

## ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ ТА ПІДСТИЛОК ЛІСОВИХ БІОГЕОЦЕНОЗІВ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

*В. А. Горбань*

*кандидат біологічних наук, доцент*

У 1949 р. у Дніпропетровському державному університеті (нині – Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара) під керівництвом професора О. Л. Бельгарда було створено Комплексну експедицію з дослідження лісів степової зони України та Молдови (КЕДУ).

З року створення до цього часу в дослідженнях фізичних властивостей ґрунтів та лісових підстилок лісових біогеоценозів степової зони України співробітниками Комплексної експедиції можна виділити 3 напрямки: 1) дослідження фізичних властивостей ґрунтів; 2) дослідження фізичних властивостей лісових підстилок; 3) дослідження радіоактивності ґрунтів та лісових підстилок.

**Дослідження фізичних властивостей ґрунтів.** У першій колективній монографії КЕДУ «Велико-Анадольський лес» (1955) наведено підсумки комплексних робіт, присвячених дослідженню проблем степового лісорозведення. Аналізу ґрунтів Велико-Анадольського лісу присвячена робота ґрунтознавця В. Г. Стадніченка (1955), у якій автор наводить шкалу вилугованості ґрунтів з огляду на особливості степового середовища. При дослідженні впливу лісових насаджень на степові ґрунти В. Г. Стадніченком виявлено формування лісопокрашених чорноземів зі збільшеним умістом гумусу та наявністю різних ступенів вилугованості порівняно з вихідним типом ґрунтів степової зони. Учений приділяє значну увагу особливостям розподілу гранулометричних фракцій, які відображають особливості ґрунтоутворного процесу в степових ґрунтах під лісовими насадженнями.

Механічний (гранулометричний) склад використовувався О. Л. Бельгардом (1955, 1960, 1971) при розробленні типологічних принципів степових лісів як один із найважливіших показників типу лісорослинних умов. М. А. Сидельник (1955, 1960, 1977) використовує механічний склад ґрунтів для характеристики їх лісопридатності в степових умовах.

Робота А. Г. Линді (1973) присвячена дослідженням впливу лісової рослинності на фізичні властивості ґрунтів, зокрема водоміцність агрегатів та твердість. У результаті виконаних досліджень встановлено, що чорноземи лісові в степу мають сприятливі фізичні властивості. Це свідчить про покращуючий вплив лісової рослинності на ґрунти в умовах степу.

Дослідження А. Г. Линді (1976) присвячені порівнянню властивостей зональних чорноземів звичайних та чорноземів лісових, що сформувалися під природною байрачною рослинністю. Установлено, що досліджені ґрунти відносяться до важких та середніх суглинків. Під лісовою рослинністю спостерігається збільшення на 10 % кількості мікроагрегатів порівняно з цілинним степом. Виявлено зростання водоміцності агрегатів байрачних ґрунтів майже на 20 % порівняно із зональними степовими ґрунтами. Отримані А. Г. Линдею результати свідчать про специфічні особливості ґрунтоутворного процесу під лісовою рослинністю в степу. До них відносяться: диференціація ґрунтового профілю на ілювіальний та елювіальний горизонти внаслідок процесу лесиважу, агрономічна корисна мікроструктуреність гумусового горизонту, висока водоміцність ґрунтових агрегатів.

У роботі Л. П. Травлєєва (1976) на основі дослідження фізичних властивостей ґрунтів та підстилок, встановлення водного режиму основних типів біогеоценозів степової зони України введено поняття «локальний коефіцієнт зволоження» (ЛКЗ), який відображає особливості водного забезпечення едафотопів.

А. П. Травлєєвим (1977) детально розглянуто зміни механічного складу ґрунтів в результаті впливу лісового культурбіогеоценозу. У середньо- та важкосуглинкових

грунтах відбувається міграція мулистій фракції, яка є найбільш рухомою. Для зональних степових ґрунтів є характерною кількість мулу вглиб розрізу. Після створення лісових культур необхідний тривалий час, щоб відбувся перерозподіл механічних фракцій, у першу чергу мулистій та колоїдній. При наявності повного насичення поглинаючого комплексу кальцієм можна уявити, що дрібні фракції незворотно скоагульовані, внаслідок чого їх пересування переважно неможливе. Однак слід урахувати ряд додаткових обставин, які виникають у результаті впливу на висхідні умови лісової рослинності. По-перше, лісова підстилка хоча й відноситься до гуматної групи, однак разом із гуміновими кислотами в наявності присутні також фульвокислоти, які здатні певний час впливати на верхній горизонт ґрунту. По-друге, рН лісової підстилки на перших етапах розкладу має слабкокисло реакцію. Навіть невелика кількість вільного водню сприяє порушенню незворотно скоагульованих колоїдів, збільшуючи їх рухомість. По-третє, не можна не враховувати, що лісова підстилка повністю перетворює горизонтальний стік води на глибинний, а фактор зволоження в процесі лесиважу відіграє вирішальну роль. І, нарешті, четвертим аргументом на користь пересування дрібнодисперсної фракції є наявність порожнин, ходів у результаті діяльності коренів та ґрунтової фауни. Ходи, що залишилися, слугують тунелями, якими під впливом потоків води може механічним шляхом пересуватися фракція мулу, що пептизується водою (Горбунов, 1978), зверху вниз. Розміри цього перерозподілу майже непомітні в порівняно молодих, 30–40 років, штучних насадженнях, а більш помітні в насадженнях 100-річного віку та більше. При цьому іноді верхні шари ґрунту відрізняються різко збільшеним вмістом мулу, що пояснюється дією чорних бур, які сприяють накопиченню в лісових насадженнях мулу та колоїдів. Другі горизонти ґрунту можуть мати, порівняно з першими, відносно меншу кількість мулу, однак тут його набагато більше, ніж у вихідній ґрунтоутвірній породі. Як відзначає А. П. Травлєєв, виникнення деяких ознак полегшення механічного складу верхніх шарів ґрунту покращує лісорослинні умови. У вмітому горизонті, що зароджується, виникають додаткові можливості покращення структури (коефіцієнт оструктурення зростає).

