

ВІДГУК

офіційного опонента доктора біологічних наук,

професора Грубіка Василя Васильовича на дисертаційну роботу

Жорової Анни Вікторівни «Просторово-часова динаміка фітоепіфітону лотичних і лентичних екосистем», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за галуззю знань 09 - Біологія та спеціальністю 091 - Біологія

Актуальність теми дисертаційної роботи. Рецензоване дисертаційне дослідження Жорової Анни Вікторівни присвячене вирішенню однієї з найгостріших екологічних та біологічних проблем сучасності – евтрофікації прісноводних екосистем під впливом антропогенного навантаження, включно воєнних дій. Аналіз сучасного стану поверхневих вод України за останні століття демонструє стійку тенденцію до погіршення їхнього гідробіологічного режиму, що проявляється у зростанні кліматичних трансформацій, мінералізації, накопиченні органічних речовин та надмірному концентруванні біогенних елементів (азоту і фосфору). Особливо критично ці процеси протікають в умовах урбанізованих ландшафтів та інтенсивного ведення сільського господарства, де домінує дифузне надходження забруднювачів. Окрім зовнішнього навантаження, вагомим дестабілізуючим чинником є внутрішнє самозабруднення водойм з донних відкладів за умов гіпоксії, що підтримує високий рівень трофності навіть за обмеження зовнішніх скидів. Такий підхід дозволяє біологічним шляхом стабілізувати вміст амонію та фосфатів, стримувати процеси, викликані «цвітінням» води та оптимізувати трофічну структуру екосистеми. Отже, високий рівень антропогенної трансформації гідроекосистем України, необхідність пошуку дієвих, екологічно безпечних біотехнологій їхньої експлуатації, відновлення та потреба у вирішенні локальних і глобальних екологічних проблем річок і водосховищ безперечно обґрунтовують актуальність і практичну значущість обраного авторкою напрямку досліджень, насамперед за впливу на річки наслідків воєнних дій.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами. Дисертаційне дослідження Жорової А.В. має чітке науково-

теоретичне та прикладне спрямування і виконувалося у межах науково-дослідних тем Інституту гідробіології НАН України: «Метаугруповання різнотипних водних об'єктів: особливості взаємодій вільноживучих та симбіотичних складових локальних угруповань гідробіонтів планктону та бентосу» (2021–2025 рр.) – № 0121U107947, «Біотичні взаємозв'язки як ключовий чинник формування структури метаугруповань вільноживучих та симбіотичних гідробіонтів» (2026–2030 рр.) – № 0126U001007., «Біотичні взаємозв'язки як ключовий чинник формування структури метаугруповань вільноживучих та симбіотичних гідробіонтів» (2026–2030 рр.) – № 0126U001007.

Наукова новизна одержаних результатів.

Наукова новизна дисертаційного дослідження Жорової А.В. полягає в тому, що вперше проведено порівняльний аналіз фітоепіфітону великої річки (включаючи природні і зарегульовані ділянки) та водосховища Дніпра і встановлені достовірні відмінності у таких якісних і кількісних показниках:

- співвідношення відділів у флористичному різноманітті: у р. Рось з допливами частка Chlorophyta є достовірно вищою, а Bacillariophyta – нижчою, ніж у Канівському водосховищі, що пов'язано з достовірно вищим вмістом неорганічних сполук азоту в р. Рось і підтверджується достовірною кореляцією між $N_{\text{неорг.}}$ і часткою Chlorophyta.
- достовірно вища чисельність фітоепіфітону в р. Рось, ніж у Канівському водосховищі;
- у р. Рось та її допливах переважають полідомінантні угруповання, а в Канівському водосховищі – рівною мірою представлені як полідомінантні, так і олігодомінантні угруповання, що підтверджується достовірними відмінностями у величинах індексу Шеннона. При цьому відмінності найбільш виражені в середині літа і восени.

Вперше проведено порівняльний аналіз розподілу різних екологічних гільдій фітоепіфітону лотичних, «перехідних» і лентичних ділянок і встановлено тенденцію до зменшення біомаси прикріплених високопрофільних

і низькопрофільних видів від незарегульованих річок до заболочених непротічних ділянок.

