

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М. К. Шикули

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

**Перший проректор**


Ібатуллін І. І.

« 11 » 06 2020 р.

**РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО**

На засіданні вченої ради агробіологічного  
факультету

Протокол № 9 від 10 червня 2020 р.

Декан факультету  Тонха О. Л.

На засіданні кафедри ґрунтознавства та  
охорони ґрунтів ім. проф. М. К. Шикули  
Протокол № 9 від 03 червня 2020 р.

Завідувач кафедри  Балаєв А. Д.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ФІЗИКА ҐРУНТУ**

Галузь знань	20 «Аграрні науки та продовольство»
Спеціальність	201 «Агрономія»
Рівень вищої освіти	Третій освітньо-науковий
Факультет	Агробіологічний

Розробники: д. с. -г. н., проф. Балаєв А. Д., д. с. -г. н., проф. Тонха О. Л.,  
к. с. -г. н., доцент Бережняк М. Ф.

Київ – 2020 р.

## 1. Опис навчальної дисципліни «Фізика ґрунту»

<b>Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітній ступінь</b>		
Галузь знань	20 «Аграрні науки та продовольство»	
Освітньо-науковий рівень	Третій	
Освітній ступінь	Доктор філософії	
Спеціальність	201 «Агрономія»	
Освітньо-наукова програма	«Агрономія»	
<b>Характеристика навчальної дисципліни</b>		
Вид	Вибіркова	
Загальна кількість годин	150	
Кількість кредитів ECTS	5	
Курсовий проект (робота) (за наявності)		
Форма контролю	<i>Екзамен</i>	
<b>Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання</b>		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	1	
Семестр	2	
Лекційні заняття	20 год.	20 год.
Практичні, семінарські заняття	год.	год.
Лабораторні заняття	30 год.	30 год.
Самостійна робота	100 год.	100 год.
Індивідуальні завдання		
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання		

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Фізика ґрунтів – це область ґрунтознавства, що вивчає фізичні властивості ґрунтів і процеси. Ґрунт як фізичне тіло являє собою полідисперсну гетерогенну систему, т. ін. Вона складається з частинок різної крупності і різного мінералогічного і хімічного складу. Між складаючими ґрунт частинками утворюються порожнечі, або пори, в яких знаходиться ґрунтовий розчин і ґрунтове повітря. Внаслідок дисперсності ґрунту мають сильно розвиненими поверхнями розділу між твердою частиною та іншими складаючими її частинами, а отже, і значної вільної поверхневою енергією, що впливає на стан речовини і процеси, що протікають в обмеженому цими поверхнями паровому просторі. В результаті в пустотах ґрунту створюються енергетичні умови, що відрізняються від тих, які існують у поверхонь великих об'ємних тіл. Розмір, форма і спосіб упаковки ґрунтових частинок і їх агрегатів визначають співвідношення між обсягами, займаними в ґрунті твердою частиною, рідиною і газами, впливають на фізичний стан і поведінку ґрунтового розчину і містяться в ньому елементів живлення рослин, а також на енергетику і рухливість води – основного компонента ґрунту і біосфери в цілому. Співвідношення між твердою і рідкою частинами ґрунту впливає на її газообмін з атмосферою і перш за все на аерацію ґрунту, т. ін. Надходження необхідної для коренів рослин кисню і видалення вуглекислоти; обумовлює теплоємність, теплопровідність, температуропровідність ґрунту і, отже, впливає на акумуляцію та поширення теплоти в ґрунті, що виявляє істотний вплив як на ріст і розвиток рослин, так і на які відбуваються в ґрунті фізичні і хімічні процеси. Взаємодія твердої і рідкої частин ґрунту обумовлює механічні та геологічні властивості ґрунтів (їх міцність, деформованість, пластичність, плинність, в'язкість, липкість), тісно пов'язані з технологічними операціями по обробці ґрунтів і догляду за посівами і впливають на поширення коренів рослин. Тверда частина ґрунту служить її основою, або матрицею. По вивченню структури цієї основи ґрунтів, її складу і властивостей (розподіл складових її частинок за розмірами, їх мінералогічний склад; умови їх агрегування і пептизації; величина і властивості їх поверхонь розділу), її взаємодії з ґрунтовим розчином – одна з основних задач фізики ґрунтів. 5 Ґрунт як природне фізичне тіло тісно пов'язана з составом і походженням материнської породи і з умовами зовнішнього середовища (з кліматом, рельєфом, рослинністю), т. ін. З факторами ґрунтоутворення, які визначає особливості формування ґрунтового профілю, що складається з генетичних горизонтів, що є причиною виникнення вертикальної анізотропії, і обумовлюють латеральну просторову мінливість фізичних властивостей ґрунтів. З умовами зовнішнього середовища пов'язані зміни вмісту води і повітря в ґрунтах, приплив тепла в ґрунту або його відтік, коливання температури ґрунтів. Фактори зовнішнього середовища обумовлюють радіаційний, тепловий, водний і повітряний режими ґрунтів, служать причиною переміщення води та повітря в ґрунті у вертикальному і горизонтальному напрямках. На характер і швидкість поширення води, повітря, тепла в ґрунтах істотний вплив роблять будова