Подальший розвиток досліджень фізичних властивостей ґрунтів пов'язаний із роботами А. П. Травлєєва та Л. П. Травлєєва (1979, 1988), які є авторами навчальних посібників, присвячених дослідженню степових ґрунтів. Зокрема, у «Супутнику геоботаніка з ґрунтознавства та гідрології» (1979) наведено детальні методики практичного визначення фізичних та водних властивостей ґрунтів: питомої ваги, об'ємної ваги, пористості, питомої поверхні ґрунтів, вологості, вологоємності, водопроникності та ін.

Л. П. Травлєєв (1981) висвітлює результати детальних досліджень водно-фізичних властивостей ґрунтів та підстиляючої породи пристінних лісових біогеоценозів Присамар'я.

У роботі «Ліс та ґрунт в умовах степу» (1988) наведено історичний огляд формування поглядів щодо впливу лісової рослинності на степові ґрунти, також виділено окремі розділи, присвячені дослідженням особливостей мінеральної частини ґрунту, фізичним властивостям, хімічному складу, фізико-хімії, біохімії ґрунтів та ін. У розділі, присвяченому фізичним властивостям ґрунтів, детально розглянуто гранулометричний склад ґрунтів, структуру, питому та об'ємну масу ґрунтів, пористість, аерацію, водно-фізичні властивості, механічні та теплові властивості ґрунтів.

А. П. Травлєєв, Н. А. Білова, Л. П. Травлєєв (1991) наводять результати моніторингових досліджень водних та мікроморфологічних властивостей степових біогеоценозів Присамарського моніторингу. Ученими встановлено, що чорнозем звичайний малогумусовий середньосуглинковий характеризується сприятливими водно-фізичними властивостями. Єдиним джерелом поповнення запасів вологи в плакорному степу є атмосферні опади. Аридускулярні позиції рельєфу визначають категорію зволоженості як атмосферно-транзитне зволоження відточне. Відповідно

до величин ґрунтової вологи за роками ступінь зволоження (гігротоп) за типологічною схемою О. Л. Бельгарда (1950) відповідає сухим місцезростанням СГ<sub>0-1</sub>. Вологозабезпеченість ґрунту визначається запасами продуктивної вологи на початку вегетаційного періоду (квітень) та залежить від погодних умов. У посушливі роки запаси вологи у верхньому ґрунтовому шарі (20–30 см) повністю використовуються на випаровування та транспірацію. Зона активного вологообміну визначалася в профілі до глибини 1,5 м. Особливо підвищений вологообмін – у першому 0,5-метровому шарі, де добре виражена мікроморфологічна організація ґрунтової маси. Саме тут акумулюється найбільша кількість вологи. Також цей шар має найбільшу величину витрати вологи (34 % від весняних запасів). Гідрологічний профіль характеризується помірними запасами продуктивної вологи (50–80 % від величини найменшої вологоємності) і лише в роки з найбільшою весняною вологозабезпеченістю у верхньому 1-метровому шарі запаси вологи дещо перевищують величину найменшої вологоємності. Запаси вологи вниз за профілем зменшуються, а в інтервалі 1,5–3 м їх внутрішньорічні коливання досягають мінімальних значень. Діапазон активної вологи змінюється від 50–60 % величини найменшої вологоємності у верхній 1,5-метровій товщі до 40–45 % – в інтервалі 1,5–3 м. Доступність вологи різко знижується вниз за профілем у зв'язку зі зростанням водоутримуючих властивостей ґрунту. В інтервалі 1,8–3 м вона близька до вологості в'янення або менша за неї.

Дослідженнями Н. М. Цветкової (1992) показано залежність зв'язування важких металів та мікроелементів від фізичних властивостей ґрунтів, зокрема їх гранулометричного складу.

Значний вклад у розвиток досліджень фізичних властивостей ґрунтів зробив І. Є. Олег (1996), дисертаційна робота якого присвячена встановленню екологічної ролі фізичних властивостей лісових ґрунтів степового Придніпров'я. Нижче наводяться основні результати виконаної роботи.

Учений відмічає, що плакорний степ півдня України характеризується ґрунтами, які зазвичай за своїми фізичними та мікроморфологічними властивостями є лісопридатними. Головним лімітуючим фактором для лісорозведення є недостатня вологозабезпеченість деревинних рослин. Установлено, що поліпшення фізичних та мікроморфологічних особливостей ґрунтів відбувається завдяки сільватизуючому серцевищеперетворюючому впливу лісової рослинності. Це проявляється в покращенні структури, зростанні рихлості, пористості, зменшенні механічної протидії, збільшенні діапазону доступної вологи.

Фізичні властивості в цих взаємовідносинах не є пасивним фактором, а відіграють провідну екологічну роль у житті ґрунтової флори і фауни, сприяючи чи перешкоджаючи розвиненню кореневих систем, покращуючи чи погіршуючи водний та повітряний режими, умови живлення тощо. Для оцінки лісорослинних та лісовідновлюючих властивостей едафотопів в умовах степового Придніпров'я автором встановлено деякі оптимальні показники фізичних параметрів ґрунтів: гранулометричний склад – середньо- та легкосуглинковий; пористість – 40–55 %; співвідношення капілярної пористості та пор аерації – 2:1; найменша вологоємність – 28–30 %; доступна волога – 18–20 % (60 % від найменшої вологоємності); водопідйомна здатність – 3–5 см/год.; водопроникність – 0,05–0,09 см/хв.; зв'язність – 40–60 кг/см<sup>2</sup>; липкість – 250–300 г/см<sup>2</sup>; твердість – 5–10 кг/см<sup>2</sup>; структура – зерниста або зернисто-горіхувата, рихлого чи рихлуватого складення (Олег, 2000).

Ученим зроблено спробу застосувати як додаткове розшифрування лісорослинних умов у лісотипологічних формулах О. Л. Бельгарда інтегральний показник фізичних властивостей ґрунту (ІПФВ). За наведеними вище даними цей показник має вищий бал – 5. Також до формул О. Л. Бельгарда вводиться показник лісовідновлюючих властивостей ґрунту (ЛВВ), до якого входять також умови зволоження ґрунтів. Виявлені екологічні особливості фізичних властивостей лісових

ґрунтів є важливими критеріями, які лісоводи повинні враховувати та керуватися ними при створенні штучних лісів.