Вперше проведено порівняльний аналіз просторової динаміки фітоепіфітону на ділянках р. Рось і Канівського водосховища, які мають різний ступінь ізольованості та розташовані на різній географічній відстані. При цьому застосовано методичний підхід до оцінки впливу просторового чинника на подібність водоростевих угруповань, розроблений відділом санітарної гідробіології та гідропаразитології Інституту гідробіології НАН України, який для р. Рось раніше не застосовувався. Встановлено, що закономірність «зниження подібності видового складу з відстанню» для фітоепіфітону проявляється як у масштабі сотень метрів, так і в масштабі десятків кілометрів. Вплив ступеню ізольованості ділянок на подібність видового складу фітоепіфітону виражений у річці з допливами (неможливість обміну видами між деякими ділянками водним шляхом), і не проявляється у водосховищі, де завдяки коливанням рівня води всі досліджувані ділянки мають постійне або тимчасове сполучення.

Вперше оцінено комплексний вплив різних екологічних чинників на якісні і кількісні показники фітоепіфітону і отримано низку достовірних рівнянь регресії. Найбільш значимими факторними змінними для розвитку фітоепіфітону виявились гідрологічний режим, вміст нітратного, амонійного азоту, фосфору, рН та проективне покриття рослин-субстратів.

Вперше проаналізовано міжвидові зв'язки в угрупованні фітоепіфітону, достовірні прямі кореляції між біомасою низки домінуючих видів фітоепіфітону свідчать про переважання процесів співіснування видів в угрупованні.

Вперше досліджено вплив кількісного розвитку та структури зоофітосу на фітоепіфітон. Встановлено достовірне зниження біомаси виду-домінанта – міцно прикріпленої діатомеї *Cocconeis placentula* на ділянках з домінуванням легеневих молюсків, порівняно з ділянками з домінуванням гамарид.

Вперше проведене комплексне дослідження фітоепіфітону р. Рось. Виявлено 230 видів (234 внутрішньовидових таксонів, включно з

номенклатурним типом виду), які належали до 107 родів, 59 родин, 35 порядків, 13 класів, 7 відділів.

Практичне значення отриманих результатів. Результати досліджень фітоепіфітону р. Рось можуть бути використані при підготовці матеріалів до Програм екологічного оздоровлення басейну р. Рось, Плану дій щодо комплексного вирішення проблем басейну річки Рось на 2024–2030 роки, затвердженого розпорядженням Кабінету Міністрів України від 12.07.2024 р. № 648-р, у яких Інститут гідробіології НАН України бере участь як виконавець.

Матеріали щодо сапробіологічної оцінки якості води р. Рось та її допливів за фітоепіфітоном були надані у відповідь на лист Міністерства економіки, довкілля та сільського господарства України від 26.09.2025 № 76-01/65193-03 про надання інформації щодо стану виконання Плану дій із вирішення проблем басейну р. Рось.

Наведений у Додатку А список видів, який включає 314 ввт з 7 відділів може слугувати для доповнення і розширення регіональних списків видів водоростей в Україні.

Матеріали щодо різноманіття фітоепіфітону та якості води Білоцерківського середнього водосховища були передані керівництву Дендропарку «Олександрія» та можуть бути використані парком для розробки наукових основ збереження, охорони та відтворення унікальних природних комплексів і водних екосистем (видано Акт впровадження).

Повнота викладення основних наукових результатів в опублікованих працях. Дисертаційні дослідження Жорової А.В. викладені у достатньому доробку друкованих робіт. Основні положення дисертаційної роботи відображено в 7 наукових публікаціях, із них 3 у фахових виданнях (у тому числі 2 статті у міжнародному виданні, індексованому в базі даних Scopus), та 4 матеріали конференцій і тези доповідей.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій.