грунтового профілю, ступінь вираженості вертикальної анізотропії. Тому істотне місце у фізиці ґрунтів приділено питанням проникнення і розповсюдження води і повітря в ґрунтах (інфільтрація, водопроникність, водопідйомна здатність ґрунтів, повітря), водного, теплового та повітряного режимів. Ґрунтоутворювального процес впливає на організацію, упорядкування і диференціацію твердої частини ґрунту, визначає склад ґрунтового розчину і обумовлює особливості ґрунту як природного фізичного тіла. Тому фізику ґрунтів і слід розглядати як одну з ґрунтових дисциплін. У той же час ґрунт як фізичне тіло підпорядковується законам фізики, зокрема фізики дисперсних систем, і при її досліді використовують не тільки сучасні фізичні методи, а й сучасні фізичні теорії, які спираються на відповідний математичний апарат. Суттєву допомогу при вивченні протікають в ґрунтах фізичних процесів надає імітаційне математичне і фізичне моделювання. Досягнення фізики ґрунтів широко використовуються в народному господарстві СНД. Екологічна і технологічна оцінка фізичного стану ґрунтів лежить в основі розробки сучасних зональних систем обробки ґрунтів і догляду за посівами. Фізика ґрунтів є теоретичною основою їх меліорації. Якщо на значних територіях півдня і південного сходу європейської частини нашої країни і в Середній Азії не вистачає води і необхідно зрошення, то в північних і північно-західних її областях і частково в центральних районах, а також в Нечорнозем'я відзначається надлишок води, який необхідно видаляти, щоб забезпечити сприятливі умови для розвитку сільськогосподарських рослин, т. е. необхідно осушення. Значні території, розташовані в областях з великою кількістю тепла і світла, характеризуються надмірним вмістом солей або поганими фізичними властивостями, викликаними солонцюватістю. Для ефективного використання цих ґрунтів їх необхідно поліпшити, видаливши надлишок солей і усунувши солонцюватих. Успішне здійснення цих заходів можливе лише за умови знання фізичних властивостей ґрунтів і закономірностей протікаючих в них процесів (поширення в ґрунтах води і розчинених в ній солей, зміни структури твердої частини ґрунту в залежності від зміни складу і концентрації ґрунтового розчину, складу обмінних підстав). Науково обґрунтована розробка як агротехнічних, так і інженерних заходів по боротьбі з водною та вітровою ерозією ґрунтів немислима без урахування фізичних властивостей ґрунтів.

В результаті вивчення дисципліни «Фізика ґрунтів» аспіранти повинен *знати*: показники вологості ґрунту; фізичні властивості ґрунтів; агрофізичні аспекти регламентації технологічного навантаження на ґрунти; агрогідрологічні властивості ґрунтів; методи вимірювання вологості ґрунтів; потенціали ґрунтової вологи (гравітаційний, каркасний, потенціал тиску); методи вимірювання потенціалів ґрунтової вологи; методи визначення випаровування ґрунтом; метод визначення водяної пари в ґрунті; вимоги сільськогосподарських культур до гранулометричного складу; диференціація обробітку ґрунтів залежно від гранскладу; виділення зон за гранскладом для мінімального і нульового обробітків; реакція польових культур на мінімізацію обробітку залежно від гранскладу; гранулометричний склад і удобрення ґрунтів, розчинення, рух та закріплення добрив залежно від гранскладу.

Отримані знання будуть використовуватися для підготовки дисертаційної роботи, а також у практичній діяльності.