Дослідженнями І. Є. Олега (1996) підтверджується екологічне значення фізичних властивостей ґрунтів щодо лісозростання, особливо в степових умовах, коли ці властивості, як правило, відіграють вирішальну роль, інтерферуючи і видозмінюючи вплив факторів степового середовища, взаємодіючи з лісовою рослинністю, зумовлюючи успіх або невдачу лісорозведення та лісовідновлення. Екологічна роль фізичних (гранулометричний склад, об'ємна, питома маси, пористість, структурність, щільність, найменша вологемкість, діапазон активної вологи, зв'язність, липкість, твердість, водопідйомна здатність, водопроникність та ін.) властивостей лісових ґрунтів степового Придніпров'я зумовлена взаємопроникненням цих факторів ґрунтоутворення крізь ґрунтовий субстрат, який є процесійним блоком, де проходять синтез, аналіз і процеси трансформації факторів середовища. Контролюючим блоком цих процесів є кліматичні особливості степової зони України, які зумовлюють не біогенний вплив деревинних рослин на лісові ґрунти, а біокліматогенний (за С. В. Зонном), забезпечуючи чорноземоутворення під пологом лісової рослинності в плакорному степу.

Н. А. Білова (1997) наводить результати досліджень екології, мікроморфології, антропогенезу лісових ґрунтів степової зони України. Значну увагу автор приділяє встановленню залежності між фізичними властивостями ґрунтів (гранулометричного складу, щільності скелету та твердої фази, твердості) та їх мікроморфологічною організацією. Наводиться схема розробленого пристосування для відбору ґрунту в не порушеному стані з ризосфери рослин.

Н. А. Білова та А. П. Травлєєв (1999) при дослідженні ґрунтів лісових біогеоценозів степової зони приділяють велику увагу особливостям їх гранулометричного складу, справедливо вважаючи цей показник одним із найважливіших генетичних ознак. Також автори наводять результати досліджень деяких фізичних властивостей лісових ґрунтів в умовах степу.

У результаті дослідження екологічної зумовленості фізико-механічних властивостей чорноземів Присамар'я (Горбань, 2007а) встановлено, що найбільше на фізико-механічні властивості ґрунтів впливають вміст гумусу та гранулометричний склад. Чорноземи звичайні та лісопокрашені, на відміну від чорноземів лісових, характеризуються підвищеними величинами липкості. Чорноземи звичайні порівняно з чорноземами лісопокрашеними та лісовими мають підвищену зв'язність. Чорноземи звичайні та лісопокрашені відрізняються від чорноземів лісових підвищеними величинами опірності здавлюванню. За фізико-механічними властивостями найбільш сприятливими для нормального розвитку рослинності характеризуються чорноземи лісові, менш сприятливими – чорноземи звичайні; чорноземи лісопокрашені займають проміжне положення.

Дослідженнями водопроникності та фізичних властивостей ґрунтів лісових угруповань Присамар'я (Горбань, 2007б) встановлено, що найменші значення водопроникності, коефіцієнта фільтрації, водопіднімальної здатності ґрунту та щільності твердої фази з усіх досліджуваних ґрунтів зареєстровано в горизонті  $H_1$  свіжої липово-ясеневі дїброви, яка розташована в заплаві р. Самари. Найбільшу водопроникність та водопіднімальну здатність ґрунту виявлено в горизонті  $Ph$  заплавної дїброви. У горизонті  $H_1$  сухуватої в'язово-ясеневі дїброви є мінімальна щільність скелету та максимальні значення загальної пористості й коефіцієнта фільтрації.

Дослідженнями (Горбань, 2008) встановлено, що привнесення значних обсягів ґрунтового еолового дрібнозему до лісових культурбіогеоценозів в умовах степової зони України призводить до полегшення гранулометричного складу їх місцезростань, а також до зміни типу лісорослинних умов. Відкладення еолового матеріалу в лісових культурбіогеоценозах та залучення його до біологічного кругообігу речовин та енергії сприяє збільшенню вмісту загального гумусу лісопокрашених ґрунтів порівняно з

грунтами лісових культурбіогеоценозів без привнесення еолового матеріалу. Також ґрунтові еолові відклади викликають збільшення водного дефіциту штучних лісових насаджень у степу, що негативно відображається на їх загальному стані.

У результаті досліджень темно-каштанових лісопокращених ґрунтів лісових культурбіогеоценозів буферної зони Біосферного заповідника «Асканія-Нова» (Горбань, 2009) виявлено, що вони належать до ґрунтів суглинного гранулометричного складу. Еоловий матеріал, який відклався на цих ґрунтах, характеризується супіщаним гранулометричним складом, що зумовлює формування оптимальних загальних фізичних властивостей (загальна пористість дорівнює 56,55 %). Еоловим відкладам, порівняно з темно-каштановими ґрунтами, притаманні підвищені величини липкості та зв'язності. Установлено, що шар еолових відкладів та темно-каштанові ґрунти характеризуються сприятливими водно-фізичними властивостями (діапазон активної вологи становить 69–75 % від найменшої вологоємності, водопроникність верхніх горизонтів – близько 5 мм/хв.). Еолові відклади відрізняються від темно-каштанових ґрунтів зменшеними величинами теплофізичних властивостей, що зумовлено особливостями їхнього гранулометричного складу. Виявлено, що горизонт еолових відкладів характеризується значною електроопірністю порівняно з темно-каштановими ґрунтами. Дослідженнями встановлено, що привнесення еолового дрібнозему, який характеризується специфічними фізичними властивостями, на темно-каштанові ґрунти лісових культурбіогеоценозів під час пилових бур зумовлює зміни їх фізичного стану і відіграє важливу екологічну роль.

В. А. Горбанем та А. А. Горбанем (2010) виконано дослідження теплофізичних властивостей еолово-ґрунтових відкладів, похованих лісопокращених та зональних ґрунтів степової зони України. Установлено, що чорнозем звичайний лісопокращений з наявними еолово-ґрунтовими відкладами характеризується меншими величинами теплофізичних властивостей порівняно з чорноземом звичайним, що може свідчити про полегшення гранулометричного складу лісопокращеного чорнозему під впливом еолово-ґрунтових відкладів. Чорнозем приазовський лісопокращений з наявним еолово-ґрунтовим відкладом характеризується більшими величинами теплофізичних властивостей порівняно з чорноземом приазовським, що свідчить про більше накопичення органічної речовини в ґрунті під лісосмугою порівняно з відкритим полем. Темно-каштановий ґрунт лісопокращений з наявними еолово-ґрунтовими відкладами майже не відрізняється за величинами теплофізичних властивостей порівняно з темно-каштановим ґрунтом, що свідчить про зменшення впливу штучного лісу на ґрунти зі збільшенням екстремальності степового середовища, із просуванням з півночі на південь.

