

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Онищенко Олена Михайлівна

УДК 573.6.086.83

ДИСЕРТАЦІЯ

Розробка технології виробництва суспензії мікродоростей як екологічно
чистого джерела мікронутрієнтів для забезпечення потреб птахівництва

03.00.16 – екологія

сільськогосподарські науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник (консультант): Дворецький Анатолій Іванович, д.б.н. проф.

Дніпро – 20

АНОТАЦІЯ

Онищенко О. М. Розробка технології виробництва суспензії мікроводоростей як екологічно чистого джерела мікронутрієнтів та для екологічного забезпечення потреб птахівництва. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук (доктора філософії) за спеціальністю 03.00.16 «Екологія» – Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, 2018.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

вперше:

- досліджено потенціал конверсії енергії у процесі біоремедіації з використанням мікроводоростей роду *Chlorella spp.* за умови стабілізації оптичної густини;
- отримано дані щодо продуктивності *Chlorella spp.* при використанні органо-мінерального середовища на основі тваринницького стоку при рівнях інсоляції характерних для центральної частини України.

одержано нові для науки відомості:

- щодо показників просторової біопродуктивності *Chlorella spp.* (33–106 г/м² на добу) за найменшого впливу системи на довкілля при рівнях інсоляції характерних для центральної частини України;
- щодо ефективності процесу біоремедіації основних біогенів при використанні *Chlorella spp.* за варіюючих умов оточуючого середовища, а саме, 67,9–99,1 % для азоту, для фосфору – 87–99,5 %.

удосконалено:

- існуючі рівняння для математичного розрахунку рівнів забезпечення лімітуючих факторів для стабільного функціонування екологічної ланки аквакультури нижчих автотрофів.

доведено:

- зниження рівнів емісії біогенів щонайменше на 50 % та зниження потреб у антропогенних субсидіях енергії у 2–2,5 рази при інтеграції ланки аквакультури у фермову екосистему;
- задовільність економічних показників при інтеграції ланки аквакультури нижчих рослин для забезпечення птахоферми в умовах України та можливість підвищення якісних показників виробленої біологічної продукції.

набули подальшого розвитку:

- система оптимальних прийомів та методів культивування *Chlorella spp.* для біоремедіації основних біогенів та зниження органічного забруднення характерного для стоку об'єктів виробництва продукції птахівництва;
- способи трансформації біогенів при включенні ланки культивування мікроводоростей до схеми утилізації посліду і стічних вод для об'єктів виробництва продукції птахівництва;
- концепції оцінки матеріально-енергетичних та екологічних показників великотоварних та малих підприємств при утилізації надлишку біогенів та вуглецю, що генерують такі виробництва.

Практичне значення одержаних результатів:

При інтеграції системи культивування *Chlorella spp.* у фермову екосистему (птахівницький комплекс) в процесі отримання 1 кг біомаси можливо раціонально утилізувати 120–150 грамів вуглецю у складі розчиненої органічної речовини, 77 грамів азоту та 15 грамів фосфору. Запропонована система

утилізації дозволяє у 2–2,5 рази підвищити генерацію зеленої енергії при використанні отриманої біомаси.

Технологія отримання та застосування суспензії хлорели для малого птахівницького господарства (на прикладі фазанарію) забезпечує підвищення якісних показників виробництва. Отримано яйця більш високої інкубаційної якості, зокрема яйця більшої маси (на 3,3–4,4 %) зі значно вищим вмістом вітаміну А у жовтку (у 2,7–5,3 рази). Досягнуто покращення показників виводу молодняку, зокрема збільшення показників абсолютного приросту у перші тижні після виводу (на 23,5 %) та утилізацію відходів (посліду).

Дисертація присвячена розв'язанню проблем екологізації шляхом впровадження аквакультури нижчих рослин в агроєкосистеми, зокрема розробці способу культивування та ремедіації та його інтеграції в структуру сучасного виробництва продукції птахівництва. За результатами аналізу опублікованих наукових досліджень визначено, що актуальним лишається питання забезпечення світлом та підвищення рівнів енергетичної конверсії у системах культивування. Процеси світлозалежного зростання культур мікродоростей зводяться до залежності лімітуючого фактору (світлової енергії) від концентрації культури, індивідуальних характеристик суспензії мікродоростей і швидкості росту біомаси, яка у свою чергу, близька до максимальної при постійній питомій забезпеченості світловою енергією в рамках оптимуму на одиницю маси.

Проаналізовано основні напрацювання у напрямі математичного моделювання ремедіації біогенів при культивуванні мікродоростей на стічних водах тваринницьких комплексів. Щодо можливості використання органічно-мінеральної частини стоків тваринництва у якості основи для культурального середовища та використання процесу культивування *Chlorella spp.*, не вирішеним лишається питання оптимізації та узгодження процесу ремедіації мінеральної та органічної складової середовища із рівнем конверсії світла, що є у системі культивування обмежуючим фактором, саме ефективність

використання сонячної енергії і потреба у площі, відповідно, обмежує масштабне впровадження систем.

Було визначено найбільш продуктивні способи культивування із використанням середовищ на основі стоку тваринницьких комплексів, які в природно-кліматичних умовах України могли б забезпечити достатньо інтенсивний процес біоремедіації. Експериментально випробувано два способи вводу біогенів за умов, що імітують умови освітленості на поверхні ставку, «фед-бетч», інтенсивний спосіб за якого усі біогенні елементи та забезпеченість клітин світловою енергією, підтримуються на стабільному рівні впродовж всього періоду ремедіації, та накопичувальне культивування, стандартний ставковий екстенсивний спосіб ремедіації, що дозволяє підтримувати стабільний ріст чисельності клітин в об'ємі та усереднений коефіцієнт швидкості росту чисельності клітин на рівні 0,044 (R=0,94). У накопичувальній культурі середній коефіцієнт швидкості поділу клітин складав 0,019 (R=0,90). Результати експерименту наявно демонструють, що зазначений метод культивування є більш ефективним для отримання високих рівнів біопродуктивності на площу.

Досліджено склад поживних середовищ на основі мінеральних солей та органо-мінеральної частини залишку біогазового збродження курячого посліду та рідкої частини стоку та вивчено оптимальні параметри освітлення, щільності культури та швидкості розведення поживного середовища, запропонована математична модель для розрахунку оптимальних режимів біоремедіації при культивуванні *Chlorella spp.*

Досліджено рівні конверсії, які можуть бути досягнені за умови стабілізації оптичної густини та підтримання вводу біогенів на стабільному рівні показали можливість значного підвищення у порівнянні зі стандартним способом при відповідності щільності культури рівню освітлення – при низькій щільності культури (0,05–0,1 г/л) та освітленості (213,5 Вт/м²) та при високій щільності (0,1–1 г/л) і високому рівні освітленості (427 Вт/м²). Доведено, що

конверсія світлової енергії та просторова продуктивність є значно вищими за високої щільності культури та освітленості.

На базі емпіричних даних отриманих у ході експериментальних досліджень враховані рівні біопродуктивності для інтенсивностей сонячного освітлення $231,5 \text{ Вт/м}^2$ при температурі $20\text{--}23 \text{ }^\circ\text{C}$ при середньому значенні ефективності фотосинтетичної конверсії $23,4 \%$ на рівні $20\text{--}121 \text{ г/м}^2$ на день.

Виконане експериментальне дослідження для визначення ефективності ремедіації основних біогенів при використанні органічно та біогенно навантаженого стоку у якості середовища для культивування при постійному складі штучно підготованої стічної води, що за основними показниками наближена до сільськогосподарських стічних вод у сприятливих межах температури, сонячного освітлення при природній тривалості світлового дня ($7,5\text{--}25 \text{ }^\circ\text{C}$; $130\text{--}560 \text{ Вт/м}^2$).

Визначено, що об'ємна біопродуктивність біомаси *Chlorella vulgaris* та середні інтегральні коефіцієнти швидкості приросту були вищі для циклів культивування за яких рівні забезпеченості сонячною енергією та середні значення діапазону температур були вищими. Концентрація біомаси стабільно збільшувалась впродовж всіх циклів культивування, максимальна концентрація біомаси була досягнута в останньому циклі – $0,93 \text{ г/л}$, лише після досягнення такої концентрації спостерігалось лімітування за основними біогенами (азот, фосфор).

Визначено, що в процесі біоремедіації з використанням *Chlorella spp.*, на стічних водах із високим вмістом органічної речовини та біогенних елементів може бути забезпечення ступінь очищення, який забезпечує стандартний процес біологічної очистки. Співвідношення рівню усунення органічного забруднення до приросту біомаси, $\text{мгХСК/мг біомаси на день}$ коливалось від $0,2$ до $0,5$, що характерно для систем біологічної очистки з подовженим циклом аерації ($0,05\text{--}0,15$).