### 3. Структура навчальної дисципліни «Фізика ґрунту»

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с. р.	л		п	лаб	інд	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 1. Історія науки «Фізика ґрунтів», минуле і сучасність	10	2				8	10	2				8
Тема 2. Тверда фаза ґрунту та її дисперсність	10	2				8	10	2				8
Тема 3. Залучення даних ґранскладу до оцінки родючості ґрунтів, їх раціонального використання та охорони.	10	2		4		4	10	2		4		4
Тема 4. Структурно-агрегатний склад ґрунту та основні теорії формування ґрунтової структури.	10	2		4		4	10	2		4		4
Тема 5. Фізико-механічні властивості ґрунтів в агроландшафтах.	10	2		2		6	10	2		2		6
Тема 6. Вологість ґрунтів і ґрунтово-гідрологічні константи.	20	2		2		16	20	2		2		16
Тема 7. Газова фаза ґрунтів, її склад, властивості та методи визначення	20	2		2		16	20	2		2		16
Тема 8. Теплофізичні властивості ґрунтів, їх дослідження та заходи регулювання	20	2		2		16	20	2		2		16
Тема 9. Оптимізація агрофізичних властивостей ґрунтів у сучасному землеробстві	20	2		2		16	20	2		2		16
Тема 10. Використання фізичних параметрів у моніторингу ґрунтів та агроекологічній оцінці умов росту с. -г культур	20	2		2		16	20	2		2		16
Усього годин	150	20		20		110	150	20		20		110



#### 4. Програма навчальної дисципліни

##### Лекційне заняття 1. Історія науки «Фізика ґрунтів», минуле і сучасність

Хронологія розвитку науки добре описана у першому томі «Фізика ґрунтів» професора Н. А. Качинського. Протягом ХІХ-ХХ століть суттєвий вклад у розвиток науки внесли ціла плеяда російських та українських вчених. Професор *О. Г. Дояренко* (1874-1956) розвинув вчення про фізичні фактори життя рослин, їх зв'язок із фізичними умовами середовища та продуктивності рослин.

Професор *Н. А. Качинський* (1894-1976) довгий час працював в МДУ на кафедрі фізики і меліорації ґрунтів. Його доробок складає «методи дослідження гранулометричного і мікроагрегатного складу», їх класифікація, підготував двотомну працю «Фізика почв».

Професор *О. А. Роде* (1896-1979) засновник вчення про гідрологію ґрунтів, автор монографії «Основы учения о почвенной влаге» у 2-ох томах, розробник класифікації типів ґрунтів та їх ґрунтово-гідрологічних констант.

Проф. *А. Д. Воронин* (1929-1998) підготував книги «Структурно-функціональна гідрофізика почв» та «Основы физики почв», де його фізична структурно-функціональна гіпотеза переросла в окрему теорію у ґрунтознавстві.

В Україні агрофізичними дослідженнями займалися проф. *М. М. Годлін* (1886-1973), що довгий час працював завідувачем кафедри ґрунтознавства та геології Української сільськогосподарської академії м. Києва. До його доробку відноситься удосконалення гранулометричного і мікроагрегатного аналізів, запровадження тричленної класифікації ґрунтів, яка широко використовувалася при великомасштабному обстеженні ґрунтів України.

Проф. *О. Н. Соколовський* (1884-1959) був засновником сучасного агрономічного ґрунтознавства. Основним напрямом наукової діяльності було вивчення впливу складу обмінних катіонів на формування структури та водні властивості ґрунтів. Він є засновником нової галузі науки – колоїдної технології ґрунтів, запропонував метод осолонцювання для боротьби із фільтрацією води зрошувальних каналів.

Нині в Україні із напрямку агрофізики плідно працюють академік *В. В. Медведєв* – який розробляє оптимізацію агрофізичних параметрів ґрунтів в сучасному землеробстві, стосовно поліпшення їх родючості та підвищення продуктивності агроценозів. Ним розроблена агроекологічна оцінка умов росту сільськогосподарських культур із цілою низкою агрофізичних параметрів. З під його пера вийшли фундаментальні праці – монографії «Оптимизация агрофизических свойств черноземов» (1988), «Структура почвы» (2008), «Твердость почвы» (2009), «Водные свойства почв Украины и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур» (2011).

У даний час у науково-дослідних установах України проводиться робота із дослідження щодо створення сприятливого фізичного режиму ґрунтів протягом усього періоду вегетації польових культур (проф. *А. М. Малиєнко*,

ННЦ «Інститут землеробства НААН України»), вплив мінімізації обробітку ґрунтів на агрофізичні властивості чорноземів та підвищення урожайності сільськогосподарських культур (докт. с. -г. наук *О. В. Демиденко*, Черкаський Інститут агропромислового виробництва НААН України), розроблено загальні теоретичні та практичні основи систем управління агрофізичними параметрами родючості меліорованих ґрунтів (акад. *С. А. Балюк*, член-кор. *Р. С. Трускавецький*, Інститут ґрунтознавства і агрохімії НААН України).