Дослідження екологічної зумовленості фізичних властивостей еолово-ґрунтових відкладів, які утворилися внаслідок пилової бурі 2007 р. у полезахисних лісосмугах Асканії-Нова (Горбань, 2010), виявили залежність фізичних властивостей еолово-ґрунтового матеріалу від особливостей природи його утворення, особливо гранулометричного складу та вмісту органічних речовин. Установлено відмінність еолово-ґрунтових відкладів від похованого ґрунту за величинами вмісту фізичної глини, липкості, опірності до здавлювання, найменшої вологоємності, діапазону активної вологи, водопідйомної здатності та теплоємності. У цілому лісопокращеним ґрунтам з наявними еолово-ґрунтовими відкладами притаманні більш оптимальні фізичні та лісорослинні властивості порівняно із зональними темно-каштановими ґрунтами.

Дослідження еколого-фізичних властивостей імпульверизаційно-ґрунтового матеріалу лісових культурбіогеоценозів Присамар'я Дніпровського (Горбань, 2013) виявили, що відклади імпульверизаційного матеріалу і поховані чорноземи звичайні лісопокращені відрізняються супіщаним та легкосуглинистим гранулометричним складом (вміст фізичної глини 15–32 %), що свідчить про їх позитивні лісорослинні

умови, оскільки саме від гранулометричного складу в значній мірі залежать всі інші фізичні властивості. Імппульверизаційно-грунтовий матеріал характеризується мінімальними величинами щільності ( $1,03 \text{ г/см}^3$ ) і максимальними величинами пористості (55,3 %) порівняно з похованими ґрунтами (табл. 1), що забезпечує формування сприятливих умов для розвитку аеробних ґрунтових мікроорганізмів. Ґрунтові відклади характеризуються меншими величинами щільності твердої фази відносно похованих ґрунтів.

Таблиця 1

**Гранулометричний склад та загальні фізичні властивості  
імппульверизаційно-грунтового матеріалу  
та похованих чорноземів звичайних лісового культурбіогеоценозу**

Генетичний горизонт	Вміст фізичної глини, %	Назва ґрунту за гранулометричним складом (за Н. А. Качинським, 1965)	Щільність скелету, $\text{г/см}^3$	Щільність твердої фази, $\text{г/см}^3$	Загальна пористість, %
Пробна площа № 203–С					
H <sub>1</sub> eol	14,79	Супісок	1,03	2,30	55,3
H <sub>2</sub> eol	31,37	Суглинок середній	1,17	2,17	46,0
[H]	15,46	Супісок	1,36	2,35	42,2
[Hp]	32,01	Суглинок середній	1,53	2,44	37,2
[Ph]	30,20	Суглинок середній	1,55	2,30	32,6
Пробна площа № 203–Ц					
H <sub>1</sub> eol	21,63	Суглинок легкий	1,16	2,22	47,9
H <sub>2</sub> eol	17,61	Супісок	1,26	2,39	47,4
[H]	15,11	Супісок	1,31	2,27	42,4
[Hp]	30,29	Суглинок середній	1,36	2,27	40,0
[Ph]	31,92	Суглинок середній	1,30	2,25	42,3
Пробна площа № 203–З					
Neol	16,15	Супісок	1,14	2,17	47,6
[H <sub>1</sub> ]	15,69	Супісок	1,24	2,22	44,3
[H <sub>2</sub> ]	23,99	Суглинок легкий	1,30	2,22	41,4
[Hp]	24,36	Суглинок легкий	1,44	2,41	40,4
[Ph]	24,75	Суглинок легкий	1,48	2,27	34,9
[Pk]	25,91	Суглинок легкий	1,43	2,20	35,0

Ґрунтовий матеріал відрізняється більш сприятливими фізико-механічними властивостями в порівнянні з похованими ґрунтами, що проявляється в менших величинах липкості, зв'язності і опірності до здавлювання (табл. 2). Це створює сприятливі умови для формування кореневої системи вищої рослинності (фітоценозу).

Імппульверизаційні відклади характеризуються підвищеними величинами максимальної гігроскопічної вологості (7,3 %) і вологості в'янення (11 %) порівняно з похованими ґрунтами (табл. 3). У той же час ґрунтовий матеріал відрізняється високими значеннями польової вологоємності (50,5 %) і діапазону активної вологості (39,8 %), що забезпечує формування значних запасів продуктивної, доступної для рослин, вологості. Цьому сприяють також підвищені значення водопроникності, у результаті чого поверхневий стік переводиться в глибинний.

Для імппульверизаційно-грунтового матеріалу властиві підвищені величини температуропровідності ( $2,699 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ ) і теплопровідності ( $0,342 \text{ Дж}/(\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{К})$ ), а також знижені значення теплоємності ( $1,073 \text{ МДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$ ) порівняно з похованими ґрунтами (табл. 4), що пояснюється відмінностями в їх гранулометричному складі та особливостями розподілу органічної речовини за профілем степових ґрунтів.

Таблиця 2

**Фізико-механічні властивості імпัลверизаційно-грунтового матеріалу  
та похованих чорноземів звичайних лісового культурбіогеоценозу**

Генетичний горизонт	Липкість, г/см <sup>2</sup>	Зв'язність, Н/см <sup>2</sup>	Опірність до здавлювання, г/см <sup>2</sup>
Пробна площа № 203–С			
H <sub>1</sub> eol	455	13,3	653
H <sub>2</sub> eol	487	18,7	793
[H]	455	15,9	684
[Hp]	493	19,3	768
[Ph]	425	14,1	770
Пробна площа № 203–Ц			
H <sub>1</sub> eol	400	19,8	743
H <sub>2</sub> eol	355	13,2	658
[H]	365	14,9	705
[Hp]	495	19,1	793
[Ph]	390	13,2	720
Пробна площа № 203–З			
Neol	330	14,6	602
[H <sub>1</sub> ]	398	15,2	654
[H <sub>2</sub> ]	425	16,9	643
[Hp]	405	17,2	670
[Ph]	415	16,4	695
[Pk]	463	19,2	705