Жорова А.В. визначила необхідним поставити і вирішити низку завдань, сформульованих у дисертації, що і було нею успішно зроблено. Жорова А.В. на високому науково-методичному рівні виконала і обґрунтувала результати своїх

досліджень, зібрала об'ємний вихідний матеріал, проаналізувала його, сформулювала висновки. Наукові положення, висновки та рекомендації дисертації Жорової Анни Вікторівни мають високий ступінь обґрунтованості, що зумовлюється аналізом та узагальненням сучасних літературних джерел за темою дисертації, результатами польових, лабораторних та експериментальних досліджень, їх глибоким аналізом з професійним використанням загальнонаукових та спеціальних підходів та методів, а також практичною цінністю. Важливим внеском для комплексного аналізу процесів евтрофікації, розробки схем екологічного моніторингу та біотехнологічного відновлення водосховищ Дніпра є підсумки досліджень Жорової А.В., викладені у висновках, які становлять наукову базу для продовження спостережень і розвиток і аналіз висновків цієї роботи в ретроспективі. Висновки повною мірою відповідають поставленим завданням. Вони сформульовані досить аргументовано, логічно, чітко.

Структура та зміст дисертації, її завершеність та відповідність встановленим вимогам щодо оформлення.

Дисертація складається зі вступу, 7 розділів, списку використаних джерел, який містить 124 найменування, включно – 92 найменування англійською мовою, та додатку. Робота містить 57 таблиць і 47 рисунків. Обсяг основного тексту дисертації складає 172 сторінки, загальний обсяг роботи – 251 сторінка.

У розділі 1” Стан вивченості просторово-часової динаміки фітоепіфітону лотичних і лентичних екосистем (огляд літератури) наведено аналіз публікацій у міжнародних рецензованих виданнях. Показано, що нині існує багато недостатньо вивчених проблем, пов'язаних зі структурою та функціонуванням контурних водоростевих угруповань, і відповідно ці проблеми вважаються перспективними напрямками досліджень. Зокрема: недостатньо досліджені різні типи просторово-часової динаміки, спільності та відмінності між контурними водоростевими угрупованнями лотичних і лентичних екосистем; практично не досліджені біотичні взаємодії: взаємозв'язки між видами в

угрупованнях (співіснування, конкуренція, виключення) та взаємодії з вищим трофічним рівнем (безхребетними).

Особливий інтерес становить аналіз просторової динаміки фітоепіфітону у рівнинних річках, що являють собою систему водних об'єктів з різним ступенем сполученості та, відповідно, різною можливістю обміну речовини та організмів. У таких системах здатність видів до розселення і колонізації пов'язана головню з коливаннями рівня води, які зумовлюють з'єднання чи ізоляцію основного русла річки та заплавних водойм. У цьому контексті структура водоростевих угруповань є результатом впливу не тільки локальних чинників, але й інших процесів, які відбуваються в регіональному масштабі, а саме, – розселення видів.

Показано, що різні морфологічні групи водоростей характеризуються різною стійкістю до впливу течії. Найбільш стійкими є діатомові водорості, які не утворюють ланцюжків, а найбільш вразливими – нитчасті водорості.

За результатами вивчення фітоепіфітону р. Рось із допливами та верхньої частини Канівського водосховища встановлено особливості структури та кількісного розвитку фітоепіфітону лотичних, перехідних і лентичних ділянок великої зарегульованої річки і водосховища Дніпра. Виявлено найбільш вагомі чинники, які визначають просторово-часову динаміку фітоепіфітону в досліджуваних екосистемах.

Розділу II «Матеріали та методи досліджень» – підкреслено ретельність та комплексність сформованої методологічної бази дослідження. Цілком виправданим і логічно обґрунтованим є те, що авторка застосувала збалансований підхід, поєднавши в один аналітичний блок фізико-хімічні (температура, рН, розчинений кисень, BCKs) та біологічні показники, які комплексно відображають трофічний стан водойми. Доречним і науково коректним видається включення до моніторингу детального спектра водоростей, які є лімітуючими чинниками евтрофікації. Позитивною характеристикою розділу є також суворе дотримання методологічних стандартів: нормативна інтерпретація всіх отриманих експериментальних результатів здійснювалася здобувачкою з чітким урахуванням чинних гранично

допустимих показників для водойм відповідного призначення, що гарантує високу точність, надійність та порівнюваність накопичених даних.

Таксономічну номенклатуру водоростей наведено у відповідності до *AlgaeBase* станом на серпень 2023 р.