## **Лекційне заняття 2. Тверда фаза ґрунту та її дисперсність. Гранулометричний склад**

Ґрунт – гетерогенна, полідисперсна, багатофазна пориста система. Фази ґрунту, їх співвідношення. Основні характеристики твердої фази ґрунтів: щільність твердої фази ґрунту і агрегатів; пористість ґрунту, агрегатів, між агрегатна; щільність складення ґрунтів.

Ступінь дисперсності твердої фази ґрунтів: гранулометричний, мікроагрегатний та структурно-агрегатний склад. Питома поверхня ґрунтів та методи її визначення. Значення питомої поверхні у проходженні фізичних, фізико-хімічних та біологічних процесів у ґрунтовій товщі.

Гранулометричний склад як компонент педотрансферних функцій (ПТФ). ПТФ «грансклад–мікро- і макроагрегація», ПТФ «грансклад–фізичні властивості», ПТФ «грансклад–фізико-механічні і технологічні властивості». ПТФ «грансклад–гідрологічні властивості». ПТФ «грансклад–гумусоаккумулятивна здатність». ПТФ «грансклад–запас і доступність поживних елементів». ПТФ «грансклад–біологічна активність ґрунтів».

## **Лекційне заняття 3. Залучення даних гранскладу до оцінки родючості ґрунтів, їх раціонального використання та охорони**

Вимоги сільськогосподарських культур до гранулометричного складу. Бонітування ґрунтів за гранскладом стосовно ґрунтових зон України. Диференціація обробітку ґрунтів залежно від гранскладу. Виділення зон за гранскладом для мінімального і нульового обробітків. Реакція польових культур на мінімізацію обробітку залежно від гранскладу.

Гранулометричний склад і удобрення ґрунтів. Розчинення, рух та закріплення добрив залежно від гранскладу. Внесення доз і норм добрив, їх періодичність залежно від гранскладу. Ефективність різних видів гною та врожайність сільськогосподарських культур на супіщаних та суглинкових ґрунтах.

Гранулометричний склад та меліорація ґрунтів. Врахування гранскладу ґрунтів при проведенні гідротехнічних меліорацій. Норми промивки засоленних ґрунтів залежно від гранскладу. Ефективність вапнування і норми меліоранта залежно від гранскладу.

Гранулометричний склад і охорона ґрунтів. Стійкість ґрунтів до водноерозійних процесів залежно від гранскладу. Допустимі швидкості руху води на схилах на різних за гранулометричним складом ґрунтах. Змив дрібнозему на ґрунтах різного гранскладу.

#### **Лекційне заняття 4. Структурно-агрегатний склад ґрунту та основні теорії формування ґрунтової структури**

Поняття структурність і структура ґрунтів, методи вивчення, їх переваги і недоліки. Прямі методи: підрахунки брилистих агрегатів на 1м<sup>2</sup> поверхні обробленого ґрунту, фотограметричний метод (аналіз співвідношення агрегатів і пустот); поперечний переріз ґрунту до його механічного обробітку розмірами 3м шириною і 0,6м глибиною, а потім рахують агрегати за розмірами та фотографують для аналізу; мікроскопічні методи дослідження структури і будови ґрунтів. Побічні методи: метод А. А. Фадєєва–В. Д. Вільямса оснований на визначенні водостійкості по швидкості фільтрації. Метод Н. Ф. Добрякова – за зміною повітропроникності; метод Д. Г. Віленського – за стійкістю агрегатів до падаючих крапель води. Способи оцінки та інтерпретації даних: за С. І. Долговим і А. У. Бахтіним; за І. В. Кузнецовою; за В. В. Медведєвим.

Дискусія стосовно поняття структурності. Здатність ґрунту розпадатись на окремоті (пострадянський простір); здатність ґрунту утворювати структурні окремоті із механічних елементів і мікроагрегатів (США). Процеси, що формують структуру ґрунтів: когезія, зв'язування органічними елементами, цементация неорганічними речовинами, корені рослин і гіфи грибів. Процеси, які руйнують структуру: обробіток ґрунту, промерзання/розставання, диспергация (за В. В. Медведєвим).