В ході процесу біоремедіації біогенно навантаженого стоку культурою *Chlorella spp.* за оптимальної температури 18–23 °С та оптимальної щільності ефективність поглинання азоту амонійного – 67,9–99,1 %, ефективність поглинання фосфатів неорганічних склала 87–99,5 %. Згідно з проведеними розрахунками, в основу яких покладені емпіричні дані отриманні в ході модельних експериментів, розраховані показники ефективності запропонованого процесу напівінтенсивного культивування із граничною денною продуктивністю 27–234 г/м² на день.

Запропонована модель для трьох основних біогенів (вуглецю, азоту та фосфору), яка враховує реальний рівень поглинання або валову потребу у певний проміжок часу. Процес розрахований відповідно до запропонованої моделі продемонстрував ефективність трансформації, тобто фіксації біогенів культурою на рівні 87–92 %, було досягнуто повну відповідність експериментального керованого процесу нарощування біомаси прогнозованим показникам продуктивності за умов періодичного додавання біогенів у кількостях розрахованих за допомогою запропонованої системи рівнянь із високою достовірністю (R=0,99).

Було проведено оцінку впливу на матеріально-енергетичні, економічні й екологічні процеси виробництва ефектів утилізації надлишку біогенів та вуглецю, що генерується великотоварними та малими підприємствами, у першу чергу птахокомплексами які оснащені установками метанового збродження посліду, була запропонована спрощена модель трансформації біогенів, емісія яких, з одного боку, створює найбільше навантаження на довкілля, згідно з проведеними оцінками, а з іншого боку, саме ефективність їх трансформації зумовлює продуктивність ланки культивування мікродоростей.

За результатами аналізу визначено, що близько 55–60 % органічного вуглецю піддається анаеробної деградації, а частка азоту і фосфору, що переходить у рідку фазу сягає 90 %, отже спираючись на дані отриманні у ході дослідження рівнів фіксації біогенів у процесі культивування *Chlorella spp.*,

можна прогнозувати, відповідно до запропонованої моделі, трансформацію основних біогенів на рівні щонайменше 49–51 %. При цьому забезпечується відтворення природного ресурсного потенціалу та суттєво більш ефективно використання антропогенних субсидій енергії.

Було проведено оцінку запропонованого способу культивування хлорели, як ланки утилізації посліду в умовах господарства (фазанарію) та встановлено можливість ремедіації біогенів з посліду шляхом отримання водної витяжки при аеробній стабілізації посліду та використання у якості основи органіко-мінерального середовища для культивування мікроводоростей. Відповідно до запропонованої схеми розрахунку рівнів трансформації основних біогенів встановлені коефіцієнти трансформації азоту 0,51 – 0,58, для фосфору – 0,73–0,75. Для азоту коефіцієнт засвоєння мінеральних сполук культурою хлорели склав 0,83–0,95 (83–95 % валового азоту було успішно засвоєно культурою), для фосфору коефіцієнт склав 0,72–0,83 (ефективно було засвоєно 72–83 %).

В ході аналізу розрахованих прогнозних економічних показників виявлено, що за наявних умов для виробників, окремий біогазовий комплекс для забезпечення птахоферми не є доцільним, адже окупність інвестицій є низькою, система лише у поєднанні з альгокомплексом для птахоферм з пропускнуою здатністю вище 100 000 голів має задовільну для інвестиційних умов України окупність. В умовах малого чи присадибного господарства впровадження культивування хлорели є економічно доцільним з огляду на підвищення якості та стандартів вигодовування у першу чергу.

Ключові слова: *птахівництво, мікроводорості, культивування, хлорела, екологічна безпека, утилізація.*

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації у наукових фахових виданнях України

1. Онищенко О. М. Мікродорості як відновлюваний біологічний ресурс для потреб сільського господарства / О. М. Онищенко, А. І. Дворецький. // Вісник ДДАЕУ. – 2013. – №2. – С. 48–50. *(особистий внесок: проведення досліджень, формулювання висновків)*.
2. Онищенко О. М. Оцінка економічної та екологічної ефективності впровадження анаеробних та фотоаеробних біотехнологій у птахівництві / О. М. Онищенко, М. М. Харитонов. // Таврійський науковий вісник. – 2016. – №95. – С. 112–123. *(особистий внесок: теоретичні дослідження, формулювання висновків)*.
3. Onyshchenko O. Integrated algae culture as multipurpose solution for small pheasant farms / Olena Onyshchenko. // Вісник ДДАЕУ. – 2016. – №1. – С. 88–94. *(особистий внесок: проведення експериментальних досліджень)*.
4. Онищенко О. М. Модель управління первинною продуктивністю водойм та скерованого культивування мікродоростей для раціонального використання акваресурсу / О. М. Онищенко, А. І. Дворецький. // Агробіологія. – 2017. – №2. – С. 110–117. *(особистий внесок: аналіз літератури, статистичний аналіз даних)*.
5. Onyshchenko O. Study on the optimal mixotrophic and heterotrophic conditions for lipid accumulation of *Chlorella vulgaris* / O. Onyshchenko, A. Dvoretzky. // Науково-технічний бюлетень НДЦ біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК. – 2017. – №3. – С. 10–15. *(особистий внесок: проведення експериментальних досліджень)*.

**Статті у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз
та видань інших держав**

6. Onyshchenko O. Evaluation of growth and productivity characteristics of industrially promising microalgae species cultured on animal husbandry effluents / Olena Onyshchenko. // Revue Écologie-Environnement. – 2015. – №11. – С. 23–27. *(особистий внесок: проведення дослідження та інтерпретація результатів)*.
7. Онищенко Е. К вопросу о путях повышения эффективности наземных открытых систем культивирования микроводорослей [Електронний ресурс] / Елена Онищенко // Живые и биокосные системы . – 2015. – № 14. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.jbks.ru/archive/issue-14/article-11> *(особистий внесок: проведення теоретичного дослідження та інтерпретація результатів)*.
8. Onyshchenko O. M. Case study on cost-effective and environmentally safe measures for chicken manure treatment for Ukrainian poultry sector / O. M. Onyshchenko, M. M. Kharitonov. // Materials of International Symposium ISB-INMA TECH. – Buharest: 2016. – С. 323–330. *(особистий внесок: аналіз літератури, обробка та аналіз даних)*.

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

9. Онищенко О. М. Вплив антропогенного стоку на екологічні особливості продукції нижчих автотрофів Дніпровського водосховища / О. М. Онищенко, А. С. Кириленко, А. І. Дворецький. // Матеріали VI Міжнародної науково – практичної конференції молодих вчених «Екоінтелект – 2011». Дніпро. – 2011. – С. 62–63. *(особистий внесок: аналіз результатів)*.
10. Онищенко О. М. Дослідження можливості використання відходів тваринництва для отримання дешевих та ефективних поживних середовищ для культивування хлорели / О. М. Онищенко, А. І. Дворецький, А. С. Кириленко. // Матеріали VI Міжнародної науково – практичної конференції

молодих вчених «Екоінтелект –2012». Дніпро. – 2012. – С. 131. *(особистий внесок: аналіз результатів)*.

11. Онищенко О. М. Перспективи використання стоку тваринництва для скерованого культивування мікроводоростей / Олена Михайлівна Онищенко. // Матеріали міжнар. молодіжної наукової конф. «Нові Вавілови, нові Квасницькі». Полтава. – 2013. – С. 58–59. *(особистий внесок: проведення дослідження)*.
12. Онищенко О. М. Роль аквакультури у забезпечуючих галузях екологічного та органічного агровиробництва / О. М. Онищенко, А. І. Дворецький. // Матеріали доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Природне агровиробництво в Україні: проблеми становлення, перспективи розвитку». Дніпро. – 2015. – С. 402-403. *(особистий внесок: аналіз результатів)*.
13. Онищенко О. М. Біотехнології культивування нижчих автотрофів для забезпечення потреб тваринництва — історія та перспективи розвитку / О. М. Онищенко, А. І. Дворецький. // Матеріали VI Науково-Практичної конференції «Біологічні дослідження». Житомир. – 2015. – С. 454–455. *(особистий внесок: аналіз результатів)*.
14. Онищенко О. Використання процесу прямого осмосу для виробництва пасти хлорели як кормового компоненту для сільськогосподарських тварин / О. Онищенко, Г. Бландін, А. Дворецький. // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції викладачів і студентів «Актуальні аспекти біології тварин, ветеринарної медицини та ветеринарно-санітарної експертизи». Дніпро. – 2017. – №2. – С. 139–141. *(особистий внесок: проведення експериментального дослідження)*.
15. Design and evaluation of a forward osmosis microalgae bioreactor to combined microalgae dewatering and wastewater reuse / O. Onyshchenko, G. Blandin, J. Comas, A. Dvoretzky. // Materials of 10th World Congress of Chemical

Engineering. Barcelona. – 2017. – С. 1616. (*особистий внесок: проведення експериментального дослідження*).

ANNOTATION

Onyshchenko O.M. Development of technology of microalgae suspension production as ecologically clean source of micronutrients for poultry. - Qualifying scientific work on the rights of manuscripts

Thesis for a candidate degree in agricultural sciences (doctor of philosophy) in specialty 03.00.16 "Ecology" - Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University, Dnipro, 2018.