Кількісні показники водоростей (чисельність, біомасу) розраховували відповідно до загальноприйнятих методів на 10 см² площі рослин-субстратів та на 1 кг сирової маси рослин-субстратів. Для кластерного аналізу локальних угруповань мікрофітобентосу та фітоепіфітону використано індекс Серенсена (K_{sor}) за біомасою. Дендрограми побудовано за алгоритмом «*single linkage*».

Для аналізу процесів, які лежать в основі просторової динаміки фітоепіфітону, застосовані парні і множинні індекси подібності / відмінності.

Щодо змісту Розділу III «Якісні і кількісні характеристики фітоепіфітону лотичних і лентичних екосистем» першочергово слід відзначити масштабність та високу аналітичну точність проведеного моніторингу. Схвальним є те, що здобувачка детально простежила еволюцію фітологічного обличчя району долідження у досліджуваний період, зафіксувавши закономірності переходу системи від стану вираженої дестабілізації до поступової стабілізації на тлі специфічного гідротемпературного і кисневого режимів. Фітоепіфітон р. Рось упродовж вегетаційного сезону характеризувався високим кількісним різноманіттям та широкою амплітудою коливань чисельності і біомаси (у межах декількох порядків). Чисельність змінювалась від 23 до 5847 тис. кл./10 см², а біомаса – від 0,008 до 7,364 мг/10 см². Основу чисельності та біомаси на початку літа формували Bacillariophyta, а в середині літа та восени – переважно Cyanobacteria та Chlorophyta. На початку літа, коли фітоепіфітон ще формувався, структура угруповання змінювалась від олігодомінантної до полідомінантної. В середині літа та восени фітоепіфітон вже є сформованим полідомінантним угрупованням.

Чисельність фітоепіфітону Канівського водосховища в період досліджень змінювалась від 4 до 1049 тис. кл./10 см², біомаса від 0,005 до 0,628 мг/10 см². Структуру кількісного різноманіття переважно визначали Bacillariophyta, а в середині літа також спостерігалась висока частка Cyanobacteria. Кількісні

показники розвитку фітоепіфітону та співвідношення таксономічних відділів у їх формуванні в цілому узгоджуються з даними, отриманими раніше іншими дослідниками для водоростевих угруповань на вищих водних рослинах річкової ділянки Канівського водосховища. Цікаво, що максимальні чисельність та біомаса фітоепіфітону в Канівському водосховищі є значно нижчими за аналогічні показники в р. Рось. На відміну від р. Рось, де угруповання були переважно полідомінантними, у верхній частині Канівського водосховища практично в рівній мірі представлені полідомінантні та олігодомінантні угруповання.

Специфічною особливістю фітоепіфітону Канівського водосховища (на відміну від р. Рось) була присутність у складі домінантів планктонної ціанобактерії *Microcystis aeruginosa*, яка ймовірно осідає з планктону на поверхню вищих водних рослин у період інтенсивного «цвітіння» води.

Для загальної кількості видів не встановлено виражених відмінностей між лотичними, лентичними і «перехідними» екосистемами. Аналогічно, не виявлено різниці у співвідношенні домінуючих відділів (Cyanobacteria, Bacillariophyta, Chlorophyta) у таксономічному різноманітті.

Водночас, для загальної чисельності фітоепіфітону спостерігається тенденція до зменшення її величин зі зниженням інтенсивності водообміну ділянок. Так, у р. Рось та її допливах чисельність знижується від лотичних ділянок до «перехідних» ділянок. У Канівському водосховищі спостерігається тенденція до зниження чисельності від «перехідних» (лентично-лотичних) до лентичних ділянок.

Аналогічна тенденція спостерігається і для біомаси фітоепіфітону. Так, максимальна біомаса поступово знижувалась від лотичних ділянок ($7,365 \text{ мг/10 см}^2$) до лотично-лентичних ($2,670 \text{ мг/10 см}^2$) та лентично-лотичних ділянок.

