

**НАЦІОНАЛЬНИЙ БОТАНІЧНИЙ САД ІМЕНІ М.М. ГРИШКА
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ**

**ЗБЕРЕЖЕННЯ І ВІДНОВЛЕННЯ РОСЛИННОГО РІЗНОМАНІТТЯ
УКРАЇНИ**

1. **ЗАІМЕНКО Наталія Василівна** – член-кореспондент НАН України, доктор біологічних наук, директор Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України.
2. **ЦАРЕНКО Петро Михайлович** – член-кореспондент НАН України, доктор біологічних наук, завідувач відділу фікології, ліхенології та бріології Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України.
3. **ВИНОГРАДОВА Оксана Миколаївна** – доктор біологічних наук, заступник директора з наукової роботи Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України.
4. **КЛИМЕНКО Світлана Валентинівна** – доктор біологічних наук, завідувачка відділу акліматизації плодкових рослин Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України.
5. **ГЕЛЮТА Василь Петрович** – доктор біологічних наук, завідувач відділу мікології Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України.
6. **МИХАЛЬСЬКА Людмила Миколаївна** – кандидат біологічних наук, докторант, старший науковий співробітник відділу фізіології живлення рослин Інституту фізіології рослин і генетики НАН України.
7. **НЕЦВЕТОВ Максим Вікторович** – доктор біологічних наук, заступник директора з наукової роботи Інституту еволюційної екології НАН України, завідувач відділу фітоекології.
8. **МИХАЙЛЮК Тетяна Іванівна** – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу фікології, ліхенології та бріології Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України.

РЕФЕРАТ

Київ – 2021

ВСТУП

Дослідження ресурсів фітоценозів та їх використання є запорукою інноваційного розвитку та розбудови України. Рослинництво держави формує продовольчу та, у визначених межах, економічну, екологічну й енергетичну безпеку, дає близько 9-13 відсотків валової доданої вартості країни, забезпечує прогрес технологічно пов'язаних галузей національної економіки й створює соціально-економічні умови процвітання України.

Скорочення біорізноманіття фітоценозів, призводить до зниження рентабельності рослинництва, якості врожаю, до накопичення мікотоксинів, що робить збіжжя непридатним до споживання людиною та свійськими тваринами. Розвиток численних фітоценозів, включаючи й агрофітоценози, їх складові, механізми взаємодії видів, шляхи їх збереження, залишаються нез'ясованими. Тому інноваційні дослідження біорізноманіття фітоценозів і складних взаємодій їх компонентів та впровадження результатів є основою сталого розвитку держави.

Мета роботи: Розробка та впровадження інформаційно-ресурсної концепції збереження, відновлення та раціонального використання фітоценозів для інноваційного розвитку України.

НАУКОВА НОВИЗНА:

Авторським колективом вперше створено інформаційно-ресурсну концепцію збереження, відновлення та раціонального використання рослинного різноманіття у природних і штучних біогеоценозах для інноваційного розвитку України. Інформаційна складова містить унікальну базу знань і даних, а ресурсна – побудована на практичній реалізації результатів фундаментальних досліджень, наукова новизна яких захищена авторськими свідоцтвами та патентами на винаходи. Такий підхід дозволяє Україні, з-поміж інших 117 країн світу, виконати взяті на себе додаткові зобов'язання Резолюцій ООН 2017 і 2019 років щодо сталого розвитку, а саме: раціонального використання рослинних ресурсів, збереження родючості ґрунтів, зменшення емісії парникових газів та зупинення процесів, задіяних у підвищенні температури навколишнього середовища.

Розроблено унікальну систему альгофлористичного районування, впроваджено методологію з гармонізації національної стратегії щодо збереження та охорони рідкісних і зникаючих видів рослин. Впроваджено основи молекулярної таксономії, філогенії, еволюції, географії та охорони грибів. Проаналізовано філогенетичні зв'язки різних таксонів водоростей, лишайників і мохоподібних та напрямки їхньої еволюції для ідентифікації процесів ранньої терестріалізації вищих рослин. Розроблено рекомендації щодо відновлення

степових екосистем на еродованих землях Лісостепу, засновано ряд об'єктів природно-заповідного фонду на Поліссі, у Лісостеповій і Степовій зонах.

