

ВІДГУК
офіційного опонента на дисертаційну роботу
Бірюк Ольги Вікторівни
«ЦИТОГЕНЕТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СПЕРМАТОГЕНЕЗУ У
ДИПЛОЇДНИХ І ТРИПЛОЇДНИХ ГЕМІКЛОНАЛЬНИХ МІЖВИДОВИХ
ГІБРИДІВ *PELOPHYLAX EXCULENTUS* COMPLEX»
подану на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук зі
спеціальності 03.00.15 – генетика

Актуальність теми дисертаційного дослідження

Накопичені на сьогодні дані дозволяють говорити, що гібридизація є досить поширеним явищем серед тварин, і ймовірно, має важливе еволюційне значення. Тому її роль у видоутворенні переосмислюється вченими і знаходиться в центрі уваги багатьох дослідників.

Гібридогенний комплекс зелених жаб (*Pelophilax esculentus* complex) з його незвичними процесами відтворення гібридів на сьогодні використовується як модельний об'єкт щодо вивчення процесів гібридизації і поліплоїдії. Для утворення гібридогенного таксону (*Pelophilax esculentus*), необхідна участь двох батьківських видів; у типовому випадку його відтворення пов'язано з подальшою передмейотичною елімінацією генома одного з батьківських геномів. Завдяки розвитку сучасних молекулярно-генетичних методів встановлено, що гібриди мають різне походження і передають різноманітні батьківські геноми. Отже, зростає роль вивчення цито-, молекулярно-генетичних процесів визначення та подальшого відтворення гібридів, зокрема різної плоїдності, в контексті підтримання сталості популяційних систем.

Дослідники, що вивчають комплекс зелених жаб, завжди намагаються знайти оптимальні діагностичні ознаки, які дозволять надійно визначати таксономічну належність, чітко відрізнити гібридів та представників батьківських видів. На сьогодні виникає необхідність визначення складу геномів, які продукує гібридогенний таксон, що таким чином підтримує своє відтворення. Також стоїть питання, яку еволюційну роль установлені ознаки можуть відігравати у гібридогенному видоутворенні, в чому специфіка їх мінливості або сталості з врахуванням каріотипічної консервативності амфібій. Тому актуальність і своєчасність тематики дисертації **Ольги Вікторівни** не викликає сумніву.

Перед дисертанткою була поставлена мета – з'ясувати цитогенетичні особливості сперматогенезу, що пов'язані з гібридним походженням та геміклональним спадкуванням диплоїдних та триплоїдних міжвидових гібридів зелених жаб у геміклональних популяційних системах Сіверсько-Донецького центру різноманіття. Відповідно до цього були визначені основні завдання досліджень. Оцінюючи мету і завдання дослідження, слід відмітити, що вони адекватні і достатні для проведення повноцінного дисертаційного дослідження на рівні кандидата біологічних наук. Отже, поданий до захисту

рукопис дисертації свідчить про те, що завдання було успішно вирішені, отримані результати відповідають поставленій меті.

Основні наукові положення, висновки та рекомендації, що сформульовані у дисертації, ступінь їх обґрунтованості й достовірності

Наукові положення, висновки та рекомендації у дисертації сформульовано чітко, логічно, послідовно; вони є аргументованими і змістовними. Достовірність отриманих результатів підтверджується: теоретико-методологічною обґрунтованістю вихідних положень дослідження; опрацюванням значної кількості джерел; застосуванням комплексу відповідних методів, вибір яких забезпечив достовірність і надійність отриманих результатів.

Наукова новизна дисертаційної роботи

Уперше запропоновано спосіб визначення плоідності зелених жаб за кількістю ядерців в ядрах їх соматичних клітин на стадії інтерфази; отримано кількісну оцінку сталості сперматогенезу у різних форм гібридів і батьківського виду *Pelophylax ridibundus* різного віку; зареєстровано підвищення стійкості сперматогенезу у статевозрілих *Pelophylax esculentus* у порівнянні з нестатевозрілими; виявлено і описано регіон масового розповсюдження унікального для даних хребетних тварин явища одночасної клональної передачі у гамети обох батьківських геномів у різних клітинних лініях.