Порівняльний аналіз фітоепіфітону лотичних, лентичних і «перехідних» ділянок показав тенденцію до зниження кількісного розвитку фітоепіфітону від лотичних до «перехідних», і від «перехідних» до лентичних ділянок. Ця тенденція спостерігалась як у р. Рось та її допливах, так і в Канівському

водосховищі, і проявилась у таких показниках як загальна чисельність, загальна біомаса фітоепіфітону, біомаса низькопрофільних та високопрофільних видів, а також деяких видів-домінантів (*Brebissonia lanceolata*, *Cocconeis placentula*, *Oedogonium* sp.). Пояснено, що водообмін сприяє постачанню біогенних елементів та розчинного кисню до фітоепіфітону, та обміну видами між угрупованнями. Крім того, такі низькопрофільні види як *Brebissonia lanceolata*, *Cocconeis placentula* міцно прикріплюються до субстрату і мають конкурентну перевагу в умовах течії.

У Розділі IV «Залежність просторово-часової динаміки фітоепіфітону від просторових та екологічних чинників» здійснений глибокий, системний аналіз та узагальнення отриманих результатів у зв'язку з екологічними чинниками водойм. сполученість/ізольованість ділянок відіграє важливу роль у просторовій динаміці видового складу фітоепіфітону р. Рось та її допливів. показано, що прояв просторових чинників залежить від гідрологічної сполученості між ділянками. оцінка комплексного впливу просторових та екологічних чинників на подібність видового складу фітоепіфітону показала, що в р. Рось та її допливів сукупний вплив цих чинників визначає 48% варіації коефіцієнтів Серенсена, а в Канівському водосховищі – 60%. на долю чинників, не врахованих в аналізі, припадає 52% і 40% відповідно. загалом, помітний взаємозв'язок між загальними кількісними показниками фітоепіфітону та рівнем РН, вмістом розчиненого кисню та неорганічного фосфору.

У Розділі У «Біотичні взаємодії фітоепіфітону» показано, що для обох екосистем встановлено низку достовірних прямих кореляцій між величинами біомаси видів-домінантів фітоепіфітону та різних екологічних гільдій в просторі і часі, та відсутність обернених кореляцій, що свідчить про переважання процесів співіснування видів в угрупованнях і відсутність вираженої конкуренції за біогенні елементи в евтрофних умовах.

Встановлено, що на ділянках, що добре промиваються, з домінуванням гамарид, біомаса фітоепіфітону була вищою, ніж на заболочених ділянках з домінуванням легеневих молюсків, що пояснюється комплексним впливом абіотичних чинників (характер водообміну) та біотичних чинників

(ефективність виїдання водоростей). Серед видів-домінантів фітоепіфітону найбільш виражена різниця у величинах біомаси встановлена для міцно прикріпленої діатомеї *Cocconeis placentula*, яка вочевидь не доступна для споживання гамаридами, проте може ефективно споживатись молюсками. Це підтверджується оберненим експоненційним зв'язком між біомасою *C. placentula* та біомасою альгодетритофагів у літньо-осінній сезон на заболочених ділянках з домінуванням легеневих молюсків.

Розділ VI «Оцінка якості води та стану досліджуваних водних екосистем за фітоепіфітоном». Результати оцінки якості води за фітоепіфітоном показали, що обидві екосистеми відповідають β -мезосапробній зоні, проте у р. Рось із допливами частка χ -о-сапробів є меншою, а β і α -сапробів – більшою, ніж у Канівському водосховищі, що свідчить про вищий вміст органічних речовин. Застосування трофічного діатомового індексу (TDI) дозволило встановити відмінності між лотичними ділянками і водосховищами р. Рось і допливів: у водосховищах індекс TDI був достовірно вищим, що свідчить про підвищення рівня трофності у водосховищах.

Розділ VII «Порівняльний аналіз фітоепіфітону на рівні екосистем». Специфічною особливістю фітоепіфітону р. Рось з допливами є вища частка відділу Chlorophyta і менша Bacillariophyta в таксономічному різноманітті, ніж у Канівському водосховищі, вища загальна чисельність фітоепіфітону, а також тенденція до вищої біомаси. Важливо, що результати порівняння кількісних показників розвитку фітоепіфітону в річці і водосховищі узгоджуються з літературними даними. Також для р. Рось з допливами характерні переважно полідомінантні угруповання, а для Канівського водосховища – як полідомінантні, так і олігодомінантні, що підтверджується достовірною різницею у величинах індексу Шеннона. Крім того, встановлені відмінності у впливі просторового чинника на подібність угруповань фітоепіфітону та в сапробіологічній характеристиці якості води.