Узагальнено теоретичні засади і практичні аспекти інтродукції, селекції та використання рослинного різноманіття для створення стійких культурфітоценозів, запропоновано параметричну модель оцінювання селекційного матеріалу. З позиції законів термодинаміки виділено основні характеристики для опису врівноважених екосистем інтродукційних популяцій.

Розроблено концепцію магніторцепції рослинних організмів, визначено індикаторні ознаки їхньої стійкості до стрес-факторів для впровадження сучасних технологій фітореMediaції.

Створено єдину методологію з оцінювання впливу глобальних змін на резервуари та потоки парникових газів за наземними вимірюваннями і супутниковими спостереженнями. Розроблено засади космічного ґрунтознавства, запропоновано технологію вирощування рослин в умовах космічного польоту. Розкрито механізми формування стабільних форм гумусу та визначено індикаторні ознаки для оцінювання процесів гумусоутворення, впроваджено технології рекультивації порушених і деградованих ґрунтів. На основі модифікованих кремнієвмісних мінералів отримано безпечні для довкілля інгібітори нітрифікації та фунгіциди широкого спектру дії.

Розроблено фізіологічно обґрунтовані та екологічно безпечні шляхи підвищення продуктивності агрофітоценозів, оптимізовано використання азотних та органо-мінеральних добрив для зменшення емісії парникових газів та мінералізації органічної складової ґрунтів, впроваджено технології для зниження вмісту мікотоксинів у збіжжі. Для експрес-оцінки стану компонентів фітоценозів розроблено цифрові технології з управління процесами росту та розвитку рослин.

ПРАКТИЧНА ЗНАЧИМІСТЬ:

Відпрацьовано технологію рекультивації ґрунтів, порушених внаслідок видобутку бурштину та військових дій на Донбасі. Запропоновано шляхи рекультивації засолених, закислених і деградованих ґрунтів України. Ця розробка потрапила у п'ятірку найкращих і була єдиною від України згідно рішення UNIDO, яка розглядалася в штаб-квартирі ООН у Відні у жовтні 2019 р. За підтримки інвесторів побудовано дві пілотні лінії по виробництву кремнієвмісних сумішей (м. Миколаїв та м. Івано-Франківськ), що надало можливість розробити технологічний регламент їхнього застосування. Створено безпечний для довкілля вітчизняний інгібітор нітрифікації на основі модифікованих кремнієвмісних мінералів, застосування якого дозволяє на 30-50 % зменшити норму внесення азотних добрив.

За результатами комплексних досліджень, спрямованих на збереження,

відновлення та раціональне використання ресурсів, підвищення стійкості рослин до абіотичних і біотичних чинників підписано Міжнародні угоди з Китаєм, Канадою, Туреччиною, Грузією щодо створення Наукових центрів з впровадження даних розробок. Системи з високими рівнями ефективності використання добрив, зниження мінералізації органічної складової ґрунтів та вмісту мікотоксинів у збіжжі впроваджено на теренах провідних агропідприємств України на площі 150 тис га. Суттєва частина наукової роботи отримана за сприяння та у співпраці з провідними світовими виробниками насіння, пестицидів і добрив, зокрема з «Syngenta» (Швейцарія-Китай), «Bayer», «BASF» (Німеччина), «FMC», «Дюпон», «Corteva» (США), «Valagro» (Італія) й інших. Розроблені технології систем живлення та захисту сільськогосподарських культур, взаємодії компонентів фітоценозів сприяють підвищенню їх продуктивності, що є вагомим фактором нарощування економіки України. Економічний ефект становить щорічно понад 0,5 млрд. гривень збереженого врожаю.

ОСНОВНІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ, ЇХ ЗНАЧИМІСТЬ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ РОБОТИ

Структурно-функціональний аналіз екосистем об'єднує три фундаментальні напрями:

1. Екологічний аналіз мікро- і макрофіторізноманіття України та його збереження і використання.
2. Екологічні аспекти інтродукції рослин.
3. Впровадження інноваційних розробок для збереження та раціонального використання біорізноманіття за сучасних умов.