Розширено наукові уявлення про порушення розвитку гонад та гаметогенезу, що є наслідком гібридного походження *Pelophylax esculentus*; про склад геномів гамет, що продукують представники різних форм *Pelophylax esculentus*, у різних популяційних системах, де відбувається відтворення гібридів.

Запропоновано поділ геміклональних популяційних систем зелених жаб Сіверсько-Донецького центра різноманіття на три групи за складом та системами схрещувань.

Зазначимо, що всі елементи наукової новизни сформульовані коректно, їх кількість та кваліфікація відповідають нормативним вимогам до кандидатських дисертацій.

Практичне значення отриманих результатів

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що їх можна використати: для подальшого теоретичного й практичного дослідження проблеми міжвидової гібридизації функціонування і відтворення геміклональних популяцій; для планування та організації охорони унікальних популяційних систем *Pelophylax esculentus* complex. у навчальному процесі, при викладанні загальних і спеціальних курсів «Батрахологія і герпетологія», «Зоологія хребетних». Методичні розробки вже сьогодні використовуються під час проведення навчально-польової практики з зоології хребетних тварин.

Повнота викладення наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях

Основні положення та висновки дисертаційної роботи наведено в 16-ти працях, в тому числі 5 статтях у фахових наукових журналах зі списку МОН України; одна стаття опублікована англійською мовою у журналі, що реферується наукометричними базами Web of Science і Scopus (IF=1,68), 3 статті опубліковані в інших фахових виданнях України та інших країн. Таке подання результатів наукової роботи є достатнім. Кількість публікацій, обсяг, якість, повнота наведених результатів та розкриття змісту дисертації відповідає вимогам ДАК України.

Також основні положення дисертації широко апробовані на 7-ми наукових конференціях національного та міжнародного значення.

Спрямованість виступів на науково-практичних конференціях, де відбувалася апробація дисертаційного дослідження, характер статей дисертантки, в яких відображено положення дисертації і результати досліджень, повною мірою визначають дослідницьку проблему цитогенетичних особливостей сперматогенезу міжвидових гібридів різної плідності. Отже, дисертацію належно апробовано; вона є самостійною науковою працею та має завершений характер.

Структура рукопису типова для дисертацій. Містить вступ, огляд літератури, матеріали і методи, чотири розділи з результатами дослідження, які відповідають окремо кожному обраному методу оптимальному для визначення таксономічної приналежності, складу геномів, типу гамет, встановлення особливостей гаметогенезу та шляхів відтворення представників *Pelophylax esculentus* complex, розділ з аналізом і узагальненням результатів, висновки, список використаних джерел. Робота професійно ілюстрована, містить 38 рисунків та 7 таблиць. Її матеріали викладено на 195 сторінках, з яких основного тексту – 131 сторінка. Список використаної літератури містить 273 джерела, серед яких 158 латиницею.

Аналіз змісту дисертації

Вступ (7 стор.) містить всі необхідні підрозділи. Чітко обґрунтовано актуальність проблеми. Робота виконана в рамках науково-дослідних тем біологічного факультету Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна: «Неортодоксальне видоутворення (гібридизація, неменделівське спадкування, поліплоїдія і сітчаста еволюція): вивчення на прикладі амфібій»; «Розробка технологій отримання клонального потомства хребетних тварин шляхом схрещування напівклональних міжвидових гібридів (на прикладі зелених жаб)»; «Вивчити характер успадкування кількісних ознак модельних, сільськогосподарських об'єктів, людини та структурно-функціональні особливості їх геномів», всі теми мають номери держреєстрації і виконувались протягом 2009-2014 рр. Крім того, робота виконувалась в рамках грантового проекту «Дослідження особливостей гаметогенезу у напівклональних гібридів зелених жаб диплоїдно-поліплоїдного комплексу *Pelophylax esculentus*» в інституті цитології РАН (м. Санкт-Петербург).

У вступі науково коректно сформульовано мету, що корелює з темою та конкретизується у завданнях, окреслено об'єкт та предмет роботи. Логічно наведено систему застосованих у роботі методів дослідження.

Наукова новизна, досить добре відображена у вступній частині. Це стосується також аспектів теоретичного і практичного значення виконаної роботи. Основні положення дисертації достатньо апробовані про що вже зазначалось.