Таблиця 3

**Водно-фізичні властивості імпัลверизаційно-грунтового матеріалу  
та похованих чорноземів звичайних лісового культурбіогеоценозу**

Генетичний горизонт	Максимальна гігроскопічна вологість, %	Вологість в'янення, %	Польова вологоємність, %	Діапазон активної вологи, %	Водопроникність, мм/хв.	Водопідйомна здатність, мм/хв.
Пробна площа № 203–С						
H <sub>1</sub> eol	6,77	10,16	46,4	36,2	1,52	1,93
H <sub>2</sub> eol	7,29	10,94	50,5	39,8	1,78	2,07
[H]	7,22	10,82	39,3	28,5	1,04	1,68
[Hp]	6,19	9,28	40,5	31,2	0,91	1,68
[Ph]	5,70	8,55	33,8	25,2	0,95	1,72
Пробна площа № 203–Ц						
H <sub>1</sub> eol	6,84	10,26	42,8	32,5	0,78	1,23
H <sub>2</sub> eol	6,19	9,28	34,2	24,9	0,76	1,07
[H]	7,29	10,94	40,2	29,3	0,73	1,12
[Hp]	6,25	9,38	38,6	29,3	0,89	1,10
[Ph]	5,70	8,55	33,3	24,7	1,01	1,35
Пробна площа № 203–З						
Neol	7,14	10,71	43,4	32,7	0,90	1,85
[H <sub>1</sub> ]	6,81	10,21	39,4	29,2	1,08	1,78
[H <sub>2</sub> ]	6,74	10,10	43,4	33,3	0,91	1,18
[Hp]	6,81	10,21	39,6	29,4	0,82	1,50
[Ph]	6,00	9,00	40,0	31,0	0,97	1,65
[Pk]	5,70	8,55	37,3	28,7	1,02	1,56

Імпульверизаційно-грунтовий матеріал характеризується більш сприятливими еколого-фізичними властивостями порівняно з похованими ґрунтами лісових культурбіогеоценозів.

Таблиця 4

**Теплофізичні властивості імпульверизаційно-грунтового матеріалу та похованих чорноземів звичайних лісового культурбіогеоценозу**

Генетичний горизонт	Температуропровідність, $10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$	Теплоємність, $\text{МДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$	Теплопровідність, $\text{Дж}/(\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{К})$
Пробна площа № 203–С			
H <sub>1</sub> eol	2,249	1,141	0,257
H <sub>2</sub> eol	2,298	1,169	0,269
[H]	2,070	1,163	0,241
[Hp]	2,699	1,269	0,342
[Ph]	2,635	1,200	0,316
Пробна площа № 203–Ц			
H <sub>1</sub> eol	2,388	1,163	0,278
H <sub>2</sub> eol	2,514	1,175	0,295
[H]	2,475	1,216	0,301
[Hp]	2,303	1,203	0,277
[Ph]	2,370	1,143	0,271
Пробна площа № 203–З			
Neol	2,222	1,073	0,239
[H <sub>1</sub> ]	2,121	1,083	0,230
[H <sub>2</sub> ]	2,022	1,120	0,226
[Hp]	2,203	1,159	0,255
[Ph]	2,202	1,202	0,265
[Pk]	2,246	1,225	0,275

Дослідженнями фізичних властивостей еолово-грунтових відкладів та похованих чорноземів приазовських лісових культурбіогеоценозів Приазов'я, які виконані В. А. Горбанем та О. О. Михайліченком (2013), встановлено, що еолово-грунтові відклади характеризуються більш легким гранулометричним складом порівняно з похованими чорноземами приазовськими. В еоловому матеріалі та похованих ґрунтах з глибиною спостерігається збільшення величин щільності та щільності твердої фази. Загальна пористість з глибиною поступово зменшується. Еолово-грунтові відклади порівняно з похованими чорноземами приазовськими відрізняються зменшеними величинами липкості та збільшеними величинами зв'язності та опірності до здавлювання. Еоловий матеріал містить менші запаси польової вологи порівняно з похованими ґрунтами. Еолово-грунтовим відкладам та похованим чорноземам приазовським властиві сприятливі водно-фізичні властивості. Еолові відклади відрізняються збільшеними величинами температуропровідності і теплопровідності та зменшеними величинами теплоємності порівняно з похованими чорноземами приазовськими.

**Дослідження фізичних властивостей лісових підстилок.** У роботі А. П. Травлева (1960) наводяться результати досліджень термоізоляційної ролі лісової підстилки з використанням модифікованих методів дослідження фізичних властивостей ґрунтів.

О. Г. Мирош та Н. М. Цветкова (1975) наводять методику дослідження температуропровідності органічного опаду та підстилок деревних порід, в основі якої лежить метод тонкої пластини Чудновського, що використовується при визначенні теплових властивостей ґрунтів.



Л. П. Травлеєв (1976) у своїй роботі наводить результати досліджень водно-фізичних властивостей (загальна вологоємність, водопроникність, випаровування вологи, капілярні властивості, гігроскопічна вологість) лісових підстилок Присамар'я, при цьому автор пристосовує та використовує методики досліджень фізичних властивостей ґрунтів. Л. П. Травлеєвим встановлено, що загальна вологоємність підстилки коливається в межах 153,6–482,9 %. Водопроникність досягає 87 %. Лісова підстилка має дуже незначну капілярність та гігроскопічність. За рахунок поверхневого випаровування втрачається лише 8–14 % води від початкової ваги.

**Дослідження радіоактивності ґрунтів та лісових підстилок.** Дослідження А. П. Травлеєва, Т. М. Антоненко, А. Г. Лінді (1975) присвячені вивченню природної радіоактивності лісових біогеоценозів південного сходу України. Найбільш низька радіоактивність характерна для піщаних малогумусових ґрунтів. Встановлено, що з переходом від легких за гранулометричним складом ґрунтів до важких активність ґрунтів зростає. Це чітко корелюється з ємністю поглинання та кількістю дрібних фракцій ґрунту. Значним акумулятором радіоактивних ізотопів є трухоподібний горизонт підстилки, у якому питома бета-активність досягає найвищих показників. Збільшеною активністю характеризуються гумусові горизонти: чим більше гумусу, тим вища радіоактивність ґрунтів. Підвищений вміст радіоактивних ізотопів обумовлений також наявністю ілювіальних горизонтів. Чим багатший горизонт на мулову та колоїдну фракції, тим вища його радіоактивність.