Scientific novelty of the obtained results is determined by the fact that for the first time the study of cultivation of *Chlorella spp.* with constant addition of the nutrient medium and constant density of the suspension at stable levels of light supply characteristic of latitudinal zonations of Ukraine on the use of organo-mineral components of livestock as the basis of the nutrient medium. The system for calculating optimal technological parameters of cultivation of *Chlorella spp.* was first proposed. for bioremediation of the main nutrients and reduction of organic contamination levels with the characteristic of the stock of poultry production facilities.

The practical value of the results obtained is to develop the cultivation process of *Chlorella spp.* using the organo-mineral component of the stock of poultry complexes in conditions corresponding to the climatic-meteorological conditions of Ukraine, which makes it possible to obtain a higher 3–5 times output of biomass from the area of ponds. When integrating the cultivating system of *Chlorella spp.* In a farm ecosystem (poultry complex) at the production of 1 kg of biomass, which can be effectively used as environmentally safe feed additives, it is possible to efficiently utilize 120–150 grams of carbon in the form of dissolved organic matter, 77 grams of nitrogen and 15 grams of phosphorus and prevent their potential emissions and the load on the surrounding agroecosystems.

The technology of obtaining and applying chlorella suspension to meet the needs of a small poultry farm (for example, pheasant) provides an increase in the quality of production, namely, the obtaining of eggs of higher incubation quality, in particular eggs of a larger mass (3,3–4,4%), with a significantly higher the content of vitamin A in yolk (2,7–5,3 times), and the improvement of the yield of young animals, in particular the increase in absolute growth rates in the first weeks after harvest (by 23,5 %) and waste utilization (litter).

The dissertation is devoted to solving ecologization problems by introducing aquaculture of lower plants in the agrarian sector, in particular the development of a method of cultivation and remediation and its integration into the structure of modern production of poultry production. According to the results of the analysis of published scientific research, it is determined that the issue of providing light and raising the levels of energy conversion in cultivation systems remains an urgent issue. The processes of light-dependent growth of algae cultures are reduced to the dependence of the limiting factor (light energy) on the concentration of culture, the individual optical characteristics of the microalgae suspension and the rate of growth of biomass, which in turn is close to maximum with a constant specific supply of light energy within the optimum per unit mass. The main developments in the direction of mathematical modeling of remediation of biogenes in the cultivation of microalgae on waste water of livestock complexes are analyzed. Regarding the possibility of using the organo-mineral part of livestock effluent as the basis for the culture medium and the use of the cultivation process of *Chlorella spp.*, The problem of optimization and harmonization of the process of remediation of the mineral and organic component of the environment with the level of light conversion, which is a limiting factor in the cultivation system, remains unresolved. it is precisely the efficiency of using solar energy and the need for space, therefore, limits the large-scale implementation of systems.

The composition of nutrient media on the basis of mineral salts and organo-mineral part of the residue of biogas digestion of chicken litter and liquid part of the

drain was studied, and optimal parameters of lighting, culture density and growth rate of nutrient medium were studied, a mathematical model for calculating optimal regimes of bioremediation in the cultivation of *Chlorella spp* .The most productive methods of cultivation using the medium based on the stock of livestock complexes were determined, which in the latitudinal regions of Ukraine could provide a sufficiently intensive process of bioremediation. Two methods of introducing biogenes under conditions that mimic the conditions of illumination on the floor stack, "fedbatch", an intensive way in which all the biogenic elements and the provision of cells with light energy are maintained at a stable level during the whole period of remediation, and the accumulation of cultivation, is standard, has been experimentally tested. A staggering extensive method of remedy that allows maintaining a stable increase in cell volume in volume and an average coefficient of cell growth rate at the level of 0,044 (R=0,94). In the accumulation culture, the average rate of cell division rate was 0,019 (R=0,90). The experimental results demonstrate that the indicated cultivation method is more effective in obtaining high levels of bioproductivity on the area.

Studies of the levels of conversion that can be achieved by stabilizing the optical density and maintaining the nutrient input at a stable level have shown a significant increase compared with the standard method, when the density of the culture corresponds to the level of illumination – at a low culture density (0,05–0,1 g/l) the efficiency was higher than the low levels of illumination (213,5 W/m²), at high density (0,1–1 g/l) and a high level of illumination (427 W/m²). The conversion of light energy and spatial productivity were significantly higher than the high density of culture and illumination.

Based on empirical data obtained during experimental studies included biological productivity levels for the intensity of sunlight 231,5–427 W/m² at 20–23 ° C with an average efficiency of photosynthetic conversion of 23,4 % at 20–120 g/m² per day.

Experimental study to determine the effectiveness of remediation of the main nutrients using organic and biogenically loaded runoff as a cultivation medium. The experiment was conducted under varying weather conditions with a constant composition of artificially prepared sewage, which according to the main parameters corresponds to the existing range in favorable temperatures, sunlight with a natural light day (7,5–25 °; 130–560 W/m²).

The volumetric productivity of *Chlorella vulgaris* biomass and the average integral growth rate were higher for cultivating cycles where the solar radiation conditions and the mean values of the temperature range were higher. Biomass concentration increased steadily during all cycles of cultivation, the maximum concentration of biomass was achieved in the last cycle – 0,93 g/l when the culture was selected only after the conditions limiting for the main nutrients (nitrogen, phosphorus).

It has been determined that in the process of bioremediation using *Chlorella spp.*, In waste waters with high content of organic matter and biogenic elements, a degree of purification can be provided that provides a standard biological treatment process. The ratio of the level of elimination of organic pollution to the increase of biomass, mgHCK mg of the cellular substance per day achieved during the cultivation was varied from cycle to cycle and in comparison with the typical biological treatment using active sludge for which the index varies from 0,2 to 0,5 and systems with elongate the aeration cycle (0,05–0,15) were satisfactory and indicated that the purification process was in accordance with generally accepted standards.

During the process of cleaning the biologically loaded runoff during the cultivation of *Chlorella spp.* At an optimum temperature of 18–23 ° C and the optimal integral value set in previous experiments, the absorption efficiency of ammonia nitrogen is 67,9–99,1%, and the absorption efficiency of inorganic phosphates is 87–99,5%.

According to the calculations, which are based on the empirical data obtained during the model experiments, the efficiency indicators of the proposed semi-

intensive cultivation process are calculated. Limit day productivity is 27–234 g/m² per day.

To calculate the material balance of the process controlled high-performance culture and the necessary input levels of nutrients, including wastewater composed of the poultry constructed equations that allow cells to calculate gross need for each factor. A model was proposed for three main nutrients (carbon, nitrogen and phosphorus) that takes into account the actual level of absorption or gross demand for a certain period of time.

The process calculated according to the proposed model of calculation showed the efficiency of transformation, ie fixation of nutrients by culture at the level of 87–92 %, full compliance of the experimental controlled process of biomass increase with the predicted performance indicators in the conditions of periodic addition of the substrate in the quantities calculated with the help of the proposed system of equations with high reliability (R=0.99).

To assess the impact on the material and energy, economic and environmental processes of the production of the effects of utilizing the excess of nutrients and carbon produced by large-scale and small-scale enterprises, primarily pest control units equipped with methane fusion plants, a simplified model for the transformation of biogens was proposed, from one hand, creates the greatest load on the environment, according to the estimates, and on the other hand, it is the efficiency of their transformation determines the performance of the links of the coils Microfiber licking.

According to the results of the analysis it is estimated that about 55–60 % of organic carbon is exposed to anaerobic degradation, and the proportion of nitrogen and phosphorus passing to the liquid phase reaches 90 %, thus relying on the data obtained during the study of the levels of fixation of nutrients in the process of cultivation of *Chlorella spp.* it is possible to predict, according to the proposed model, the transformation of the main nutrients at a level of at least 49–51 %.

At the same time, the reproduction of natural resource potential and substantially more effective use of anthropogenic energy subsidies are ensured.

An estimation of the proposed method for cultivating chlorella as a part of the utilization of the litter under the conditions of the farm (pheasant) was established and the possibility of remediation of nutrients from the litter was obtained by obtaining an aqueous extract for aerobic stabilization of the litter and use as the basis of the organo-mineral medium for the cultivation of microalgae.

According to the proposed scheme for calculating the levels of transformation of basic biogenes, it is established that the coefficient of transformation of nitrogen K1 corresponds to a value of 0,51–0,58, and for phosphorus it is 0,73–0,75, which means that phosphorus is better dissolved in water in the process of phosphate stabilization. Such distribution factors may also be explained by the partial restoration of nitrogen compounds, since nitrogen compounds are known to partially recover to gaseous products due to the activity of bacteria in an aqueous medium.

For nitrogen, the coefficient of assimilation of mineral compounds by chlorella was 0,83–0,95 (83–95 % of gross nitrogen was successfully absorbed by culture). For phosphorus the coefficient was 0,72–0,83.