Екологічний аналіз мікро- і макрофіторізноманіття України та його збереження і використання. Сформовано концепцію специфіки альгофлори України, її таксономічного і екологічного різноманіття та визначено особливості й закономірності видового розподілу, запропоновано універсальну систему альгофлористичного районування на засадах зонально-басейнового підходу та еколого-гідрологічної діагностики, розроблено заходи і з'ясовано критерії для охорони й збереження зникаючих видів водоростей. Зібрано унікальну колекцію штамів кокоїдних зелених водоростей, а також колекцію перспективних видів-продуцентів біомаси і ліпідів, з'ясовано екологічні чинники, що задіяні у продукційно-ресурсному процесі їхнього біосинтезу в умовах закритих екосистем.

Визначено тенденції вселення чужорідних видів водоростей до прісноводних водойм України та оцінено їх екологічний статус, проаналізовано характер

розподілу водоростей у водоймах рекреаційних зон мегаполісу. Розроблено рекомендації з гармонізації національної стратегії щодо «червонокнижних» списків водоростей та запропоновано індикаційні шкали для визначення видів, що потребують охорони на національно-регіональному рівні.

Вперше описано 60 видів водоростей, які заслуговують першочергової охорони, розроблено їхню созологічну категоризацію, сформовано перелік із 22 регіонально рідкісних видів, що підлягають охороні та збереженню в альгофлорі Волинської області й 32 видів – Київської.

Запропоновано оригінальну класифікаційну систему філогенетичних зв'язків окремих таксонів, проаналізовано напрями еволюції хлорококових і харальних водоростей на базі морфолого-цитологічних та еколого-географічних діагностичних ознак окремих таксонів із різних частин світу. Описано нові для науки роди та види водоростей (один рід, 2 види і 5 внутрішньовидових таксонів, понад 30 номенклатурних комбінацій), виявлено низку нових та рідкісних видів для флори України.

Започатковано дослідження аерофітних водоростей в Україні, зокрема вивчено їхнє різноманіття, екологію та поширення на природних і антропогенних кам'янистих субстратах, а також проаналізовано взаємодію з компонентами лишайниково-мохових асоціацій.

Вперше досліджено водорості на межі двох екологічних груп епілітів, що населяють поверхню субстратів та ендолітів, які розвиваються у тріщинах скель. Проаналізовано природні взаємозв'язки водоростей, лишайників та мохоподібних, що мешкають на відслоненнях графітів, пісковиків і туфів, описано види-епіфіти та фотобіонти. Міжнародна співпраця дозволила оцінити різноманіття, таксономію та екологію водоростей і ціанобактерій, задіяних у структурно-функціональній організації ґрунтових екосистем, зокрема приморських піщаних дюн, альпійських та полярних регіонів, саван і пустель. Із залученням комплексу молекулярних та морфологічних методів встановлено філогенетичні зв'язки різних таксонів і напрямки їхньої еволюції для розуміння процесів ранньої терестріалізації вищих рослин. Показано основні еволюційні тенденції в межах групи зелених водоростей і морфологічних ознак залежно від їх екології та умов існування у прісних або солоних водоймах, кріофільних місцезростаннях або ґрунтах.

Дослідження терестріальних ціанобактерій широкого спектру екстремальних місцезростань (сухих скель, пустельних гірських каньйонів і ґрунтів, печер, гіпергалінних екосистем) в умовах аридного та помірного клімату дозволило підтримати цілісне уявлення про α -, β -, γ -різноманіття і підтвердити гіпотезу щодо екотопічного космополітизму фотопрокаріот. Оцінено вплив зональних і інтразональних екологічних чинників на формування ціанобактеріальних

угруповань та їх різноманіття. З'ясовано, що основні риси екологічного профілю ціанопрокаріот в екстремальних умовах місцезростань забезпечують стенотопні види, які займають чітко визначені території для існування, а географічного профілю – види із космополітичним типом ареалу.

За результатами аналізу структурних змін ціаноугруповань визначено адаптаційні стратегії, що гарантують їхнє успішне функціонування в умовах мультистресу. Генетичний поліморфізм ціанопрокаріот за наявності екстремальних факторів довкілля слугує діагностичною ознакою для оцінювання стійкості різних видів до умов перманентного природного стресу. Доведено, що формування галофітної флори ціанопрокаріот відбувалося за умов негативного тиску факторів середовища, в першу чергу, за рахунок хімічного складу ґрунту та високого осмотичного потенціалу ґрунтового розчину, що спричинило її збіднення.