Перший розділ - **«Огляд літератури»**, який складається з шести частин, написаний повно і разом з тим стисло, без зайвих подробиць, чітко і ясно. Займає 35 сторінок. Авторка повністю виклала сучасний стан досліджень проблеми, спираючись на значний об'єм публікацій. В розділі комплексно описано специфіку гібридогенного та поліплоїдного видоутворення у хребетних тварин, гібридогенез комплексу зелених жаб, гаметогенез міжвидових гібридів *P. esculentus*, різноманіття популяційних систем та систем схрещування, ретроспективний та сучасний стан вивчення каріотипів і генотипів, а також територію, зокрема Сіверсько-Донецький центр різноманіття зелених жаб.

Грунтовний огляд літератури свідчить про добру обізнаність дисертантки з публікаціями, що стосуються обраної теми досліджень. Особливу повагу викликає 158 іншомовних джерел, на які посиляється авторка роботи. Розділ логічно завершується висновками, які впливають з аналізу літературних даних і вказують на недостатню вивченість досліджуваної проблеми, що іще раз підкреслює актуальність і своєчасність даного дослідження.

Другий розділ - **«Матеріал та методи досліджень»** складається з 7-ми частин і займає 16 сторінок, викладений досить повно. Дисертанткою оброблено 740 особин зелених жаб з Сіверсько-Донецького центру різноманіття, що цілком достатньо для вирішення поставлених завдань. В таблиці 2.1 зазначено кількість особин оброблених різними методами дослідження. Більш детально і повно кількість матеріалу надається у додатках з детальними методологічними поясненнями. На рисунку 2.1 подана мапа з точками збору, які позначені на рис. 5.1 і описані в додатку В. Репрезентативний матеріал, зібраний протягом майже 10-ти років, є підґрунтям достовірності одержаних даних, обґрунтованості узагальнень та висновків.

Відповідно до багатоплановості дисертаційної роботи, Ольгою Вікторівною під час збору та опрацювання матеріалу застосовані комплекс молекулярно-, цитогенетичних методів, трудомісткі лабораторні засоби аналізу. Авторкою зокрема використані такі методи: польові збори особин зелених жаб з природних місцеперебувань, експрес-визначення їх за комплексом зовнішніх морфологічних ознак; цитометричне дослідження мазків крові; каріологічний аналіз соматичних тканин і сім'яників; проточна ДНК-цитометрія суспензій клітин крові та сім'яників; електрофорез білкових маркерів в ооцитах; гібридологічний метод; скелетохронологічне визначення віку та морфометричне вивчення особин; статистичні методи (дисперсійний аналіз, непараметричне порівняння вибірок). Використані методи детально описані та обґрунтовані.

Третій розділ **«Застосування різних каріологічних методик для вивчення сперматогенезу зелених жаб *Pelophylax esculentus* complex»** складається з трьох підрозділів (18 сторінок) і присвячено пошуку методів, які

дозволять більш достовірно провести кількісну оцінку мінливості каріотипів. Розділ добре ілюстрований, заслуговують на повагу якісні каріотиби та метафазні пластинки з різними аномаліями як триплоїдного, так і диплоїдного набору хромосом. Важливо, те що в даному розділі авторка підкреслює, що як на роздавлених хромосомних препаратах так і на виготовлених методом розкапування наявні аномальні хромосомні набори, що часто пов'язують з особливостями методики приготування даного методу. В розділі перевірено гіпотезу, що геноми батьківських видів відрізняються довжиною ядерцевих організаторів. Проведена комплексна оцінка даної ознаки, достовірних відмінностей не виявлено, отже ЯОР не може використовуватись, в якості видоспецифічного хромосомного маркера. Натомість виявлені та описані цікаві результати щодо наявності подвоєного ЯОР, а також його відсутності на одному з гомологів 9-ої пари хромосом. Диференційне забарвлення сріблом, ядерець, пропонується використовувати як метод визначення плоїдності в умовах відсутності якісних метафаз, що надзвичайно важливо в подібних дослідженнях.