In the course of the analysis of calculated predicted economic indicators, it was found that, under the existing conditions for producers, a separate biogas complex for the provision of poultry farms is not feasible, since the return on investment is low, the system only in combination with the algo complex for poultry farms with a throughput higher than 70 000 heads is satisfactory for investment conditions of Ukraine payback. In a small or private household, the introduction of chlorella cultivation is economically feasible in view of improving quality and feeding standards in the first place.

Key words: *poultry, microalgae, culturing, chlorella, environmental safety, utilization.*

LIST OF PUBLICATIONS OF APPLICANT

Scientific works, in which the basic results of the dissertation are published

1. Onishchenko O. M., Dvoretzky AI Microalgae as a renewable resource for the needs of agriculture // Bulletin of DSAEU. – 2013. - No. 2. - P. 48-50. (*personal contribution: conducting research, formulation of conclusions*).
2. Onishchenko O. M., Kharitonov M. M. Ecological-economic efficiency evaluation of introduction of anaerobic and photo-aerobic biotechnologies in poultry farming // Bulletin of Kherson Agrouniversity // Taurian Scientific Bulletin. - 2016. - No. 95. - P. 112-123. (*personal contribution: theoretical studies, formulation of conclusions*).
3. Onyshchenko O. Integrated alage culture as multipurpose solution for small pheasant farms // Bulletin of DSAEU. – 2016. – № 1 (39). – C. 13–19. (*personal contribution: carrying out of experimental researches*).
4. Onishchenko O. M., Dvoretzky AI Model for calculating of primary productivity for reservoirs and microalgae cultivation ponds for rational use and management of aquatic resources // Agrobiology. – 2017 - No. 2 (135). - P. 110-117. (*personal contribution: literature analysis, statistical analysis of data*).
5. Onyshchenko O., Dvoretzky A. Study on the optimal mixotrophic and heterotrophic conditions for lipid accumulation of *Chlorella vulgaris*// Science and Technology Bulletin of SRC for Biosafety and Environmental Control of AIC. – 2017. - № 5(3). – C. 10–15. (*personal contribution: carrying out of experimental researches*).

Articles in the editions included in the international science databases and publications of other countries

6. Onyshchenko O. Evaluation of growth and productivity characteristics of industrially promising microalgae species cultured on animal husbandry effluents // *Revue Écologie-Environnement* – 2015. – № 11. – P. 23–27. (*personal contribution: research and interpretation of results*).
7. Onishchenko E. M. On the question of ways to increase the efficiency of open-air microalgae cultivation systems // *Live and biobone systems*. – 2015. – No. 14. URL: <http://www.ibks.ru/archive/issue-14/article-11> (*personal contribution: conducting theoretical research and interpretation of the results*).
8. Onyshchenko O. M., Kharytonov M. M. Case study on cost-effective and environmentally safe measures for chicken manure treatment for Ukrainian poultry sector.:– Materials of International Symposium ISB-INMA TECH (Bucharest, 27-29 October, 2016), INMA: Bucharest. – 2016. – P. 323–330. (*personal contribution: analysis of literature, processing and analysis of data*).

Scientific works, that certify testing of the dissertation materials

9. Onischenko O. M., Kirilenko A. S., Dvoretzky A. I. Influence of anthropogenic runoff on ecological peculiarities of production of lower autotrophs of the Dnipro reservoir // Materials of the VI International Scientific and Practical Conference of Young Scientists "Ecointellect - 2011" Dnipro. – 2011. – P.62-63.
10. Onischenko O. M., Dvoretzky A. I., Kirilenko A. S. Investigating the possibility of using livestock wastes for obtaining cheap and effective nutrient media for cultivating chlorella // Materials of the VI International Scientific and Practical Conference of Young Scientists "Ecointellect -2012" – Dnipro. – 2012 – P. 131.
11. Onischenko O. M. Prospects for the use of livestock stock for directed microalgae cultivation // Materials of the international youth conference of young scientists and specialists "New times, new Vavilovs, new Kvasnytskyis" – Poltava. – 2013. – P. 58-59. (*personal contribution: analysis of results*).
12. Onischenko O. M., Dvoretzky A. I. The role of aquaculture in providing the branches of ecological and organic agricultural production // Materials of reports of the International scientific-practical conference "Natural Agro-production in

- Ukraine: problems of formation, prospects of development" – Dnipro. – 2015. – P. 402-403. (*personal contribution: analysis of results*).
13. Onischenko O. M., Dvoretzky AI Biotechnologies for the cultivation of lower autotrophs to meet the needs of livestock - History and prospects of development // Materials of the VI Scientific and Practical Conference "Biological Research" – Zhytomyr. – 2015. – P. 454-455. (*personal contribution: analysis of results*).
14. Onischenko O. M., Blandin, G., Dvoretzky AI Using the process of forward osmosis for the production of chloride paste as a feed component for farm animals. // Materials of the II International Scientific and Practical Conference of Teachers and Students "Actual aspects of animal biology, veterinary medicine and veterinary - sanitary examination" – Dnipro. – 2017. – P.139-141. (*personal contribution: analysis of results*).
15. Onyshchenko O. M., Blandin G., Comas. Q., Dvoretzky A. Design and evaluation of a forward osmosis microalgae bioreactor to combined microalgae dewatering and wastewater reuse // Materials of 10th World Congress of Chemical Engineering – Barcelona. – 2018. – P. 1616. (*personal contribution: conducting an experimental study*).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Abowei J. Salinity, dissolved oxygen, pH and surface water temperature conditions in Nkoro River, Niger Delta, Nigeria. *Advance Journal of Food Science and Technology*. 2010. No 1. P. 204 – 208.
2. Acien Fernandez F .G. Airlift-driven external-loop tubular photobioreactors for outdoor production of microalgae: assessment of design and performance . *Chem. Eng. Sci.* 2001. No 56. P. 2721-2732.
3. Agri-footprint BV. Agri-Footprint – Part 1 – Description of data – Version 1.0.. - Gouda :, 2003. – 76 p. URL: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj49oHtpI3dAhULpIsKHbQRALMQgAMIJSgA&url=http%3A%2F%2Fscholar.google.com.ua%2Fscholar_url%3Furl%3Dhttp%3A%2F%2Flcafood2014.org%2Fpapers%2F185.pdf%26hl%3Den%26sa%3DX%26scisig%3DAAGBfm3pUx-FB92V7V_BnN-8x1AZHqmEiQ%26noss1%3D1%26oi%3Dscholarr&usg=AOvVaw21ygW7iM68IsX4IfRX дата звернення 12.07.2018).
4. Agri-footprint BV. Agri-Footprint – Part 2 – Description of data – Version 1.0..- Gouda : 2003. – 45 p. URL: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj49oHtpI3dAhULpIsKHbQRALMQgAMIJSgA&url=http%3A%2F%2Fscholar.google.com.ua%2Fscholar_url%3Furl%3Dhttp%3A%2F%2Flcafood2014.org%2Fpapers%2F185.pdf%26hl%3Den%26sa%3DX%26scisig%3DAAGBfm3pUx-FB92V7V_BnN-8x1AZHqmEiQ%26noss1%3D1%26oi%3Dscholarr&usg=AOvVaw21ygW7iM68IsX4IfRXlxc1 (дата звернення 12.07.2018).

5. Andersen R.A. Algal Culturing Techniques. Burlington: Elsevier Academic Press, 2005. 578 p.
6. APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [edt. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) и Water Environment Federation (WEF)]. - Washington, DC : 1995. - 19th -835 p.
7. Arsan O., Davydov A., Sherbak V. Methods of hydroecological research of surface waters. Kiev: LOGOS, 2006. 408 p.
8. Asimov I. Photosynthesis. London: Basic Books, 1968. 368 p.
9. Aslan S., Kapdan I. Batch kinetics of nitrogen and phosphorus removal from synthetic wastewater by algae. *Ecological Engineering*. 2006.. Vol. 28, No 1. P. 64-70.
10. Audsley, E. S. Harmonisation of environmental life cycle assessment for agriculture. Final Report, Concerted Action AIR3–CT94–2028 / European Commission, DG VI Agriculture. - Brussels
 URL: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjGx4rLoo3dAhXRk4sKHTUNBUgQFjABegQICBAB&url=http%3A%2F%2Fwww.worldcat.org%2Ftitle%2Fharmonisation-of-environmental-life-cycle-assessment-for-agriculture-final-report-concerted-action-air3-ct94-2028%2Foclc%2F500038315&usg=AOvVaw1tgYqfywKIjQZU3sso6spJ> (дата звернення 12.07.2018).
11. Barsanti L., Gualtieri P. Algae anatomy, biochemistry and biotechnology. Boca Raton, CRC Press, 2005. 320 p.
12. BCH. (n.d.). Business rates - Industrial. BC Hydro website. URL: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad>

[=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiIjPysoo3dAhWswosKHXQ2AvQQFjAAegQIA BAB&url=https%3A%2F%2Fapp.bchydro.com%2Faccounts-billing%2Frates-energy-use%2Felectricity-rates%2Fbusiness-rates.html&usg=AOvVaw2TL-GjXS79Ogu22w-TjWd1](https://www.bchydro.com/accounts-billing/frates-energy-use/electricity-rates/business-rates.html) (дата звернення 12.07.2018).