Узагальнено інформацію щодо таксономії, філогенії, еволюції, географії та охорони грибів. Проаналізовано їхнє різноманіття в Україні та описано ряд нових для науки видів, розроблено основи молекулярної систематики, зареєстровано нові інвазійні види борошністоросяних грибів, які паразитують на деревних і трав'янистих рослинах й визначені регіони, з яких вони потрапили до нашої країни. Досліджено новітнє поширення низки рідкісних видів, включених у Червону книгу України, здійснено переоцінку їхнього созологічного статусу.

Величезний доробок авторського колективу лежить у площині дослідження, управління та охорони природних заповідних територій, насичених рідкісними і зникаючими видами живих організмів. За підтримки Королівського географічного товариства та Міністерства закордонних справ Великої Британії проведено моніторинг екологічного стану степових територій України і Полісся, що надало можливість заснувати декілька об'єктів природно-заповідного фонду в лісостеповій та степовій зоні, де на даний час охороняються рідкісні види живих організмів.

Екологічні аспекти інтродукції рослин. Узагальнено теоретичні засади і практичні аспекти інтродукції, селекції та використання різноманіття рослин світової флори для створення стійких культур фітоценозів, опрацьовано питання адаптації й акліматизації нових видів плодкових культур, проаналізовано вихідний матеріал для синтетичної селекції, створено селекційний генофонд шляхом аналітичної селекції, визначено внутрішньовидову мінливість, сформовано селекційний ідіотип для сортів, розроблено параметричну модель оцінювання селекційного матеріалу. Обґрунтовано концепцію адаптаційної інтродукції, в основу якої покладено результати природного і штучного відборів від покоління до покоління, показники насінної репродукції та формотворчі процеси, що надає можливість формувати культиваний ареал за межами його природного ареалу.

Отримано понад 50 сортів плодкових рослин, 23 з яких занесені до Реєстру сортів рослин України.

Виявлено загальні для рослин особливості залежності параметрів приросту рослин від глобального чинника магнітного поля. Отримані результати дозволили розробити концепцію магніторецепції рослинних організмів та описати особливості модуляції чутливості рослин до несприятливих факторів довкілля, впровадити сучасні технології фіторемедіації ґрунтів й оптимізувати механізми надходження мікроелементів.

Вперше впроваджено інформаційно-ресурсний підхід до вивчення природних екосистем різного ієрархічного рівня, який відтворює загальні принципи життєдіяльності, адаптації та еволюції. Створено концептуальні моделі біогеоценозів і визначено послідовність їхнього структурно-функціонального синтезу за кліматичних змін. З позицій двох принципів термодинаміки виділено десять основних характеристик для опису врівноважених екосистем інтродукційних популяцій. Перший принцип прийнятний для ізольованих екосистем, тобто ентропія завжди зростає з часом і наближається до максимальних значень у стані рівноваги; другий принцип – для відкритих екосистем, зокрема аграрних, а саме: ентропія зменшується з часом і наближається до мінімальних значень у стані рівноваги.

Впровадження інноваційних розробок для збереження та раціонального використання біорізноманіття за сучасних умов. Розроблено єдину методологію інформаційно-ресурсної концепції з оцінювання впливу глобальних кліматичних змін на резервуари і потоки парникових газів, яка узагальнює інформацію, що отримана внаслідок наземних точкових вимірювань і мультиспектральних супутникових спостережень. Вперше для України визначено діагностичні ознаки для з'ясування особливостей розподілу пулів і потоків CO₂ у наземних екосистемах, а саме хлорофільний індекс, вміст хлорофілу b у листках, співвідношення C/N, вміст рухливих форм заліза і мангану, рН ґрунту, кількісні показники CaCO₃ чисельність мікроорганізмів. Отримані результати дозволили розпочати дослідження з оцінювання емісії парникових газів з наземних екосистем і сформуванати базу знань на засадах теорії керування та системології.