Дослідженнями А. Ф. Кулік (1992) встановлено, що насипні ґрунти ділянки лісової рекультивациі Західного Донбасу відрізняються підвищеними рівнями бета-радіоактивності порівняно з насадженнями на зональних чорноземах. Найбільші значення бета- та гамма-радіоактивності виявлено в шахтній породі.

А. Ф. Кулік та І. В. Рева (1995) при виконанні дослідження радіоактивності ґрунтів та рослин природних і штучних біогеоценозів в умовах степової зони виявили, що максимальна величина бета-радіоактивності характерна для ґрунтів, особливо їх верхнього гумусового горизонту, що пояснюється його високою сорбційною здатністю порівняно з іншими горизонтами. Також встановлено, що найбільша величина бета-радіоактивності пов'язана з ґрунтами заплавної липово-ясеневої діброви, а найменша – з ґрунтами штучного насадження акації білої свіжуватого типу.

У результаті досліджень А. Ф. Кулік (1997) у ґрунтах заплавної лісової зони виявлено такі радіонукліди: калій-40, торій-228, радій-226, рутеній-103 та 106, цезій-137. Найбільший внесок у радіоактивність ґрунтів робить калій-40. Активність цезію-137 та стронцію-90 у досліджених ґрунтах була в межах норми.

Дослідження особливостей природної бета-радіоактивності еолово-ґрунтових відкладів породахисних лісосмуг степової зони України (Горбань, 2010) виявили, що 40-річні еолово-ґрунтові відклади на чорноземах звичайних лісопокращених характеризуються певною спорідненістю з похованим гумусовим горизонтом (табл. 5).

З часом (30–40 років і більше) спостерігається формування певної спорідненості еолово-ґрунтових відкладів з гумусовим горизонтом похованих під ними ґрунтів. Чорноземні та темно-каштанові лісопокращені ґрунти характеризуються меншими величинами бета-активності порівняно із зональними ґрунтами.

Бета-активність свіжих (3–5-річних) еолово-ґрунтових відкладів, які утворилися на чорноземах приазовських лісопокращених та темно-каштанових лісопокращених ґрунтах, та похованих під ними ґрунтів свідчить про їх генетичну відмінність, гетерогенність та відносну екологічну несумісність із зональними ґрунтами (табл. 6 та 7).

У результаті досліджень природної радіоактивності лісопокращених едафотопів Присамар'я Дніпровського В. А. Горбанем та А. О. Беркар (2013) встановлено, що максимальна величина бета-радіоактивності ґрунту білоакацієвого насадження на плакорі пов'язана з верхніми горизонтами, з глибиною її величина зменшується. Це пояснюється збільшенням накопиченням органічної речовини, яка характеризується

значною сорбційною здатністю, на поверхні ґрунту і дуже незначним його проникненням вглиб у результаті значного дефіциту вологи в даних місцезростаннях. Величина бета-радіоактивності ґрунту білоакацієвого насадження пристіну з глибиною поступово збільшується, при цьому максимальна величина пов'язана з верхнім горизонтом, для якого притаманний максимальний вміст органічної речовини. Подібний характер розподілу величин природної радіоактивності за профілем властивий також для дубового насадження на плакорі. Збільшення величини бета-радіоактивності з глибиною в досліджених ґрунтах може бути зумовлене активною міграцією мулистих часток під дією глибинних потоків вологи, збільшена кількість якої пов'язана з активною середовищеперетворюючою роллю лісових насаджень у степових умовах (Высоцкий, 1960; Бельгард, 1971; Грицан, 2000; Іванько, 2008). Також у цьому процесі важливу роль відіграє лісова підстилка (Травлев, 1976).

Таблиця 5

**Бета-активність еолово-ґрунтових відкладів полезахисних лісосмуг  
Присамар'я Дніпровського**

Генетичний горизонт	Коефіцієнт озонення	Питома β-активність ґрунту, 10 <sup>-10</sup> кюрі/кг
ПП № 203		
H <sub>1</sub> eol	0,885	99,9
H <sub>2</sub> eol	0,894	101,5
[H]	0,896	98,4
[Hp]	0,906	109,4
[Ph]	0,920	110,0
ПП № 202		
Hor	0,902	106,1
H	0,924	111,3
HP	0,940	103,2
Pk	0,950	120,0

Таблиця 6

**Бета-активність еолово-ґрунтових відкладів полезахисних лісосмуг Приазов'я**

Генетичний горизонт	Коефіцієнт озонення	Питома β-активність ґрунту, 10 <sup>-10</sup> кюрі/кг
ПП ЧП-В1		
Neol	0,852	102,6
[H]	0,896	92,0
[Hp]	0,879	99,6
[Ph]	0,913	112,8
ПП ЧП-В2		
Hor	0,899	110,8
H	0,895	97,8
Ph	0,923	98,4
Pk	0,928	103,9

При дослідженні комплексу фізичних властивостей ґрунтів співробітниками КЕДУ використовуються загальноприйняті класичні методики, розроблені та узагальнені Н. А. Качинським (1965, 1970), А. Д. Вороніним (1986), А. Ф. Вадюніною та З. О. Корчагіною (1986), С. В. Нерпіним та О. Ф. Чудновським (1967), Є. В. Шеїним та Л. О. Карпачевським (2007) та ін. Співробітниками КЕДУ розроблено та впроваджено методики досліджень липкості та зв'язності ґрунтів з використанням приладів KPGi-2295 та ZE-400 (Олег, 1996, 1997), методику дослідження опірності ґрунтів до здавлювання з використанням приладу RPGi-2292 (Горбань, 2007в), модифіковано методику дослідження теплофізичних властивостей ґрунтів на основі методу імпульсного нагрівання (Созин, 1990; Горбань, 2007), що дозволило значно інтенсифікувати дослідження цих властивостей.