13. Bellman W. D. The use of microbiological agents in upgrading waste for feed and food. London. 1983. 213 p.
14. Benemann F. R. Microalgae as a source of liquid fuels: Final Technical Report, Contract Deacos 81 ER 30014 [Report] / U.S. Department of Energy / Ed. Sheehan. 1982. 203 p.
15. Benemann J. Microalgae aquaculture feeds. *Journal of Applied Phycology*. 2012. Vol. 3, No 1. P. 233-245.
16. Borowitzka L. J., Borowitzka M. A. Industrial production: Methods and economics. *Algal and cyanobacterial biotechnology* / Ed. Cresswell R. C., Rees V., Shah H. New York: Longman Scientific & Technical, 1989. P. 294-316.
17. Borowitzka L.J. и Borowitzka M.A. Industrial production: Methods and economics. *Journal of Applied Phycology*. 2004. Vol. 16, No 2. P. 33–37.
18. Borowitzka M. A. Pharmaceuticals and agrochemicals from microalgae. *Chemicals from Microalgae* / Ed. Cohen Z. London: Taylor & Francis Group, 1999. P. 2058-2078.
19. Boyd Claude E Soil and Water Quality Management in Aquaculture Ponds . *INFOFISH International*. 1995. No3. P..234 – 242.
20. Burjesson P., Mattiasson B. Biogas as a resource-efficient vehicle fuel. *Trends Biotechnol.* 2006 . Vol. 26. P. 7–13.
21. Algal Culture from Laboratory to Pilot Plant / Ed. Burlew J.S. 1953 - 357 p.

22. Camacho Rubio F. A mechanistic model of photosynthesis in microalgae. *Biotechnol. Bioeng.*. 2003. Vol. 81. P. 459–473.
23. Carvalho A. P., Meireles L. A. Microalgae reactors: A review of enclosed systems and performances. *Biotechnology progress*. 2006 . Vol 3, No 1. P. 1490–1506.
24. Chaiwong K. Biochar production from freshwater algae by slow pyrolysis. *J. Sci. Technol.* 2012. Vol. 6, No 2. P. 186–195.
25. Chapelle A. *Alexandrium minutum* growth controlled by phosphorus. *Journal of Marine Systems*. 2010 . Vol. 83, No 3-4. P. 181-191.
26. Chaumont D. Biotechnology of algal biomass production: a review of systems for outdoor mass culture. *Journal of Applied Phycology*. 2003. Vol. 6, No 5. P. 593-604.
27. Chisti Y. Modern systems of plant cleaning. *Encyclopedia of food microbiology* / Ed. Robinson R., Batt C., Patel P. Birmingham: Academic Press, 1999. P. 1806 - 1815.
28. Chisti Y., Halard B., Moo-Young M. Liquid circulation in airlift reactors. *Chem. Eng. Sci.*. 1988. Vol. 43. P. 451–457.
29. Chu S. P. The influence of the mineral composition of the medium on the growth of planktonic algae. Part I. Methods and culture media. *Journal of Ecology*. 1942. Vol. 30. P. 284–325.
30. Chu S. P. The influence of the mineral composition of the medium on the growth of planktonic algae. Part II. Methods and culture media. *J. Ecol.* 2003. No 1. P. 325-336.
31. Combs G. F. Algae (*Chlorella*) as a Source of Nutrients for the Chick. *Science*. 1952 Vol. 116. P. 453-454.

32. Curran M.A. Broad-based environmental Life-Cycle Assessment. *Environmental Science and Technology*. 1993. No. 27. P. 430–436.
33. d'Orbcastel E. R., Blancheton J-P., Aubin J. Towards environmentally sustainable aquaculture: Comparison between two trout farming systems using Life Cycle Assessment. *Aquacultural Engineering*. 2009. Vol. 40, No 3. P. 113-119.
34. Davis P.A. et al. The annual cycle of growth rate and biomass change in *Planktothrix* spp. in Blelham Tarn, English Lake District. *Freshwater Biology*. 2003. Vol. 48. P. 852 – 867.
35. Dincer I. Environmental impacts of energy. *Energy Policy*. 1999. Vol. . 27. P. 845–854.
36. Dmitrov K. GreenFuel Technologies: Case study for industrial photosynthetic capture. Follow-up discussion. Follow-up discussion. 2008. URL: <http://www.nanostring.net/Algae/CaseStudyFollowup.pdf>. (дата звернення 12.07.2018).
37. Dugan G.L., Golneke C.G. и Oswald W.J. Poultry operation with an integrated sanitation waste materials recycling system. *Journal of Water Pollution Control Federation*. 1972. Vol. 44, No 3. P. 432-440.
38. Dunn N. The impact of animal nutrition on the environment. *Feed Mix*. 1999. Vol. 7, No 8. P. 10-11.
39. ELCD database. JRC-IES. 2012. URL: <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/ELCD3/> (дата звернення 12.07.2018).
40. Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines. 2004. URL: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad>

=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjo6YnDoY3dAhVqx4sKHff_CwYQFjAAegQIC
hAB&url=https%3A%2F%2Fwww.iso.org%2Fstandard%2F38498.html&usg=
AOvVaw3u6xfvpDLJVk1XpSqTgo-2 (дата звернення 12.07.2018).

41. FAO Livestock's long shadow. Environmental issues and options, 2001. URL: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0701e/a0701e.pdf>. (дата звернення 12.07.2018).
42. Farrell D. J. Matching poultry production with available feed resources: issues and constraints. *World's Poultry Science Journal*. 2005. Vol. 61, No 2. P. 287-293.
43. Fourest E., Volesky B. Alginate properties and heavy metal biosorption by marine algae. *Biochem. Biotechnol.* 1997. Vol. 67. P. 215–226.
44. Gilham R. W. и Webber L. R. Nitrogen Contamination of Groundwater. *Journal of Water Pollution Control Fed.* 1969. Vol. 1752, No 41. P. 83-88.
45. Gladue R.M., Maxey J.E. Microalgal feeds for aquaculture. *J. Appl. Phycol.* 1994. No 6. P. 593-604.
46. Global Industry Analytics Inc. Animal Feed Additives Market Report. 2016. URL: http://www.strategyr.com/Animal_Feed_Additives_Market_Report.asp. (дата звернення 12.07.2018).
47. González C. Effect of Solid Wastes Composition and Confinement Time on Methane Production in a Dump. *Journal of Environmental Protection*. 2011. No 2. P. 1310-1316.
48. Gonzalez L. E., Canizares R. O., Baena S. Efficiency of ammonia and phosphorus removal from a colombian agroindustrial wastewater by the microalgae *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus dimorphus*. *Bioresource Technology*. 1997. Vol. 60, No 3. P. 259-262.

49. Grigorova S. Dry biomass of freshwater algae of *Chlorella* genus in the combined forages for laying hens. *Journal of Central European Agriculture*. 2005. Vol. 6, No 4. P. 625-630.
50. Grobbelaar J. U. Turbulence in algal mass cultures and the role of light/dark fluctuation. *J. Appl. Phycol.* 1994. Vol. 6. P. 331-335.
51. Halle S. et. all. Effect of microalgae *Chlorella vulgaris* on laying hen performance. *Arch. Zootechnica*. 2009 г. Vol. 12. P. 5-13.
52. Hongyang S. et. all Cultivation of *Chlorella pyrenoidosa* in soybean processing wastewater. *Bioresour. Technol.* 2011. No 102. P. 9884–9890.
53. Huang B., Hong H., Chen L. The physiological effects of different N-P ratios on algae in semicontinuous culture. *Asian Mar. Biol.* . Vol. 11. P. 137–142.
54. Huang Z. et. all. Growth-inhibitory and metal-binding proteins in *Chlorella vulgaris* exposed to cadmium or zinc. *Aquat. Toxicol.* 2009. Vol. 91. P. 54–61.
55. Humberg K., Romer S., Senger H. Evidence for the essential role of carotenoids in assembly of an active PS II. *Planta*. No 179. P. 242 -250.
56. ILCD handbook – Specific guide for Life Cycle Inventory data sets. Luxembourg, JRC-IES, 2010. 350 p. URL: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewip9KH3oI3dAhXwsIsKHRF1AQ4QFjAAegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Fpublications.jrc.ec.europa.eu%2Frepository%2Fbitstream%2FJRC48157%2FIlcd_handbook-general_guide_for_lca-detailed_guidance_12march2010_isbn_fin.pdf&usg=AOvVaw2c5woGCXNyXNT7GS-X_yQa (дата звернення 12.07.2018).
57. Janczyk P. et all. Effect of feed supplementation with *Chlorella vulgaris* powder on mice reproduction. *Archiva Zootechnica*. 2005 г.. Vol. 6, No 4. P. 625-630.

