-й рік функціонування полігону

Варіант	Уміст гумусу, %	pH _{H₂O}	Уміст P ₂ O ₅ , мг/кг, за		Уміст K ₂ O, мг/кг, за Мачигінім
			Мачигінім	Карпінським–Зам'ятіною	
Модель 1	0,71	8,2	14,8	0,25	106
Модель 3	1	8	15,2	0,25	148
Модель 4	1,6	7,9	11,7	0,20	103
Модель 5	2,36	7,9	26,7	0,30	150

5. Показники родючості техногенних ґрунтів (шар 0–5 см), 20-й рік функціонування полігону

Варіант	Уміст гумусу, %	pH _{H₂O}	Уміст фізичної глини, %	Уміст P ₂ O ₅ , мг/кг, за		Уміст K ₂ O, мг/кг, за Мачигінім
				Мачигінім	Карпінським–Зам'ятіною	
Модель 1	2,21	8,2	52	30,4	0,8	146
Модель 3	1,91	7,9	44	22,3	0,8	147
Модель 4	2,65	8	53	25,2	0,6	146
Модель 5	3,1	7,9	58	76,0	1,8	266

Саме зростання вмісту гумусу і сприяло істотному підвищенню забезпеченості цього шару рухомими сполуками фосфору та калію.

Уміст рухомого фосфору за Мачигінім залежно від моделі зростає у 1,4–2,8 рази. Тобто забезпеченість фосфором цього шару ґрунту всього за 13 років зростає від низьких значень до середніх, підвищених і навіть високих. При цьому, чим більше техногенний ґрунт містить гумусних речовин, тим інтенсивніше накопичувався фосфор. Коефіцієнт кореляції (r) становив 0,80.

Збільшення вмісту рухомого фосфору так само прямо пов'язано і з кількістю фізичної глини:

$$Y = -121,8387 + 2,7645X, r = 0,94,$$

де Y — підвищення вмісту P₂O₅, мг/кг; X — уміст фізичної глини, %.

Що стосується глибших шарів ґрунту, то невелике достовірне підвищення вмісту рухомого фосфору спостерігалось в шарі 5–10 см лише на моделі 5 (гумусований шар ґрунту) (рис. 1).

Уміст рухомого калію за 13 років досліджень не збільшився лише на моделі 3 (суміш

червоно-бурої глини та піску). На інших моделях залежно від їх складу вміст K₂O збільшився в 1,4–1,8 рази, але підвищеною забезпеченістю калієм характеризувався лише ґрунт моделі 5. Проте підвищення калійного рівня на інших моделях було хоча й невеликим, але статистично достовірним. Коефіцієнт кореляції (r) між кількістю гумусних речовин і вмістом калію становив 0,74.

На моделях 4 і 5 було відзначено певне підвищення вмісту рухомого калію і в шарі 5–10 см (рис. 2).

Цей факт потребує перевірки, оскільки достовірність такого підвищення вмісту K₂O в умовах мінімального підвищення вмісту гумусу викликає певні сумніви.

Утворення кількості доступних рослинам сполук фосфору та калію цілком достатньо для поступового створення родючого шару, придатного для розвитку сільськогосподарських культур і передусім для однорічних та багаторічних трав.

Можна з високим ступенем ймовірності припустити, що використання в цьому разі, навіть малих доз азотних добрив (N_{10–15}), могло б істотно пришвидшити процес ґрунтоутворення. Проте це окреме питання, яке потребує додаткового вивчення.

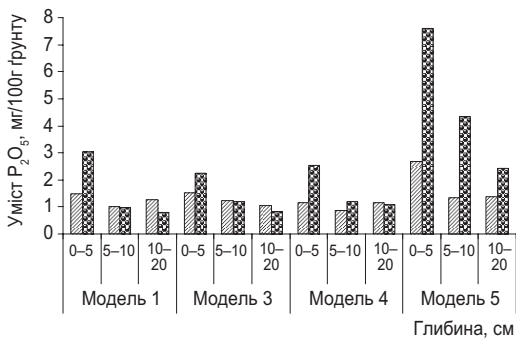


Рис. 1. Уміст P₂O₅ за Мачигінім у техногенних ґрунтах Новоселівського модельного полігону: ▨ — 7-й; ▩ — 20-й роки функціонування полігону (для рис. 1, 2)