Четвертий розділ роботи - **«Стабільність сперматогенезу у зелених жаб»** складається з трьох підрозділів, викладений на 26-ти сторінках. Результати різнопланово відображені на рисунках, що дозволяє більш комплексно зрозуміти складні процеси специфіки стійкості каріотипів. В розділі, на основі кількісної оцінки каріотипів статевих і соматичних клітин, порівнюється стабільність сперматогенезу у статевозрілих і нестатевозрілих представників *Pelophylax*. Відзначається, що більш стійким є каріотип батьківського виду, аномальні каріотиби частіше зустрічаються у гібридів, що говорить про відносну нестабільність гаметогенезу гібридів у порівнянні з батьківським видом. Результати чітко підтверджені процентним співвідношенням з акцентом на перевірку достовірності отриманих даних. Висловлюється логічне припущення, що відносна нестійкість гаметогенезу гібридів може призводити до зниження ефективності їх відтворення.

П'ятий розділ - **«Типи гамет зелених жаб *Pelophylax esculentus* complex у Сіверсько-Донецькому центрі різноманіття»** складається з чотирьох підрозділів (16 сторінок). Даний розділ базуються на різних молекулярно-генетичних методах, що значно підвищує наукову цінність результатів. Для визначення типів гамет та складу геномів використовували метод проточної ДНК-цитометрії, аналіз мінливості електрофоретичної рухливості білків в зрілих ооцитах, зокрема мова йде про LDH-1, лабораторні схрещування. Виявлені та описані три популяційні системи з різним таксономічним складом, статевою структурою та плоїдністю. Пропонується авторська класифікація популяційних систем зелених жаб. Чітко розрахована доля триплоїдів з різним складом батьківських геномів. Звертає на себе увагу генотип триплоїдних гібридних самців LLR, які є дуже рідкісні, при відсутності *P. lessonae* у досліджуваному регіоні, виникає питання яким чином передається геном цього виду. В більшості диплоїдні і триплоїдні *P. esculentus* виробляють гамети з R-геномом. Статистично достовірно розраховано доля батьківських геномів, на основі чого виділені типи гаметогенезу у самців та самок *P. esculentus*.

Шостий розділ - «Системи схрещувань і способи відтворення гібридів в Сіверсько-Донецькому центрі різноманіття зелених жаб» складається з чотирьох підрозділів (11 сторінок) і включає науково обґрунтовану характеристику шляхів відтворення диплоїдних та триплоїдних гібридів *P. esculentus* Сіверсько-Донецького центру різноманіття, включаючи, особливості гаметогенезу та опис встановлених популяційних систем, з таксономічним складом, плоїдністю гібридів, складом їх геномів. Встановлені надзвичайно важливі речі, зокрема, те що геном відсутнього батьківського виду передається через диплоїдних гібридів та триплоїдних гібридних самок, які містять LLR-геном. Триплоїди відтворюються через диплоїдних гібридних самиць які продукують в основному LR-гамети (рис. 6.1-6.2). В географічному аспекті описані три виділені типи популяційних систем Сіверсько-Донецького центру різноманіття зелених жаб.

Кожний розділ закінчується обґрунтованими узагальнюючими висновками та переліком джерел, де були опубліковані дані.

Важливим розділом дисертаційної роботи є «Аналіз і узагальнення результатів», де сформульовані принципово важливі положення дисертаційного дослідження. Розділ містить загальні уявлення про важливість і виправданість використаних методів, за допомогою яких вдалось вирішити всі поставлені завдання і отримати цінні наукові результати щодо стійкості/мінливості гаметогенезу міжвидових гібридів *Pelophilax esculentus* complex. Коротко і чітко описані результати дослідження, обговорені з відповідними літературними даними. Надзвичайно важливим є науково-обґрунтоване доведення відсутності елімінації батьківського геному у частині клітинних ліній гібридів, натомість відбувається так звана амфіспермія. В цілому, всі результати обґрунтовані і намічені подальші перспективні напрямки досліджень.

Завершується робота досить розгорнутими висновками, що висвітлюють зміст роботи, є логічними в поданні основних. Загалом зроблено 7 висновків, що цілком достатньо для окреслених 4-х завдань.