Дисертація Жорової А.В. «Просторово-часова динаміка фітоепіфітону лотичних і лентичних екосистем» є структурованим, цілісним і завершеним науковим дослідженням, у якому отримано нові науково обґрунтовані результати у напрямку з'ясування екологічних особливостей функціонування фітопланктону та механізмів формування біорізноманіття урбанізованих водних екосистем, що практично спрямовані на підтримання природного

екологічного стану водойм, стримування процесів евтрофікації та забезпечення сталого екологічного менеджменту поверхневих вод.

Кваліфікаційна наукова праця Жорової Анни Вікторівни повністю відповідає чинним вимогам щодо оформлення дисертаційних робіт, що подаються на здобуття ступеня доктора філософії.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. Дисертація є самостійним дослідженням Жорової А.В. Авторкою чітко визначено мету, завдання, основні цілі та концепцію досліджень, сформовано висновки і підготовлено матеріали для публікацій у фахових наукових виданнях та отримання патенту на корисну модель. Жоровою А.В. особисто проведено аналіз інформаційних джерел за тематикою дослідження, визначено план та проведено польові, лабораторні й експериментальні дослідження, узагальнено результати та проведено статистичну обробку отриманих даних. У роботі не виявлено привласнення чужих ідей, здобутків, результатів досліджень без належного цитування. Наукові результати та висновки інших авторів дисертанткою використано з посиланням на відповідні джерела. Це дає підстави вважати, що у дисертації Жорової А.В. порушення академічної доброчесності відсутні.

Дискусійні положення та зауваження до дисертації.

1. У трьохвимірній системі взаємодії протічність, температура води та її оксигенація (забезпечення киснем): “Як взаємопов'язані швидкість потоку води, її температура і насиченість киснем з якісним і кількісним розвитком водоростей?”
2. Які основні закономірності розвитку водоростей в конкретних фізико-хімічних умовах існування водоростей з огляду на їх участь у “евтрофікації” (цвітіння)?
3. Яким чином таксономічний склад водоростей пов'язаний (узгоджується) з забрудненням (токсичністю) води?
4. Яким чином водорості формують токсикологічну ситуацію водойми, наприклад за рахунок прижеттєвих метаболітів самих водоростей, в якій вони проживають?
5. Як сезонна зміна фізико-хімічного стану води впливає на сезонність (домінантність) розвитку водоростей (температура, хімічний склад води та зміна метаболічного статусу водоростей)?

Загальний висновок Дисертаційна робота Жорової Анни Вікторівни «Просторово-часова динаміка фітоепіфітону лотичних і лентичних екосистем»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за галуззю знань 09 - Біологія та спеціальністю 091 - Біологія, яка подана до захисту у разову спеціалізовану вчену раду, створену відповідно до рішення вченої ради Інституту гідробіології НАН України, на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 — Біологія (галузь знань 09 — Біологія), за змістом повністю відповідає спеціальності 091 - Біологія. Кваліфікаційна наукова праця за своїми актуальністю, науково-теоретичним рівнем, обґрунтованістю основних результатів, основними положеннями і результатами, опублікованими у фахових виданнях, новизною постановки проблеми та практичним значенням повністю відповідає вимогам пп. 6-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 № 44 із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 341 від 21.03.2022, № 502 від 19.05.2023, № 507 від 03.05.2024, та «Вимогам до оформлення дисертації», затвердженим Наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019. Авторка кваліфікаційної наукової праці, Жорова Анна Вікторівна, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 09 - Біологія за спеціальністю 091 - Біологія.

Офіційний опонент:

Доктор біологічних наук, професор,

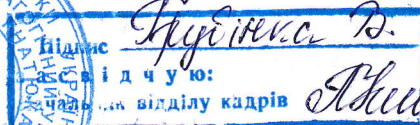
професор кафедри загальної біології

та методики навчання природничих дисциплін

Тернопільського національного педагогічного

університету ім. Володимира Гнатюка

Василь Грубінко



Анна М. Жорова