Теорії формування ґрунтової структури. Закономірності залучення механічних елементів в мікро- і макроагрегати. Роль органічних речовин в утворенні структури. Вплив детриту на водостійкість агрегатів. Роль органічних речовин в структуроутворенні за рахунок їх амфіфільності, здатності їх проявляти як гідрофобні (неполярні), так і гідрофільні (полярні) властивості (Шейн Є. В. ). Вплив об'ємних змін ґрунтів на утворення структури (Воронін А. Д. ). Етапи і механізми агрегації за А. К. Ларіоновим. Роль живих організмів в структуроутворенні (бактерії, гриби, водорості, дощові черв'яки, кореневі системи рослин).

#### **Лекційне заняття 5. Фізико-механічні властивості ґрунтів у агроландшафтах**

1. Поняття про механічну дію на ґрунт та сили, що її викликають.

Дія сили ґрунтообробної техніки та вектор їх направленості. Вплив корневих систем рослин на фізико-механічні властивості. Стан реологічних властивостей в умовах зволоження – висушування ґрунтів.

2. Деформація стиснення і зсуву.

Поняття про складові стиснення – процеси консолідації, ущільнення, компресії. Кількісні параметри стиснення: величина усадки і коефіцієнт пористості, структурна міцність. Залежність коефіцієнта усадки від початкової пористості та вмісту води.

Деформація зсуву. Опір зсуву та зв'язність ґрунтових часток. Коефіцієнт внутрішнього тертя. Залежність опору зсуву від нормального тиску.

3. Твердість ґрунту та фактори, що її обумовлюють.



Поняття твердість ґрунту і опір пенетрації. Методи визначення та технічні засоби. Вплив вологості ґрунту та інших властивостей (щільність, структурність, вміст катіонів Na в ГВК) на твердість ґрунту.

### **Лекційне заняття 6. Вологість ґрунтів і ґрунтово-гідрологічні константи**

1. Вологість ґрунту та способи її вираження.

Значення води в ґрунтах. Методи визначення вологості ґрунту та способи її вираження.

2. Ґрунтово-гідрологічні константи та ступінь доступності води для рослин.

Поняття ґрунтово-гідрологічні константи. Повна вологоємність (водомісткість) ґрунтів. Найменша вологоємність – важлива ґрунтово-гідрологічна константа діапазону доступної вологи. Недоступна волога та сили, що її утримують.

3. Енергетичний стан ґрунтової вологи.

Ґрунт як капілярно пористе тіло. Сили, що зумовлюють тиск ґрунтової вологи. Капілярні сили та їх природа. Рівняння Лапласа, закон Жюрена. Осматичні сили, концентрація і активність іонів у ґрунті. Рівняння Ван-Гофа. Електропровідність ґрунтового розчину. Гравітаційні сили. Повний потенціал ґрунтової вологи.

Сутність водного режиму. Динаміка вологи в ґрунтовій товщі. Типи водного режиму за О. А. Роде. Водний режим та його типи за В. А. Ковдою. Форми представлення водного режиму ґрунтів. Профільний розподіл вологи в ґрунтовій товщі за глибиною. Топоізоплети вологості ґрунтів певної місцевості. Зображення динаміки вологості ґрунтів за вегетаційний період культур у вигляді хроноізоплет.

Водний баланс ґрунтів та його основні складові. Рівняння водного балансу ґрунтів за певний проміжок часу. Оцінка деяких складових водного балансу: випаровування вологи з поверхні ґрунту; транспірація; внутрішньоґрунтовий відтік; конденсація.

### **Лекційне заняття 7. Газова фаза ґрунтів, її склад, властивості та методи визначення**

Основні поняття: аерація, пористість аерації, повітрообмін, повітромісткість, повітропроникність, дихання ґрунтів. Газовий стан і склад ґрунтового повітря. Газообмін з атмосферою.

Переніс газів в ґрунті. Конвекція та її сутність. Рівняння конвективного переносу газу. Градієнт пневматичного тиску. Динамічна в'язкість повітря. Дифузія та її сутність. Дифузійний переніс газу, рівняння Фіка.

Методи дослідження газового складу ґрунтового повітря. Голка-бур Вершиніна-Поясова для взяття проб ґрунтового повітря. Установка для витіснення ґрунтового повітря рідиною. Визначення складу ґрунтового повітря адсорбційним методом. Хроматографічний метод.

## **Лекційне заняття 8. Теплофізичні властивості ґрунтів, їх дослідження та заходи регулювання**

Джерела тепла в ґрунті та його значення. Вплив температури на процеси, що проходять в ґрунтах. Температура ґрунту – провідний екологічний фактор продуктивності біоценозів.