**Бета-активність еолово-грунтових відкладів полезахисних лісосмуг Асканії-Нова**

Генетичний горизонт	Коефіцієнт озолення	Питома β-активність ґрунту, 10 <sup>-10</sup> кюрі/кг
ПП АН–В1		
Neol	0,892	97,4
[H(e)]	0,916	108,9
[Hpk(i)]	0,928	108,3
[Pk]	0,936	113,0
ПП АН–В2		
Нор	0,921	137,4
Нр	0,921	109,7
Phk	0,930	115,8
Pks	0,931	93,4

У найближчій перспективі перед співробітниками КЕДУ в галузі дослідження фізичних властивостей ґрунтів лісових біогеоценозів степової зони України стають такі завдання:

- 1) активізувати дослідження фізичних властивостей ґрунтів природних та штучних біогеоценозів степової зони України;
- 2) установити особливості сільватизаційного впливу лісових насаджень на фізичні властивості степових ґрунтів;
- 3) дослідити взаємозв'язок між фізичними властивостями ґрунтів та їх структурою, мікроморфологічною будовою, гумусовим станом, фізико-хімічними властивостями;
- 4) активізувати типолого-генетичні дослідження структурно-агрегатного складу ґрунтів із залученням мікроморфологічних методів дослідження;
- 5) розробити та впровадити в дослідницьку роботу нові методики дослідження фізичних властивостей ґрунтів з максимальним використанням зразків у природному неперушеному стані.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

- Белова Н. А.** Естественные леса и степные почвы (экология, микроморфология, генезис) / Н. А. Белова, А. П. Травлев. – Д.: ДГУ, 1999. – 348 с.
- Белова Н. А.** Экология, микроморфология, антропогенез лесных почв степной зоны Украины / Н. А. Белова. – Д.: ДГУ, 1997. – 264 с.
- Бельгард А. Л.** Введение в типологию искусственных лесов степной зоны // Искусственные леса степной зоны Украины / А. Л. Бельгард. – Х.: ХНУ, 1960. – С. 33–55.
- Бельгард А. Л.** Основные принципы типологии искусственных лесов степной зоны / А. Л. Бельгард // Велико-Анадольский лес. – Х.: ХНУ, 1955. – С. 23–38.
- Бельгард А. Л.** Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 336 с.
- Вадюнина А. Ф.** Методы исследования физических свойств почвы / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
- Воронин А. Д.** Основы физики почв / А. Д. Воронин. – М.: МГУ, 1986. – 240 с.
- Высоцкий Г. Н.** Избранные труды / Г. Н. Высоцкий. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 435 с.
- Горбань В. А.** Екологічна зумовленість фізико-механічних властивостей чорноземних ґрунтів Присамарського біосферного стаціонару / В. А. Горбань // Екологія та ноосферологія. – 2007а. – Т. 18, № 1–2. – С. 64–67.
- Горбань В. А.** Екологічна зумовленість фізичних властивостей еолово-грунтових відкладів полезахисних лісосмуг Асканії-Нова / В. А. Горбань // Вісті Біосферного заповідника «Асканія-Нова». – 2010. – Т. 12. – С. 89–95.
- Горбань В. А.** Екологічна роль фізичних властивостей однорічних еолових відкладів лісових культурбіогеоценозів Асканії-Нова / В. А. Горбань // Вісті Біосферного заповідника «Асканія-Нова». – 2009. – Т. 11. – С. 104–111.
- Горбань В. А.** Еколого-фізичні властивості імпульверизаційно-грунтового матеріалу лісових культурбіогеоценозів Присамар'я Дніпровського / В. А. Горбань // Екологія та

ноосферологія. – 2013. – Т. 24, № 1–2. – С. 49–59.

**Горбань В. А.** Зв'язок водопроникності ґрунтів з іншими їхніми фізичними властивостями у лісових угрупованнях Присамар'я / В. А. Горбань // Вісник Львів. ун-ту. Серія біологічна. – 2007б. – Вип. 43. – С. 161–165.

**Горбань В. А.** Исследование теплофизических свойств почвы методом импульсного нагрева / В. А. Горбань, А. А. Горбань // Грунтознавство. – 2007. – Т. 8, № 3–4. – С. 95–99.

**Горбань В. А.** Опірність здавлюванню ґрунтів: методика дослідження та екологічне значення / В. А. Горбань // Грунтознавство. – 2007в. – Т. 8, № 1–2. – С. 101–104.

**Горбань В. А.** Особливості впливу еолових відкладів на лісорослинні умови степової зони України / В. А. Горбань // Екологія та ноосферологія. – 2008. – Т. 19, № 3–4. – С. 83–87.

**Горбань В. А.** Природна бета-активність еолово-ґрунтових відкладів полежахисних лісосмуг степової зони України / В. А. Горбань // Грунтознавство. – 2010. – Т. 11, № 3–4. – С. 67–73.

**Горбань В. А.** Природна радіоактивність лісополіпшених едафтопів Присамар'я Дніпровського / В. А. Горбань, А. О. Беркар // Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. – 2013. – Вип. 42. – С. 77–82.

**Горбань В. А.** Теплофізичні властивості еолово-ґрунтових відкладів полежахисних лісосмуг степової зони України / В. А. Горбань, А. А. Горбань // Грунтознавство. – 2010. – Т. 11, № 1–2. – С. 53–60.

**Горбань В. А.** Фізичні властивості еолово-ґрунтових відкладів та похованих чорноземів приазовських лісових культурбіогеоценозів Приазов'я / В. А. Горбань, О. О. Михайліченко // Грунтознавство. – 2012. – Т. 13, № 1–2. – С. 31–37.

**Горбунов Н. И.** Минералогия и физическая химия почв / Н. И. Горбунов. – М.: Наука, 1978. – 296 с.

**Грицан Ю. І.** Екологічні основи перетворюючого впливу лісової рослинності на степове середовище / Ю. І. Грицан. – Д.: ДДУ, 2000. – 296 с.

**Иванько И. А.** Эффект меланизации искусственных насаждений как фактор их устойчивости в степной зоне / И. А. Иванько // Екологія та ноосферологія. – 2008. – Т. 19, № 3–4. – С. 181–184.

**Качинский Н. А.** Физика почвы / Н. А. Качинский. – М.: Высш. шк., 1965. – 322 с.

**Качинский Н. А.** Физика почвы / Н. А. Качинский. – М.: Высш. шк., 1970. – 357 с.

**Кулик А. Ф.** Динамика естественной радиоактивности почвогрунтов участков лесной рекультивации Западного Донбасса / А. Ф. Кулик // Биомониторинг лесных экосистем степной зоны. – Д.: ДГУ, 1992. – С. 62–66.