58. Javanmardian M., Palsson B. High-density photoautotrophic algal cultures: design, construction, and operation of a novel photobioreactor system. *Biotechnology & Bioengineering*. 1991. Vol. 38. P. 1182-1188.
59. Javanmardian M., Palsson B. O. Continuous photoautotrophic cultures of the eukaryotic alga *Chlorella vulgaris* can exhibit stable oscillatory dynamics. *Biotechnol. Bioeng.* 1991. Vol. 39. P. 487-497.
60. Jeanfils J., Canisius M. F., Burlion N. Effect of high nitrate concentrations on growth and nitrate uptake by free-living and immobilized *Chlorella vulgaris* cells. *J. Appl. Phycol.* 1993. Vol. 5. P. 369-374.
61. Kok B. Experiments on photosynthesis by *Chlorella* in flashing light. *Algal Culture, from Laboratory to Pilot Plant* / Ed. Burlew J. S. 1953. P. 63-75.
62. Leon-Banares R. et. all. Transgenic microalgae as green cell-factories. *Trends Biotechnol.* . 2004. Vol. 22. P. 45-52.
63. Levich A.P. Variational modelling theorems and algocoenoses functioning principles. *Ecological Modelling*. 2000. Vol. 131. P. 207 - 227.
64. Li Q., Du W., Liu D.H. Perspectives of microbial oils for biodiesel production. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2008. Vol. 80. P. 749-756.
65. Li Y.Q. et. all. Effects of nitrogen sources on cell growth and lipid accumulation of green alga *Neochloris oleoabundans*. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2008. Vol. 81. P. 629-636.
66. Life-cycle-assessment of industrial scale biogas plants: Gottingen. 2006. URL:<http://ediss.uni-goettingen.de/bitstream/handle/11858/00-1735-0000-0006-AEBF-9/hartmann.pdf?sequence=1>. (дата звернення 12.07.2018).

67. Lipstein B. и Hurwitz S. The nutritional and economic value of algae for poultry. *Algae Biomass* / Ed. Shelef G., Soeder C-J. Amsterdam: Elsevier/North-Holland Biomedical Press, 1980. P 128 – 172.
68. Liu X., Clarens A. F., Colosi L. M. Algae biodiesel has potential despite inconclusive results to date. *Bioresour. Technol.* 2012. Vol. 104. P. 803–806.
69. Livestock's long shadow. Environmental issues and options [Report] / FAO. - Rome, 2002. 201 p. URL: https://www.google.com/books?hl=en&lr=&id=1B9LQQkm_qMC&oi=fnd&pg=PP18&dq=Livestock%E2%80%99s+long+shadow.+Environmental+issues+and+options+%5BReport%5D+FAO.+Rome,+2002.+201+p.&ots=LOX-fXePmE&sig=rj6vck3b-W49Mo6q4YjV3_AIfx0 (дата звернення 12.07.2018).
70. Millman A.M., Scragg A.H., Shales S.W. Increase in Chlorella strains calorific values when grown in low nitrogen medium. *Enzyme Microb. Tech.* . 2000. Vol. 27. P. 631– 635.
71. Manual on the production and use of live food for aquaculture [Report] / FAO. - Rome, 2006. 208 p. URL: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19971409717> (дата звернення 12.07.2018).
72. Merchuk J. C., Shechter R. Modeling of an Airlift Reactor with Floating Solids for Wastewater Treatment. *Can. J. Chem. Eng.* 2003. Vol. 81, No.3. P. 90-94.
73. Methods for biomass production. In: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Baltimore, MD: American Public Health Association, 1998. 541 p.
74. Molina Grima E. et. all. Scale-up of tubular photobioreactors. *J. Appl. Phycol.* 2000. No. 12. P. 355-368.

75. Molina Grima E. Microalgae, mass culture methods. *Encyclopedia of bioprocess technology: fermentation, biocatalysis and bioseparation* / Ed. Flickinger M. C., Drew S. W: Wiley, 1999. P. 195-233.
76. Molina-Grima E. et. all. Photobioreactors: light regime, mass transfer, and scaleup. *J. Biotechnol.* 1999. Vol. 70. P. 231-247.
77. Monod J. The Growth of Bacterial Cultures. *Annual Review of Microbiology.* 1949. No 1. P. 371-394.
78. Myers J. Influence of light intensity on photosynthetic characteristics of Chlorella. Influence of light intensity on photosynthetic characteristics of Chlorella. *Photosynthesis.* 1946. Vol. 29, No 1. P. 429-440.
79. Novoveská Lucie et. all. Optimizing microalgae cultivation and wastewater treatment in large-scale offshore photobioreactors. *Algal Research.* 2016. No 18. P. 86–94.
80. Ogbonna C., Yada H., Tanaka H. Kinetic study on light-limited batch cultivation of photosynthetic cells. *Ferment. Bioeng.* 1995. Vol. 80. P. 259 – 264.
81. Ogbonna J. C., Tanaka H. Cyclic autotrophic/heterotrophic cultivation of photosynthetic cells: A method of achieving continuous cell growth under light/dark cycles. *Bioresource Technology.* 1998. Vol. 65. P. 65-72.
82. Olaizola M. Commercial development of microalgal biotechnology: from the test tube to the marketplace. *Biomolecular Engineering.* 2003. No 20. P. 459-466.
83. Oswald J. et. all. Algae in waste treatment. *Sewage Ind. Wastes.* 1957. Vol. 29. P. 437–457.

84. Piedrahita R.H. Modeling water quality in aquaculture ecosystems. *Aquaculture and Water Quality* / Ed. Brune D. E., Tomasso J. R. 1991. P 322-362.
85. Pienkos P.T., Darzins A. The promise and challenges of microalgal-derived biofuels. *Biofuels Bioproducts & Biorefining-Biofpr*. 2009. Vol. 3. P. 431-440.
86. Power S., Couturier C. Public perceptions and attitudes towards aquaculture: a case study in urban Newfoundland: Proceedings of Aquaculture Canada. 2005. P. 486.
87. Praveen P., Heng J.Y.P., Loh K.-C. Tertiary wastewater treatment in membrane photobioreactor using microalgae: Comparison of forward osmosis & microfiltration. *Bioresource Technology*. 2016. Vol. 222. P. 106-111.
88. Pulz O. Photobioreactors: production systems for phototrophic microorganisms. *Appl. Microbiol. Biotechnol*. 2001. Vol. 57. P. 287-293.
89. Ramkumar K., Palsson O. Elemental balancing of biomass and medium composition enhances growth capacity in high density *Chlorella vulgaris* cultures. Michigan: University of Michigan. 1998. 27 p.
90. Richmond A. Biological Principles of Mass Cultivation. *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology* / Ed. Boushy A. H. Washington: Springer science. 2004. P. 125-177.
91. Ruiz-Marin A., Mendoza-Espinosa L. G., Stephenson. T Growth and nutrient removal in free and immobilized green algae in batch and semi-continuous cultures treating real wastewater. *Bioresource Technology*. 2010. No 101. P. 58-64.

92. Sanchez Miron A. et. all. Comparative evaluation of compact photo-bioreactors for large-scale monoculture of microalgae. *J. Biotechnol.* 1999 г. Vol. 70. P. 249-270.
93. Sheehan J. et. all. A look back at the U.S. Department of Energy's Aquatic Species Program - biodiesel from algae: Report NREL/TP-580-24190 [Report] / National Renewable Energy Laboratory. Golden, CO. 2003. 234 p. URL: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiK_5uro43dAhXjpYsKHSghD0wQFjAAegQIChAC&url=https%3A%2F%2Fwww.nrel.gov%2Fdocs%2Flegosti%2Ffy98%2F24190.pdf&usq=AOvVaw3eCDrkWrjziD5sr56b5qHv (дата звернення 12.07.2018).
94. Shibata S. et. all. Hypocholesterolemic mechanism of Chlorella: Chlorella and its indigestible fraction enhance hepatic cholesterol catabolism through up-regulation of cholesterol 7 α -hydroxylase in rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 2007. P. 916-925.
95. Spellman F. R. Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations. Suite, CRC Press, 2013. 923 p.
96. Spolaore P. et. all. Commercial applications of microalgae. *J. Biosci. Bioeng.* 2006. No 101. P. 87-96.
97. Tam N. F., Wong Y. Effect of ammonia concentrations on growth of chlorella vulgaris and nitrogen removal from media. *J. Appl. Phycol.* 1996. Vol. 57. P. 369–374.
98. Tamiya H. Growth and cell division of Chlorella. *Synchrony in cell division and growth* / Ed. Zeuthen E. New York: Wiley Interscience, 1964. P 579-587.
99. Terry K. L., Raymond L. P. System design for the autotrophic production of microalgae. *Enzyme Microb. Technol.* 1985. No 7. P. 474-487.