Дискусійні положення та зауваження щодо дисертаційного дослідження

Позитивно оцінюючи здобутки дисертантки, вважаємо за необхідне зазначити такі дискусійні положення та зауваження до поданої дисертаційної роботи:

1. Із зазначених видань, «Праці Українського герпетологічного товариства», де опубліковано дві статті, не входить до списку фахових видань України.
2. Серед завдань як в дисертації, так і в авторефераті опущено завдання щодо з'ясування стану проблеми, опис якої відображено у першому розділі і є надзвичайно важливим етапом роботи.
3. Не зрозуміло, як саме планується організація охорони унікальних популяційних систем на основі отриманих результатів. Практичне значення недооцінене в роботі, самі матеріали можна використати більш різнопланово, зокрема в науково-дослідній сфері, в природоохоронній діяльності і в навчальному процесі.

4. В матеріалах і методах доцільно було би обґрунтувати необхідність залучення особин зелених жаб з регіонів поза межами території дослідження (зокрема республіки Марій-Ел, Волгоградської, Новгородської областей Росії, Болгарії, Хорватії, Туреччини). До того ж, з цих регіонів досліджені поодинокі особини, на основі аналізу яких результати можуть мати не достовірний характер, оскільки ґрунтовні висновки про які говориться в дисертації повинні базуватись на більш масовому матеріалі, принаймні повинні бути представлені репрезентативними вибірками. Було б доцільно, на основі обраних методів дослідити інші регіони саме території України.
5. Регіон дослідження потребує комплексного фізико-географічного опису з виділенням і науковим обґрунтуванням меж території, з окресленням всі виділених трьох типів популяційних систем, для забезпечення і розробки ефективних заходів з охорони унікального гібридогенного комплексу зелених жаб.
6. Особливо слід підкреслити, що досліджувані тварини важко відрізняються в природних умовах, що неодноразово доведено багатьма дослідниками, які постійно вишукують діагностичні ознаки для визначення їх таксономічної належності. І не дарма таксономічну належність видів у представлених роботі визначали більш точними цито-, і молекулярно-генетичними методами. В роботі не вистачає типових фотографій видів та їх типових біотопів в межах описаних популяційних систем. Принаймні можна було би на рисунках з відтворення гібридів ($2n$, $3n$) давати не схеми, а фотографії. Не дивлячись на те, що є посилання на перелік зовнішніх ознак за якими в польових умовах визначалися види (табл. 5.2, стор. 52), хотілося б відмітити, що з 9-ти - лише перші чотири достовірно працюють в діагностиці зелених жаб, всі інші ознаки досить суб'єктивні з низьким ступенем надійності.
7. З власного досвіду слід відмітити, що часто сім'яники гібридів мають аномальну форму і їх важко поміряти. В роботі проводиться порівняльний аналіз за розмірами сім'яників (наприклад стор. 82), але в методиці не описано як саме знімали проміри. Також детально не описано особливості вимірювання хромосом в ЯОР, що надзвичайно важливо для порівняння у подібних дослідженнях.
8. Результат щодо кількості ядерців у інтерфазних ядрах для диплоїдів і триплоїдів неоднозначний (стр. 78-79, рис. 3.8), зокрема для обох форм характерні випадки наявності одного-двох ядерців, а у $3n$ може бути 3 ядерця. Отже, даний метод треба використовувати обережно, чи обов'язково в сукупності з іншими методами. Як зазначено в роботі, в окремих випадках даний метод взагалі не працює.
9. Проаналізувавши результати і розподіл частот пластинок з різною плоїдністю (рис. 4.8, 4.9, стор. 92.), слід звернути увагу на кількість триплоїдних метафазних пластинок ($3n=39$). Їх надзвичайно мало, в межах від 0 до приблизно 3%. Виникає питання, чи може бути особина триплоїдна якщо має такий низький відсоток триплоїдних пластинок? Було б доцільно розрахувати відсоток нормальних $3n$ пластинок, щоб визначати триплоїдів саме за хромосомними наборами.

10. Щодо нестабільності геному нестатевозрілих особин *P. esculentus* слід було б перевірити вплив інших, зокрема екологічних факторів на стан досліджуваних тварин, не обмежуватись однобічним кількісним аналізом мейотичних поділів, оскільки це досить вразлива група у віковій структурі популяції і потребує більш різностороннього аналізу. До того ж дослідження гаметогенезу у статевонезрілих самців, були проведені на випадковій, я так розумію, одній вибірці дрібних особин.

11. Деякі стратегічні висновки в роботі базуються на основі використання одиничних особин і одиничних вибірок, що необхідно перевірити на більш масовому матеріалі.