Розроблено засади космічного ґрунтознавства, надано математичний прогноз фізичних процесів, зокрема конвективного руху, дифузії та гідродинамічної дисперсії розчинів, які відбуваються у пористих інертних матеріалах як в умовах імітованої невагомості, так і безпосередньо в умовах космічного польоту. Проаналізовано вплив забарвлення заміників ґрунту на його біологічну активність. Оптимальними для росту і розвитку рослин виявилися субстрати, забарвлення яких охоплює діапазон електромагнітних хвиль видимої частини спектра в межах 450-650 нм.

Запропоновано технологію вирощування рослин різного екоморфотипу з відмінним фотосинтетичним метаболізмом в умовах космічного польоту. Виявлено явище фотосинтетичної мозаїчності у рослин *Calanthe vestita* Lindl. і вперше підтверджено концепцію щодо наявності у орхідних асиміляції по шляху C_4 .

Вперше, виходячи з динамічного і кінетичного аналізу, відкрито факт відмінностей аналітико-геометричної траєкторії руху твердих часток за імітованої невагомості. Схожі множинні спіральні конструкції, що формуються при обертанні рідини в обмеженому об'ємі, були отримані американськими фізиками у 2015 році. Найбільш близьким поясненням отриманої залежності є теорія Хопфа, який для опису спіральних конфігурацій застосував відому в географії і геометрії стереографічну проекцію, яка відтворює також закономірності формування планетарної системи.

Розроблено фізіологічно обґрунтовані та екологічно безпечні шляхи підвищення продуктивності агрофітоценозів. Впроваджено сучасну систему живлення зернових культур амонійним азотом, запропоновано використання карбаміду з КФС-покриттям для зменшення емісії парникових газів та мінералізації органічної складової ґрунтів. Доведено, що системи протидії фотота уреазного розкладу амідних добрив посилюють засвоєння азоту культурними рослинами, що слугує складовою раціонального використання добрив. Вперше встановлено позитивний вплив позакореневого сумісного застосування гербіцидів інгібіторів ацетолатсінтази (АЛС) та ацетил-КоА-карбоксілази (АКК) і амідного азоту на розподіл елементів мінерального живлення у рослинах озимої пшениці.

Запропоновано застосування фунгіцидів і добрив, у тому числі мікроелементів – складових редокс-гомеостазу та амінокислот, що є важливими чинниками ефективного контролювання збудників фузаріозів, зниження вмісту мікотоксинів у зерні й підвищення ефективності використання елементів живлення культурними рослинами впродовж вегетації.

Експериментально встановлено відмінності вмісту ізотопів у ґрунтах та рослинах, що дозволяє з'ясувати роль ізотопів біологічно важливих металів у біоценозах і визначено механізми обміну неорганічних елементів у живих організмах.

Здійснено ранжування розподілу біогенних елементів у органах рослин та вперше виявлено високі рівні накопичення магнію, кальцію і бору в тканинах шкодочинних видів бур'янів й запропоновано можливі відповідні зміни у технологіях захисту посівів. Авторами вперше в Україні показано, що домінування монокультур у сівозмінах та домінування гербіцидів – інгібіторів ацетолатсінтази в агрофітоценозах призвели до формування

високошкодочинних резистентних біотипів бур'янів у регіонах, а також запропоновано шляхи їх контролювання. Вперше в Україні проведено дослідження з визначення метаболізму гербіцидів АЛС та АКК в залежності від складу композицій агрохімікатів, що є важливим для впровадження екологічно безпечних технологій боротьби з бур'янами.

Для більш ефективного та екологічно безпечного комплексного живлення та захисту посівів культурних рослин вперше запропоновано використання суміші гербіцидів і добрив на основі сапропелів Чорного моря та гідролізатів гідробіонтів. Зважаючи на складні посушливі погодні умови в останні роки, застосування гідролізатів на посівах можна вважати фактором стабілізації ростових процесів та зростання продуктивності агрофітоценозів за змін клімату, насамперед, за умов підвищення його аридності, забезпечення процесу відновлення родючості ґрунтів і зниження вартості добрив на ринку України.