Основні механізми переносу тепла в ґрунті. Кондукція – переніс тепла за контактів часток твердої фази ґрунту. Теплопереніс – переніс тепла з парами води. Конвекція – прогрівання при перемішуванні рідкої і газоподібної фаз. Закон Фур'є для опису теплопровідності.

Теплофізичні властивості ґрунтів.

Тепловбирна здатність ґрунту (альbedo). Теплоємність ґрунтів залежність її від компонентів фазового складу ґрунтів. Температуропровідність ґрунтів і фактори, що на неї впливають. Основне рівняння теплопереносу. Теплопровідність ґрунтів.

Визначення об'ємної теплоємності ґрунтів природного зложення залежно від вологості і вмісту у ній повітря. Визначення динаміки температури різних шарів ґрунту під час вегетаційного періоду культур термометрами Савінова. Дослідження глибини промерзання ґрунту за допомогою мерзлотоміра Даниліна.

Агротехнічні, агромеліоративні та агрометеорологічні заходи регулювання теплового режиму ґрунтів. До групи агротехнічних заходів входять: глибоке розпушування, коткування, нарізання гребенів, залишення стерні на поверхні, мульчування. Агротехнічні заходи включають лісонасадження, боротьбу із посухою, зрошення, осушування. Агрометеорологічні заходи спрямовані на зниження випромінювання тепла із ґрунту, захисту ґрунтів від заморозків, шляхом утворення димових завіс, затінення щитами, мульчуванням.

## **Лекційне заняття 9. Оптимізація агрофізичних властивостей ґрунтів у сучасному землеробстві**

Оптимізація фізичних параметрів ґрунтів у сучасному землеробстві найбільш повно висвітлена у працях професора В. В. Медведєва. Вплив різних факторів інтенсифікації землеробства на зміни агрофізичних властивостей чорноземів (1988). Діагностичні критерії рівня окультуреності чорноземів за агрофізичними показниками в орному шарі (1988). Вплив різних агротехнічних заходів, технологій і глибини обробки, ґрунтообробних знарядь, органічних і мінеральних добрив та меліорацій на збереження структури ґрунту (2008). Удосконалення критеріїв і нормативів оцінки фізичної деградації орних ґрунтів (2017).

Шляхи оптимізації агрофізичних властивостей сучасних ґрунтів залежно від обробки, застосування органічних добрив та хімічної меліорації висвітлені проф. М. В. Недвигою у навчальному посібнику «Структура ґрунту».

Агрофізичні аспекти регламентації технологічного навантаження на лучно-чорноземного ґрунту через мікроагрегатний та структурно-агрегатний склади вивчали С. Ю. Булігін, О. В. Піковська, Д. О. Антонюк (2017).

Оптимізація агрофізичних параметрів чорноземних ґрунтів (типових, звичайних та південних) за різних систем обробітку наведена у роботі М. Ф. Бережняка і Є. М. Бережняка (2010). Структурно-агрегатний склад чорнозему типового за різних систем обробітку й удобрення (2010) представлено у роботі М. Ф. Бережняка. Також цими авторами було проведено дослідження впливу нульового обробітку ґрунту, оранки та чизельного обробітку на агрофізичні параметри чорноземів південних в умовах зрошення, порівняно із природними аналогами (2007).

### **Лекційне заняття 10. Використання фізичних параметрів у моніторингу ґрунтів та агроекологічній оцінці умов росту сільськогосподарських культур**

За моніторингу ґрунтів проводять дослідження елементів водного режиму ґрунтів через режим вологості 0–100 см шару ґрунту подекадно протягом вегетаційного періоду. Визначення агрофізичних властивостей ґрунтів – рівноважна щільність та структурно-агрегатний склад пошарово 0-10, 10-20, 20-40 см, водопроникність з поверхні – 1 раз на 5 років. Оцінка інтенсивності проявів водної ерозії – через облік втрат твердого і рідкого стоку після зливових дощів та прогнозування їх ймовірності за агрофізичними параметрами верхньої частини ґрунтів.

За агроекологічної оцінки умов росту сільськогосподарських культур використовують наступні фізичні параметри: гранулометричний склад, щільність ґрунту, суму активних температур більше 10°C, температура повітря за появи сходів та початку квітування, гідротермічний коефіцієнт (ГТК), рівень ґрунтових вод (РГВ), м, запаси продуктивної вологи в шарі 0–200 см на період сходів і в шарі 0–100 см у період квітування.