**Кулик А. Ф.** Радиоактивность почв и растений природных и искусственных биогеоценозов Присамарского мониторинга / А. Ф. Кулик, И. В. Рева // Мониторинговые исследования биогеоценологических катен степной зоны. – Д.: ДГУ, 1995. – С. 82–90.

**Кулик А. Ф.** Содержание и закономерности распространения радионуклидов в почвах пойменных лесов Присамарского мониторинга / А. Ф. Кулик // Вопросы степного лесоведения и лесной рекультивации земель. – Д.: ДГУ, 1997. – С. 37–40.

**Лындя А. Г.** Материалы к исследованию физико-химических свойств почв Присамарского стационара / А. Г. Лындя // Вопросы степного лесоведения и охраны природы. – Д.: ДГУ, 1976. – Вип. 6. – С. 25–31.

**Лындя А. Г.** О положительном влиянии лесной растительности на некоторые физические свойства почв / А. Г. Лындя // Вопросы степного лесоведения. – Д.: ДГУ, 1973. – Вип. 4. – С. 30–33.

**Мирош О. Г.** Об изучении температуропроводности органического опада и подстилки некоторых древесных пород / О. Г. Мирош, Н. Н. Цветкова // Вопросы степного лесоведения и охраны природы. – Д.: ДГУ, 1975. – Вип. 5. – С. 47–50.

**Нерпин С. В.** Физика почвы / С. В. Нерпин, А. Ф. Чудновский. – М.: Наука, 1967. – 580 с.

**Олег И. Е.** Интегральные критерии лесопригодности и лесовозобновительной способности почв в степной зоне / И. Е. Олег // Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. – Д.: ДДУ, 2000. – Вип. 4. – С. 44–47.

**Олег И. Е.** К итогам исследования связности и липкости лесных почв Присамарского биосферного стационара / И. Е. Олег // Вопросы степного лесоведения и лесной рекультивации земель. – Д.: ДГУ, 1997. – Вип. 1. – С. 98–105.

**Олег І. Є.** Екологічна роль фізичних властивостей лісових ґрунтів степового Придніпров'я (лісорослинні умови, генезис, типологія): Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук / І. Є. Олег. – Д.: ДДУ, 1996. – 18 с.

**Сидельник Н. А.** О взаимоотношении древесных пород в насаждениях Велико-Анадоля на фоне конкретных лесорастительных условий / Н. А. Сидельник // Велико-Анадольский лес. – Х.: ХНУ, 1955. – С. 65–92.

**Сидельник Н. А.** Основные принципы создания лесных культур в условиях степи / Н. А. Сидельник // Вопросы степного лесоведения и охраны природы. – Д.: ДГУ, 1977. – Вып. 8. – С. 69–74.

**Сидельник Н. А.** Некоторые вопросы массивного лесоразведения в степи и перспективные типы культур для степной зоны УССР / Н. А. Сидельник // Искусственные леса степной зоны Украины. – Х.: ХНУ, 1960. – С. 85–131.

**Созин Ю. А.** Определение теплофизических свойств почвы методом импульсного нагрева / Ю. А. Созин // Антропогенные воздействия на лесные экосистемы степной зоны. – Д.: ДГУ, 1990. – Вып. 20. – С. 95–101.

**Стадниченко В. Г.** Почвы Велико-Анадольского леса / В. Г. Стадниченко // Велико-Анадольский лес. – Х.: ХНУ, 1955. – С. 53–63.

Теории и методы физики почв / Под ред. Е. В. Шеина и Л. О. Карпачевского. – М.: Гриф и К, 2007. – 616 с.

**Травлеев А. П.** Водные и микроморфологические свойства почв степных биогеоценозов Присамарского мониторинга / А. П. Травлеев, Н. А. Белова, Л. П. Травлеев // Кадастровые исследования степных биогеоценозов Присамарья Днепропетровского, их антропогенная динамика и охрана. – Д.: ДГУ, 1991. – С. 4–20.

**Травлеев А. П.** Вопросы генезиса и свойств почв лесных биогеоценозов Присамарья // Вопросы степного лесоведения. – Д.: ДГУ, 1972. – Вып. 2. – С. 8–12.

**Травлеев А. П.** Лес и почва в условиях степи (спутник полевых исследований геоботаника) / А. П. Травлеев, Л. П. Травлеев. – Д.: ДГУ, 1998. – 85 с.

**Травлеев А. П.** О термоизоляционной роли лесной подстилки / А. П. Травлеев // Почвоведение. – 1960. – № 10. – С. 92–95.

**Травлеев А. П.** Характеристика почв лесных культурбиогеоценозов настоящих степей УССР // Вопросы степного лесоведения и охраны природы. – Д.: ДГУ, 1977. – Вып. 7. – С. 8–21.

**Травлеев А. П.** Изучение естественной радиоактивности лесных биогеоценозов юго-востока УССР / А. П. Травлеев, Т. М. Антоненко, А. Г. Лындя // Вопросы степного лесоведения и охраны природы. – Д.: ДГУ, 1975. – Вып. 5. – С. 13–19.

**Травлеев Л. П.** Водно-физические свойства и водный режим почво-грунтов пристенных лесных биогеоценозов Присамарья / Л. П. Травлеев // Биогеоценологические особенности лесов Присамарья и их охрана. – Д.: ДГУ, 1981. – Вып. 12. – С. 82–103.

**Травлеев Л. П.** Водно-физические свойства лесных подстилок Присамарья / Л. П. Травлеев // Вопросы степного лесоведения и охраны природы. – Д.: ДГУ, 1976. – Вып. 6. – С. 50–59.

**Травлеев Л. П.** О локальных коэффициентах увлажнения эдафотопов в лесных биогеоценозах степной Украины / Л. П. Травлеев // Вопросы степного лесоведения и охраны природы. – Д.: ДГУ, 1976. – Вып. 6. – С. 37–43.

**Травлеев Л. П.** Спутник геоботаника по почвоведению и гидрологии / Л. П. Травлеев, А. П. Травлеев. – Д.: ДГУ, 1979. – 87 с.

**Цветкова Н. Н.** Особенности миграции органо-минеральных веществ и микроэлементов в лесных биогеоценозах степной Украины / Н. Н. Цветкова. – Д.: ДГУ, 1992. – 236 с.