Для експрес-оцінки стану компонентів фітоценозів розроблено та впроваджено цифрові технології, які слугують однією із найважливіших складових розвитку сучасного рослинництва на шляху підвищення його рентабельності, продуктивності та якості врожаю за умов заощадливого впливу агровиробництва на екосистеми. Суттєва частина наукової роботи отримана за сприяння та у співпраці з провідними світовими виробниками насіння, пестицидів і добрив, зокрема з «Syngenta» (Швейцарія-Китай), «Bayer», «BASF» (Німеччина), «FMC», «Дюпон», «Corteva» (США), «Valagro» (Італія) й інших.

Із залученням інформаційно-ресурсного підходу вперше проаналізовано екосистеми Антарктиди на принципах біогеоценології, досліджено біогеохімічні цикли формування примітивного ґрунту та оцінено ініціальні стадії ґрунтоутворення. Визначено механізми взаємодії між процесами розкладу органічного матеріалу примітивних ґрунтів Антарктики з факторами довкілля та доведено доцільність їхнього використання як модельних об'єктів для створення біотехнології вирощування рослин на інопланетних базах для реалізації розроблених засад космічного ґрунтознавства. Розкрито механізми формування стабільних форм органічної речовини ґрунту, визначено індикаторні ознаки для оцінювання процесів гумусоутворення за чисельністю меланінвмісних мікроорганізмів і активності лаккази.

Визначено основну причину всихання сосен в Україні та Європі, пов'язану з швидкістю деструкції лісової підстилки й накопиченням аміачного азоту, в результаті чого відбувається пригнічення розвитку кореневої системи рослин та зменшення їхнього адаптивного потенціалу до шкідників і хвороб. Для підвищення стійкості рослин до стрес-факторів розроблено кремнієвмісні суміші, які характеризуються унікальною спроможністю до формування кремнієвої матриці, яка за рахунок синтезу полікремнієвих кислот зберігає інформацію про

будь-яку сполуку в ґрунті. Впроваджено синекологічний підхід до захисту рослин, який полягає у комплексному використанні кремнієвмісних мінералів і мікроміцетів, що продукують вторинні метаболіти – антибіотики.

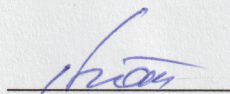
Таким чином, представлена робота за новизною та масштабністю впровадження результатів досліджень формує наукову основу для збереження, відновлення та раціонального використання рослинного різноманіття на інноваційних засадах і слугує підґрунтям для нарощування потенціалу нашої держави. Розвиток вітчизняного сектору науки та промисловості, що створює біологічно обґрунтовані екологічно безпечні технології, є одним із ключових елементів зростання країни. Екологічна оцінка різноманіття ресурсів рослинного світу та їхнього використання є запорукою успішного вирішення політичного завдання: зробити Україну однією з провідних держав, яка є донором екологічного світогляду та якісного продовольства.

Кількість публікацій за роботою: 235, у тому числі 22 монографії (11 – видані за кордоном), 12 підручників (каталогів), 1 довідник, 200 статей (87 – у англomовних журналах з імпакт-фактором). Загальна кількість посилань на публікації авторів/h-індекс роботи, згідно баз даних складає відповідно: Web of Science – 1 060/35, Scopus – 1 235/42, Google Scholar – 9 872/95. Отримано 23 патенти України на винахід та корисну модель, 1 міжнародний патент.

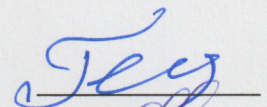
За даною тематикою захищено 2 докторських та 25 кандидатських дисертацій, у тому числі за кордоном – 2.

Автори:

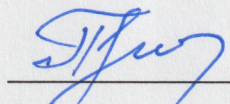
Заїменко Н.В.



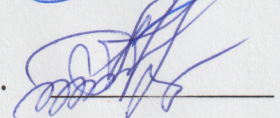
Гелюта В.П.



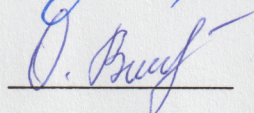
Царенко П.М.



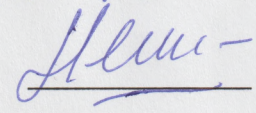
Михальська Л.М.



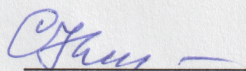
Виноградова О.М.



Нецветов М.В.



Клименко С.В.



Михайлюк Т.І.