#### **5. Теми лабораторних занять**

№ заняття	Тема заняття	Кількість годин
1.	Заняття № 1. Визначення ступеня агрегатності різних типів ґрунтів та схильності їх до вітрової ерозії за Шиятим. Визначення верхньої межі пластичності ґрунтів за методом Атерберга.	4
2.	Заняття № 2. Визначення водостійкості агрегатів різних типів ґрунтів крапельним методом за Віленським.	4
3.	Заняття № 3. Методичні підходи та комплексне дослідження агрофізичних параметрів чорноземних ґрунтів за різного використання.	4
4.	Заняття № 4. Застосування фізичного моделювання водно-ерозійних процесів за допомогою дощувальної установки шляхом створення штучного дощу на певний агрофон та математико-статистичного відображення прояву ерозії через фізичні параметри досліджуваних ґрунтів.	2
5.	Заняття № 5. Визначення потенційної здатності ґрунтів до оструктурення через результати досліджень гранулометричного та мікроагрегатного аналізів.	4

6	Заняття № 6. Визначення вологості розриву капілярних зв'язків (ВРК) за Долговим і Мацкевич.	2
7	Заняття № 7. Дослідження динаміки продуктивної вологи у ґрунті та водоспоживання культур кукурудзи і цукрових буряків.	4
8	Заняття № 8. Визначення виділення CO <sub>2</sub> ґрунтом за методом Штатнова.	2
9	Заняття № 9. Визначення диференціальної пористості ґрунтів за Качинським.	2
10	Заняття № 10. Дослідження теплофізичних характеристик ґрунтів в умовах сільськогосподарського поля.	2
	Всього	30

## 6. Завдання для самостійної роботи

Тема 1. Розрахунок показників вологості ґрунту. Ґрунт як резервуар. Вимір та розрахунок вологості ґрунту. Значення інформації о вологості ґрунту. Визначення вологості ґрунту.

Тема 2. Водний потенціал Потенціали ґрунтової вологи. Водний потенціал в умовах рівноваги і порушеної рівноваги. Вимірювання каркасного потенціалу та потенціалу тиску в польових умовах. Розрахунок потенціалів у ґрунтових колонках. Характеристичні криві вологості ґрунту. Осмотичний потенціал.

Тема 3. Водний потік в ґрунті Ненасичений водний потік у ґрунті. Напівнасичений водний потік у ґрунті. Горизонтальна інфільтрація води в ґрунт. Вертикальна інфільтрація води в ґрунт. Випаровування. Зменшення випаровування. Дренаж води в ґрунті. Переміщення водяного пару в ґрунті.

Тема 4. Зв'язок ґрунт – рослина – атмосфера Радіація. Енергетичний баланс. Визначення евапотранспірації за даними кліматології та ґрунтознавства. Транспіраційні коефіцієнти. Евапотранспірація при нестачі вологи. Ріст і евапотранспірація рослин. Визначення транспірації.

Тема 5. Тепловий потік і температура ґрунту Теплоота ґрунту. Сталий тепловий потік. Температура ґрунту. Фактори, що впливають на температуру ґрунту. Несталий тепловий потік.

**Всього годин – 110.**

## 7. Методи навчання

Під час вивчення дисципліни використовуються нормативні документи, наочне обладнання, комп'ютерні програми з відповідним програмним забезпеченням, наочні стенди, каталоги нормативних документів, Закони України, стандарти тощо.

Впровадження активних методів навчання, що забезпечують особистісно-зорієнтований підхід і розвиток мислення у аспірантів.

Тісна співпраця аспірантів зі своїми науковими керівниками.

Підтримка та консультування аспірантів (здобувачів) з боку науково-педагогічних та наукових працівників НУБіП України і галузевих науково-дослідних інститутів, у тому числі забезпечуючи доступ до сучасного обладнання.

Залучення до консультування аспірантів визнаних фахівців-практиків з агрономії.

Інформаційна підтримка щодо участі аспірантів у наукових конференціях.

Безпосередню участь у виконанні бюджетних та ініціативних науково-дослідних робіт.

## 8. Форми контролю

- Поточний контроль знань шляхом опитування, написання контрольних індивідуальних робіт під час занять.

- Модульний контроль знань шляхом усної здачі пройденого матеріалу відповідного модуля.

- Підсумковий контроль знань шляхом написання екзамену.