12. В дисертації є дрібні технічні недоліки, зокрема деякі рисунки відірвані від тексту, внаслідок чого наявні напівпорожні сторінки всередині розділів, що не зовсім відповідає стандартам оформлення.

Перелічені зауваження носять в основному дискусійний і прогностичний характер і тому суттєво не впливають на позитивне враження і загалом високу оцінку дисертаційної роботи.

Ольга Вікторівна продемонструвала здатність критично й всебічно аналізувати дані, значною мірою отримані нею самостійно. При цьому не можемо не відмітити, що над дисертацією працювала велика команда дослідників, про що чітко зазначається.

Матеріали дисертації й автореферату викладені ясно, гарною науковою українською мовою з використанням фахової термінології, текст вивірений, наукові положення й висновки логічні, достовірні, всебічно обґрунтовані й репрезентативно відбивають результати проведених досліджень. Праці опубліковані в спеціалізованих наукових виданнях, у тому числі що реферуються у наукометричних базах, і цілком відображають зміст, всі положення й висновки дисертації.

Автореферат у стислій формі адекватно передає зміст дисертації. Зміст автореферату ідентичний до змісту дисертації і достатньо повно висвітлює основні положення дослідження. Сама дисертація, по своїй суті й спрямованості проведених досліджень, повністю відповідає паспорту спеціальності 03.00.15 - генетика.

Рекомендації з подальшого використання результатів праці та доцільність продовження і розвитку відповідних досліджень.

Необхідно відмітити багатоплановий характер роботи, який базується на великій кількості обраних методів, тому більшість аспектів потребують подальших досліджень. В першу чергу, пропонуємо дослідити інші популяційні системи території України, які представлені обома батьківськими видами, а також LE-систему. Можливо це допоможе зрозуміти як саме утворюється достатня кількість L-гамет, щоб підтримувати відтворення високої кількості гібридів в досліджених популяціях. Звичайно, цікавим результатом є виявлення в геномі гібриду обох батьківських гамет, що також необхідно перевірити на інших популяційних системах. Слід звернути увагу на впливові фактори, що можуть порушувати структуру геному нестатевозрілих особин, враховуючи, що при статевому дозріванні відбуваються значні

перебудови організму. Пропонуємо більш детально описати унікальний Сіверсько-Донецький центр біорізноманіття зелених жаб, окреслити межі як самої території так і спробувати визначити морфологічні особливості диплоїдів, триплоїдів у відповідності зі складом їх геному, що необхідно для забезпечення охорони і збереження унікального гібридогенного комплексу зелених жаб.

Загальна оцінка дисертаційної роботи

Підсумовуючи розглянутий основний зміст дисертації, слід відмітити що Ольгою Вікторівною проведені системні дослідження специфіки особливого виду міжвидової гібридизації. Це дозволяє більш широко поглянути на гібридогенне видоутворення, історію розвитку формування видів, і знову таки впевнитись, що на сьогодні гібридогенез може цілком конкурувати з класичними критеріями утворення нових видів в контексті підтримання еволюційно-таксономічної цілісності міжвидових гібридів.

Всі представлені методи, надзвичайно трудомісткі і філігранні, тому робота дослідниці заслуговує неймовірної поваги.

Дисертація є завершеною, самостійно підготовленою кваліфікаційною науковою працею, де отримано нові науково-обґрунтовані та практично цінні результати, що вирішують важливу наукову проблему міжвидової гібридизації.

Актуальність обраної теми дисертації, ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, новизна та повнота вкладу в опублікованих працях повністю відповідають вимогам до кандидатських дисертацій.

Вважаємо, що дисертаційна робота на тему «Цитогенетичні особливості сперматогенезу у диплоїдних і триплоїдних геміклональних міжвидових гібридів *Pelophylax exculentus* complex» надана на здобуття наукового ступеню кандидата біологічних наук, відповідає «Порядку присудження наукових ступенів», який затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а її авторка Бірюк Ольга Вікторівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.15 - генетика.

Офіційний опонент:
завідуюча кафедрою екології
і інформаційних технологій
Мелітопольського інституту екології і
соціальних технологій
Відкритого міжнародного університету
розвитку людини «Україна»,
кандидат біологічних наук, доцент

Н.М. Сурядна