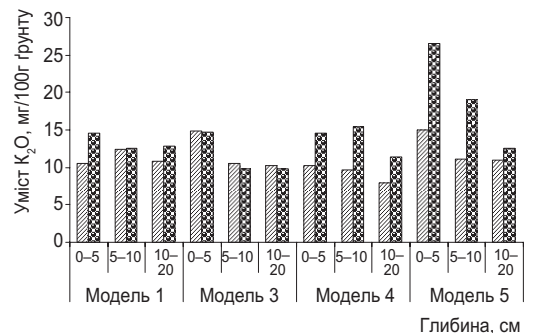


Рис. 2. Уміст K₂O за Мачигінім у техногенних ґрунтах Новоселівського модельного полігону

Висновки

Фосфатний і калійний стани цілинних або перелогових ґрунтів принципово відрізняються від їх неудобренних орних аналогів. Природний уміст доступних рослинам поживних речовин у ґрунтах цих ценозів може перевищувати оптимальні значення. Проте такий уміст поживних речовин характерний лише для шару дернини або верхнього гумусного (гумусно-акумулятивного) горизонту ґрунтів.

Найважливішу роль в утворенні цієї системи відіграють активні форми гумусних речовин. Саме за рахунок органічної речовини забезпечується надходження вільної енергії, що компенсує виробництво ентропії за біологічних і хімічних процесів. Унаслідок цього фосфатні та калійні системи верхнього горизонту цілинних ґрунтів завдяки високим і постійно поновлюваним запасам вільної енергії можуть тривалий час бути в енергетично невідповідному нерівноважному стані.

Трофічні системи цілинних (перелогових) ґрунтів після їх розорювання втрачають

здатність підтримувати високий рівень забезпеченості поживними речовинами і через певний час (кілька років) наближаються до стану, характерного для екстенсивно використовуваних орних ґрунтів з невисоким значенням показників.

У техногенних ґрунтах уміст загального гумусу за 13 років досліджень істотно зріс лише у верхньому шарі 0–5 см. Його зростання сприяло істотному підвищенню в ньому вмісту рухомого фосфору і калію.

Забезпеченість фосфором цього шару ґрунту зростає від низьких значень до середніх, підвищених і навіть високих. Чим важчим був гранулометричний склад дерново-літогенного ґрунту і чим більше він містив гумусних речовин, тим інтенсивніше накопичувався фосфор і калій.

За умов дернового процесу ґрунтоутворення з активізацією його злаково-бобовою компонентою рекультивовані ґрунти з часом можуть стати резервом для створення продуктивних сільськогосподарських угідь.

Етеревская Л.В.¹, Христенко А.А.², Момот А.Ф.³, Акимова Р.В.⁴

ІНЦ «Інститут почвознавства і агрохімії імені А.Н. Соколовського», ул. Чайковская, 4, г. Харьков, 61024, Україна; e-mail: ¹pochva@meta.ua, ²khristenko53@gmail.com, ³utga-c@ukr.net, ⁴arv55@ukr.net

Оцінка фосфатного і калійного станів цілинних, пахотних і рекультивованих ґрунтів

Цель. Дать точную оценку фосфатного и калийного состояний целинных и пахотных природных почв, рекультивированных почв разного литологического состава (залежь). **Методы.** Статистико-математический анализ материалов автоматизированного банка данных агрохимических свойств почв. **Результаты.** Установлены закономерности формирования фосфатного и калийного состояний природных и рекультивированных почв различных ценозов. Приведена динамика изменений величин обеспеченности этих почв подвижными соединениями фосфора и калия под влиянием различных факторов. Доказано, что природное содержание доступных растениям питательных веществ в целинных и залежных почвах иногда достигает очень высоких значений, превышающих оптимальные. Но такое содержание

питательных веществ характерно только для слоя дернины или верхнего гумусного (гумусно-акумулятивного) горизонта почв. Трофические системы целинных (залежных) почв после их распашки характеризуется невысоким значением показателей. **Выводы.** Важнейшую роль в создании системы, которая дает возможность поддерживать высокий фосфатный и калийный уровни почв, играют активные формы гумуса. Увеличение содержания вновь образованного органического вещества в течение 13-ти лет способствовало существенному повышению обеспеченности верхнего слоя 0–5 см рекультивированных почв подвижными соединениями фосфора и калия. Чем тяжелее был гранулометрический состав дерново-литогенных почв и чем больше он содержал гумусных веществ, тем интенсивнее накапливались фосфор и калий. В условиях дернового процесса почвообразования с активизацией его зерно-бобовыми компонентами рекультивированные почвы со временем могут стать резервом для создания продуктивных сельскохозяйственных угодий.