## 9. Методичне забезпечення

Науково-методичне забезпечення навчального процесу передбачає: державні стандарти, навчальні плани, підручники і навчальні посібники; інструктивно-методичні матеріали лабораторних занять; індивідуальні навчально-дослідні завдання; контрольні роботи; текстові та електронні варіанти тестів для поточного і підсумкового контролю, методичні матеріали для організації самостійної роботи здобувачів.

## 10. Розподіл балів, які отримують здобувачі

Оцінювання здобувачів відбувається згідно положення «Про екзамени та заліки у НУБіП України» від 25.09.2019 р. протокол № 2

Оцінка національна	Оцінка ЄКТС	Визначення оцінки ЄКТС	Рейтинг здобувача, бали
Відмінно	A	<b>ВІДМІННО</b> – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	<b>90–100</b>
Добре	B	<b>ДУЖЕ ДОБРЕ</b> – вище середнього рівня з кількома помилками	<b>82–89</b>
	C	<b>ДОБРЕ</b> – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	<b>74-81</b>
Задовільно	D	<b>ЗАДОВІЛЬНО</b> – непогано, але зі значною кількістю недоліків	<b>64–73</b>
	E	<b>ДОСТАТНЬО</b> – виконання задовольняє мінімальні критерії	<b>60-63</b>
Незадовільно	FX	<b>НЕЗАДОВІЛЬНО</b> – потрібно працювати перед тим як отримати залік	<b>35–39</b>
	F	<b>НЕЗАДОВІЛЬНО</b> – необхідна серйозна подальша робота	<b>01–34</b>

Для визначення рейтингу здобувача із засвоєння дисципліни  $R_{\text{дис}}$  (до 10 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу здобувача з навчальної роботи  $R_{\text{НР}}$  (до 70 балів):

$$R_{\text{дис}} = R_{\text{НР}} + R_{\text{АТ}}$$

## 11. Рекомендована література

### Основна

1. Вадюнина А. Ф. Методы исследования физических свойств почв/ А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. 3-е изд. ; перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1986. 416 с.
2. Качинский Н. А. Физика почв/ Н. А. Качинский. – М. : Высшая школа, 1965. 323 с.
3. Манучаров А. С. Методы и основы реологии в почвоведении/ А. С. Манучаров, В. В. Абрикова, Н. И. Черноморченко. – М. : Издательство МГУ, 1990. 98с.
4. Медведєв В. В. Булигін С. Ю., Вітвіцький С. В. Фізика ґрунту. Навчальний посібник. К. : Видавництво, 2018. 289 с.
5. Медведєв В. В. Оптимизация агрофизических свойств чернозёмов/ В. В. Медведєв. – М. : Агропромиздат, 1988. 157с.
6. Медведєв В. В. Водные свойства почв Украины и влагообеспеченность с. -х. культур/ В. В. Медведєв, Т. М. Лактионова, Л. В. Донцова. – Харьков, 2011. 359 с.
7. Медведєв В. В. Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция, география, мониторинг, охрана)/ В. В. Медведєв. – Харьков: Издательство «13 типография», 2008. 406 с.
8. Бережняк М. Ф. Ґрунтознавство з основами геоботаніки: Навч. посібник / М. Ф. Бережняк, Б. Є. Якубенко, О. Л. Тонха, А. М. Чурілов, Р. В. Сендзюк, Є. М. Бережняк. – Вид-во «Ліра». 2019. 612 с.

### Додаткова

1. Бережняк М. Ф., Бережняк Є. М., Столяр А. П. До питання вивчення нульового обробітку ґрунту під кукурудзу в умовах зрошення // Науковий вісник НАУ, Випуск 116, 2007. С. 182–186.
2. Бережняк М. Ф., Бережняк Є. М. Оптимізація агрофізичних параметрів чорноземних ґрунтів за різних систем обробітку // Вісник аграрної науки. № 12, Київ, 2010. С. 16–19.
3. Недвига М. В. Структура ґрунту: Навчальний посібник /: М. В. Недвига. – УВПП, 2005. 232 с.
4. Посудін Ю. І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник, К. : Світ, 2003. 288 с.
5. Смагин А. В. Газовая фаза почв / А. В. Смагин. – М. : Издательство МГУ, 1999. 200 с.
6. Судницын И. И. Передвижение почвенной влаги и влагопотребление растений / И. И. Судницын. М. : Издательство МГУ, 1970. 377 с.
7. Шеин Е. В. Курс физики почв. М. : Издательство МГУ 2005. 460 с.