100. Thuman W. Assessing the Environmental Impact of Farm Policies. *Env. Safety*. 1995. No 1. P 321- 331.
101. Tredici M. Bioreactors. *Encyclopedia of bioprocess technology: fermentation, biocatalysis and bioseparation* / Ed. Flickinger M. C. и Drew S. W. : Wiley, 1999. P. 123-165.
102. Vunjak-Novakovic G. et. all Air-Lift Bioreactors for Algal Growth on Flue Gas: Mathematical Modeling and Pilot-Plant Studies [Report] / Massachusetts Institute of Technology. - Massachusetts: 2001. URL: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjnvsqxpI3dAhXvsIsKHQevBJQQFjACegQICBAC&url=http%3A%2F%2Fwww.artmedialab.com%2F_portfolio%2Fgreenfuel%2Fwww%2Fgf_files%2FIECR.pdf&usg=AOvVaw2hxSpjpYK2X0XUbU3FRL7U (дата звернення 12.07.2018).
103. Weissman F. C., Goebel R. P. Design and analysis of microalgal open pond systems for the purpose of producing fuels (Report SER1/STR-231 -2840 (Contract No. DE-AC02-83CH10093, subcontract No. XK-3-031S3-1) [Report] / Solar Energy Research Institute. - Golden, CO. 1987. 214 p. URL: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjXm7m9pI3dAhXI-ioKHTp_BjYQFjAAegQIABAC&url=https%3A%2F%2Fwww.nrel.gov%2Fdocs%2Flegosti%2Fold%2F2840.pdf&usg=AOvVaw2Jj8fSd7nWmECe8YcJPXkd (дата звернення 12.07.2018).
104. Weissman F. C., Goebel R. P. Production of liquid fuels and chemicals by microalgae (Report SERI/STR-231-2649, Subcontract No. XK-3-03136, Contract No. DE-AC02-83CH10093) [Report] / Solar Energy Research Institute. – Golden. 1984. 116 p. URL: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1>

&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj8rKDTpI3dAhVqkIsKHac7BnAQFjAAeg
QIABAC&url=https%3A%2F%2Fwww.nrel.gov%2Fdocs%2Flegosti%2Fold
%2F2649.pdf&usg=AOvVaw0tzn0qgjC4cUjYvc46d91p (дата звернення
12.07.2018).

105. Widjaja A., Chien C.C., Ju Y.H. Study of increasing lipid production from fresh water microalgae *Chlorella vulgaris*. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 2009. Vol. 40. P. 13-20.
106. Wiedmann T., Minx J. A definition of carbon footprint. *Ecological Economics Research Trends* / Ed. Pertsova C. C. Hauppauge, NY : Nova Science Publishers, 2008. P. 1-11.
107. Williams A. G., Audsley E. и Sandars D. L. Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities [В Інтернеті] // Defra Research Project IS0205. - 2006 г.. - [http://www. agrilca.org](http://www.agrilca.org). (дата звернення 12.07.2018).
108. Wu. I Water Quality International Water quality international '96. Part 8: river basin management; management and institutional affairs; environmental engineering education. *Water Science and Technology*. 1996. No 1. P. 0273-1223.
109. Xiao R. et. all. A comparative transcriptomic study of vitamin E and an algae-based antioxidant as antioxidative agents: investigation of replacing vitamin E with the algae-based antioxidant in broiler diets. *Poult Sci*. 2011. Vol. 90, No 1. P. 136-146.
110. Анисимов О. Л., Филипповский Ю. Н., Скотников Г. С. Фотоэнергетические характеристик биосинтеза хлореллы в опытно-промышленных культиваторах. *Микробиологический синтез*. 1978. №. 8. С. 33–35.

111. Базанова М. И. Некоторые специальные требования к непрерывным культурам микроводорослей, применяемых в биологических системах регенерации кислорода и воды. *Проблемы создания биолого - технических систем жизнеобеспечения человека: материалы рабочего совещания по вопросу круговорота веществ в замкнутой системе на основе жизнедеятельности низших организмов*. Киев : "Наукова думка", 1968. С. 113.
112. Базякина Н. А. Очистка промышленных концентрированных сточных вод. Москва: Госстройиздат, 1958. 80 с.
113. Белянин В. Н. Светозависимый рост низших фототрофов (в управляемых условиях. Новосибирск: Наука, 198. 84 с.
114. Белянин В. Н., Тренкеншу Р. П., Сидоко Ф. Я. Вопросы управления биосинтезом низших растений/ под ред. Терсков И. А. Новосибирск: Наука Сиб. отд-ние, 1982. 153 с.
115. Бовсуновський В. Особливості розвитку ринку продукції в Українію. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва України* . 2012. С. 108.
116. «Державні санітарні правила планування та за- будови населених пунктів». -: Наказ МОЗ України від 19.06.1996 р. № 173 . URL: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiVwK7yo43dAhWPw4sKHSQqArMQFjAAegQIBxAB&url=http%3A%2F%2Fzakon.rada.gov.ua%2Fgo%2Fz0379-96&usg=AOvVaw0aLt3WLSuM20bkk02QCyоА>(дата звернення 12.07.2018).
117. «Про екологічну експертизу». -: Закон України . від 09.02.1995 № 45/95-ВР (Редакція станом на 18.12.2017) URL:

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj_kbf5o43dAhWrposKHSnmBoQQFjABegQIBBAB&url=http%3A%2F%2Fsearch.ligazakon.ua%2Fdoc2.nsf%2Flink1%2FZ950045.html&usg=AOvVaw1cqeyYmXtPk3LjHRDSGK7e(дата звернення 12.07.2018).

118. Богданов Н. И. Суспензия хлореллы в рационе сельскохозяйственных животных [Книга] / под ред. Зубриянов В. Ф. и Черванев В. А. Пенза: [б.н.], 2007. 48 с.
119. Буриев С., Хакимжанов Х. Культивирование протококковых водорослей на сточных водах животноводческих комплексов. Ташкент: ФАН, 1980. 123 с.
120. Буряк Р. І. Управління якістю продукції птахівництва: дис... канд. екон. наук 14.00.16 / Таврійський державний агроуніверситет. 2003. 211 с.
121. Бусенко О. Т. Технологія виробництва продукції тваринництва: Підручник. Київ: Аграрна освіта, 2001. 432 с.
122. Вертійчук А. І. Шляхи подальшого розвитку птахівництва в Україні. *Ефективне птахівництво*. 2008. Т. 47, № 11. С. 3—5.
123. Винберг Г.Г., Сивко Г. Н., Остапеня Г. В. Очистка сточных вод в биологических прудах. Минск: Издательство БССР, 1966. 321 с.
124. Газенко О., Кальвин М. Космическая медицина и биотехнология. Москва: «Наука», 1975. 375 с.
125. Герасименко В. Г., Мерзлов С. В. Екологічні основи безвідходних технологій: Методичні вказівки та робочий зошит до виконання

лабораторно-практичних робіт для студентів зі спеціальності 7.070.801 - екологія. - Біла Церква. 2006. 36 с.

126. Герман В.В. Екологічні проблеми у птахівництві України. *Агроекологічний журнал*. 2010. Т. Спецвипуск. С. 51–53.
127. Дворецький А.І., Байдак Л.А. Перспективи авкавкультурі в умів космічного польоту. *Рибогосподарською Наука* . 2009 . № 2. С. 35-38.
128. Дорогунцов С. І., Хвостик М. А., Головинський І. Л. Водні ресурси України (проблеми теорії та методології). Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2002. 178 с.
129. ДСТУ 7526:2014 Послід пташиний. Технології переробляння на органічні та органо – мінеральні добрива високотемпературним методом. Загальні вимоги; ДСТУ 7527:2014 Послід птиці. Технології біологічного переробляння. Загальні вимоги.
130. Золотарьова О. В. Перспективи використання мікроводоростей у біотехнології. Київ: “Альтерпрес”, 2008. 235 с.
131. Лавров И. В., Мельник А. В. Некоторые специальные требования к непрерывным культурам микроводорослей в биологических системах регенерации кислорода и воды. *Проблемы создания биолого-технических систем жизнеобеспечения человека*. Новосибирск : Наука. 1975. С 153-175.
132. Лакида П., Глетуха Г., Василишин Р. Енергетичний потенціал біомаси в Україні. Київ: Видавничий центр НУБіП, 2011. 46 с.
133. Лакіда І. Значення інноваційного розвитку для птахівництва . Сучасний стан виробництва м'яса птиці в Україні та перспективи

розвитку. *Міжвідомчий науковий тематичний збірник "Птахівництво"*. 2012 г. Т. 61. С. 15-17.

134. Марушевський Г. Висока ресурсо- та енергоємність української економіки як загроза сталості розвитку. Формування основних засад сталого розвитку України, стратегія соціально-економічних перетворень [Раздел книги] // Стратегічні пріоритети. Аналітичні оцінки / ред. Наукова Думка. - Київ : [б.н.], 2006.
135. Мельничук С., Гончар Р. Безпечні продукти умова СОТ/С. *Агросектор*. 2007. Т 23, № 9. С. 204-205.
136. Москвитин Э. В. Селекция хлореллы для выращивания на естественных органических средах: материалы рабочего совещания по вопросу круговорота веществ в замкнутой системе на основе жизнедеятельности низших организмов. г. Киев : Наукова Думка, 1968. С. 105.
137. Музафаров А. М., Таубаев Т. Т. Культивирование и применение микроводорослей. Ташкент: ФАН, 1948. 133 с.
138. Присяжнюк М. В., Зубець М. В., Саблук П. Т. Аграрний сектор економіки України (стан і перспективи розвитку). Київ: ННЦ ІАЕ, 2011. 1008 с.
139. Рахимов А. Р. и Якубов Х. Ф. О некоторых биохимических свойствах штаммов хлореллы и сценедесмуса, выращенных в различных условиях питания [Раздел книги] // Культивирование водорослей и высших водных растений в Узбекистане. - Ташкент : ФАН, 1978.
140. Салиев Р. Б. Комплексное использование солнечной энергии при построении водохозяйственной опреснительной системы. *Гелиотехника*. 1977. № 3. С. 64-72.