Ключевые слова: целинные почвы, пахотные почвы, техногенные почвы, рекультивация, фосфатное состояние, калийное состояние, гумус, почвообразование.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk201905-07>

Yeteravska L.¹, Khrystenko A.², Momot H.³,
Akimova R.⁴

NSC «A.N. Sokolovsky Institute of soil science and agrochemistry», Chaikovska Str., 4, Kharkiv, 61024, Ukraine; e-mail: ¹pochva@meta.ua, ²khrystenko53@gmail.com, ³utga-c@ukr.net, ⁴arv55@ukr.net

Assessment of phosphate and potash states of virgin, tillable and recultivated soils

The purpose. To state an exact assessment of phosphate and potash states of virgin and tillable natural soils, recultivated soils of different lithologic content (long fallow). **Methods.** Statistical-mathematical analysis of materials of automatized data bank of agrochemical properties of soils. **Results.** Regularities of formation of phosphate and potash states of natural and recultivated soils of different coenoses are established. Dynamics of changes of values of security of these soils with movable joints of phosphorus and potassium under the influence of various factors is resulted. It is proved that natural content of accessible to plants nutrients in virgin and idle lands sometimes attains very tall values exceeding optimum. But

such content of nutrients is characteristic only for layer of sod or the upper humus (humus-accumulative) horizon of soils. Trophic systems of virgin (long fallow) soils after their ploughing up are characterized by low values of indexes. **Conclusions.** The major role in building system which enables to sustain tall phosphate and potash levels of soils, play active forms of humus. Increase of content of again organized organic substance during 13 years promoted essential heightening of security of top layer (0–5 cm) of recultivated soils with movable joints of phosphorus and potassium. The heavier was granulometric composition of sod-lithogenic soils, and the more it contained humus matters, the more intensive they accumulated phosphorus and potassium. In conditions of turfy soil formation with its activation by grain-bean components recultivated soils in due course can become a redundancy for building productive agricultural lands.

Key words: virgin soils, arable soils, technogenic soils, recultivation, phosphate state, potash state, humus, pedogenesis.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201905-07>

Бібліографія

1. Христенко А.А. Теоретические аспекты трофического состояния почв и закономерностей его эволюции. *Агрохимия і ґрунтознавство*. Спеціальний випуск. Кн. 1. 2014. 172–179.

2. Смагин А.В., Белюченко И.С., Садовникова Н.Б. Черноземы России: естественная динамика и агродеградация. *Почвоведение — продовольственной и экологической безопасности страны: тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции (Белгород, 15–22 августа 2016 г.)*. Москва, Белгород: Издательский дом «Белгород», 2016. Ч. II. С. 167–168.

3. Гладких Є.Ю. Закономірності сезонної динаміки елементів живлення та особливостей їхнього перерозподілу в ґрунті залежно від гідротермічних умов року. *Агрохимия і ґрунтознавство*. Спеціальний випуск. Кн. 2. 2018. С. 145–147.

4. Господаренко Г.М., Стасінець О.Ю., Бойко В.П. Вплив співвідношення видів і доз мінеральних добрив на фосфатний режим чорнозему опідзоленого. *Агрохимия і ґрунтознавство*. Спеціальний випуск. Кн. 2. 2018. С. 151–153.

5. Карпова Д.В., Чижикова Н.П., Иванова Е.А. и др. Изменение свойств почв отвалов Михайловского ГОКа (КМА) в зависимости

от длительности освоения. *Почвоведение — продовольственной и экологической безопасности страны: тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции (Белгород, 15–22 августа 2016 г.)*. Москва, Белгород: Издательский дом «Белгород», 2016. Ч. II. С. 434–435.

6. Дмитренко П.А. О формах фосфатов и их учете в основных типах почв УССР. *Почвоведение*. 1948. № 8. С. 36–46.

7. Khrystenko A. Theoretical Problems of improving Agrochemical Terminology. *Soil Science Working for a Living*, Chapter 12. Springer, 2017. P. 141–147. Doi 10.1007/978-3-319-45417-7_12

8. Трофимов С.Я., Седов С.Н. Функционирование почв в биогеоценозах: подходы к описанию и анализу. *Почвоведение*. 1997. № 6. С. 770–778.

9. Brosard M., Laurent J.I. Matière organique et formes organiques et minérales de stockage du phosphore dans un vertisol. *Journées pédologiques ORSTOM. Ser. Pedol.* 1988. V. 24, № 4. P. 347–349.

10. Трофимов С.С., Таранов С.А., Рагим-Заде Ф.К. Рекультивация и почвообразование. *Проблемы сибирского почвоведения*. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1977. С. 52–73.