141. Сальникова М. Я. Хлорелла новый вид корма. Москва: Колос, 1979. 93 с.
142. Селяметов Р.А. Рекомендации по применению витаминных кормов в животноводстве Узбекистана. Ташкент: ФАН, 1968. 18 С.
143. Сидько Ф. Я. О влиянии некоторых фотопериодичностей на продуктивность микроводоросли хлореллы: материалы рабочего совещания по вопросу круговорота веществ в замкнутой системе на снове жизнедеятельности низших организмов. Киев : «Наукова думка», 1968. С. 102 -205.
144. Столяр .А. [и др.] Клеточная технология выращивания бройлеров. *Сучасне птахівництво*. 2007. Т. 56, № 7. С. 11-14.
145. Тваринництво 1990-2013 рр. [В Інтернеті] // Державний комітет статистики України. - 2013 г.. - http://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2006/sg/sg_rik/sg_u/zp_u.html. - Тваринництво.
146. Терсков И. А. Вопросы управления биосинтезом низших растений. Новосибирск: НАДЗАТ СИБ.ОТ Ин-т. Биофизики, 1982. 135 с.
147. Технічний звіт з оцінки потенціалу відновлюваної енергетики в Україні: Біогаз [В Інтернеті]. - 2011 г.. - http://www.uself.com.ua/fileadmin/documents/UBiogas_Technical_Report.pdf.
148. Упитис В. В. Макро- и микроэлементы в оптимизации минерального питания микроводорослей. / под ред. Ноллендорф А.Ф. Рига: Зинатне, 1983. 240 с.

149. Фурсова В.П., Левичев А.П. Дифференциальные уравнения в моделировании сообществ микроорганизмов. *Успехи современной биологии*. 2006. № 2. С. 149 -179.
150. Хиггинса И., Бест Д., Джонс Дж. Биотехнология. Принципы и применение. М : Мир, 1988. 480 с.
151. Терещенко О.В. Україна і світові тенденції розвитку ринку племінного птахівництва: [Електронний ресурс] / О.В.Терещенко, О.О. Катеринич, О.В.Рожковський. – Режим доступу: // www.avian.org.ua/
152. Цоглин Л.Н. Управление биосинтезом хлореллы и проблема воспроизводства пищи и веществ в замкнутой системе: материалы рабочего совещания по вопросу круговорота веществ в замкнутой системе на основе жизнедеятельности низших организмов. Киев : «Наукова думка», 1968. С. 113.
153. Швецов А. А., Швецова Е. С. Использование *Chlorella vulgaris* в комбикормах для бройлеров. *Аграрная наука*. 2008. № 10. С. 25 – 26.
154. Шевченко І., Павліченко В., Ляшенко О. Напрямки раціонального використання органічних відходів тваринництва. *Техніка та технології АПК*. 2011. Т. 16, № 1. С. 8-11.
155. Шевченко І., Павліченко В. Аналіз технологій виробництва білково-вітамінних кормових добавок. *Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві*. 2012. № 2. С. 3.
156. Шлегель Г. Общая микробиология: Пер. с нем /Г.Шлегель. Москва: Мир, 1987. 567 с.
157. Эдвардс Д., Уокер Д. Фотосинтез С3 - и С4 растений: механизмы и регуляция. - Москва: Мир, 1986. 590 с.

158. Эргышев А. М. А. М. Музафаров – Ученый, организатор и воспитатель: материалы VIII конференции по спорным растениям Средней Азии и Казахстана, Ташкент : ФАН, 1989. С. 167.
159. Ярошенко Ф. О. Птахівництво України: стан, проблеми і перспективи розвитку. Київ: “Аграрна наука”, 2004. 502 с.
160. Яценко С. В. Екологічна оцінка очистки та знезараження стічних вод птахокомплексу. Київ: Інститут агроєкології НААН України, 2001. 132 с.

ДОДАТОК Д

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИЙ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації у наукових фахових виданнях України

1. Онищенко О. М. Мікроводорості як відновлюваний біологічний ресурс для потреб сільського господарства / О. М. Онищенко, А. І. Дворецький. // Вісник ДДАЕУ. – 2013. – №2. – С. 48–50.
2. Онищенко О. М. Оцінка економічної та екологічної ефективності впровадження анаеробних та фотоаеробних біотехнологій у птахівництві / О. М. Онищенко, М. М. Харитонов. // Таврійський науковий вісник. – 2016. – №95. – С. 112–123.
3. Onyshchenko O. Integrated algae culture as multipurpose solution for small pheasant farms / Olena Onyshchenko. // Вісник ДДАЕУ. – 2016. – №1. – С. 88–94.
4. Онищенко О. М. Модель управління первинною продуктивністю водойм та скерованого культивування мікроводоростей для раціонального використання акваресурсу / О. М. Онищенко, А. І. Дворецький. // Агробіологія. – 2017. – №2. – С. 110–117.
5. Onyshchenko O. Study on the optimal mixotrophic and heterotrophic conditions for lipid accumulation of *Chlorella vulgaris* / O. Onyshchenko, A. Dvoretzky. // Науково-технічний бюлетень НДЦ біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК. – 2017. – №3. – С. 10–15.

**Статті у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз
та видань інших держав**

6. Onyshchenko O. Evaluation of growth and productivity characteristics of industrially promising microalgae species cultured on animal husbandry effluents / Olena Onyshchenko. // *Revue Écologie-Environnement*. – 2015. – №11. – С. 23–27.

7. Онищенко Е. К вопросу о путях повышения эффективности наземных открытых систем культивирования микроводорослей [Электронный ресурс] / Елена Онищенко // Живые и биокосные системы . – 2015. – № 14. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.jbks.ru/archive/issue-14/article-11>
8. Onyshchenko O. M. Case study on cost-effective and environmentally safe measures for chicken manure treatment for Ukrainian poultry sector / O. M. Onyshchenko, M. M. Kharitonov. // Materials of International Symposium ISB-INMA TECH. – Buharest: 2016. – С. 323–330.

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

9. Онищенко О. М. Вплив антропогенного стоку на екологічні особливості продукції нижчих автотрофів Дніпровського водосховища / О. М. Онищенко, А. С. Кириленко, А. І. Дворецький. // Матеріали VI Міжнародної науково – практичної конференції молодих вчених «Екоінтелект – 2011». Дніпро. – 2011. – С. 62–63.
10. Онищенко О. М. Дослідження можливості використання відходів тваринництва для отримання дешевих та ефективних поживних середовищ для культивування хлорели / О. М. Онищенко, А. І. Дворецький, А. С. Кириленко. // Матеріали VI Міжнародної науково – практичної конференції молодих вчених «Екоінтелект –2012». Дніпро. – 2012. – С. 131.
11. Онищенко О. М. Перспективи використання стоку тваринництва для скерованого культивування микроводорослей / Олена Михайлівна Онищенко. // Матеріали міжнар. молодіжної наукової конф. «Нові Вавілови, нові Квасницькі». Полтава. – 2013. – С. 58–59
12. Онищенко О. М. Роль аквакультури у забезпечуючих галузях екологічного та органічного агровиробництва / О. М. Онищенко, А. І. Дворецький. // Матеріали доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Природне агровиробництво в Україні: проблеми становлення, перспективи розвитку». Дніпро. – 2015. – С. 402-403.

- 13.Онищенко О. М. Біотехнології культивування нижчих автотрофів для забезпечення потреб тваринництва — історія та перспективи розвитку / О. М. Онищенко, А. І. Дворецький. // Матеріали VI Науково-Практичної конференції «Біологічні дослідження». Житомир. – 2015. – С. 454–455.
- 14.Онищенко О. Використання процесу прямого осмосу для виробництва пасти хлорели як кормового компоненту для сільськогосподарських тварин / О. Онищенко, Г. Бландін, А. Дворецький. // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції викладачів і студентів «Актуальні аспекти біології тварин, ветеринарної медицини та ветеринарно-санітарної експертизи». Дніпро. – 2017. – №2. – С. 139–141.
- 15.Design and evaluation of a forward osmosis microalgae bioreactor to combined microalgae dewatering and wastewater reuse / O. Onyshchenko, G. Blandin, J. Comas, A. Dvoretzky. // Materials of 10th World Congress of Chemical Engineering. Barcelona. – 2017. – С. 1616.