Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 2, 83-88
ISSN 2663-1334 (print), ISSN 2663-1342 (online), www.journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnica

DOI: 10.31548/machenergy.2019.02.083-088

УДК 639.3.06

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИХОДУ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ОСАДУ В УСТАНОВКАХ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ АКВАКУЛЬТУРИ

Г. А. Голуб[1], О. А. Завадська[1], С. Д. Щербак[2]

[1]Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.
[2]ПП «Стерлядь», Україна.

Кореспонденція авторів: gagolub@ukr.net, oxanalutak@ukr.net, schek63@ukr.net.

Історія статті: отримано – квітень 2019, акцептовано – червень 2019.
Бібл. 12, рис. 4, табл. 3.

Анотація. На території України поверхневі води не завжди відповідають нормам за показниками якості, яких потрібно дотримуватися при розведенні риби. Це обумовлено їх забрудненістю каналізаційними стічними водами міст та тваринницьких комплексів. У такій ситуації доцільним є використання установок замкнутого водопостачання для виробництва продукції аквакультури. Для забезпечення виробництва біогазу при метановому зброджуванні органічних складових осадів, які утворюється при функціонуванні установок замкнутого водопостачання, систему очистки води доцільно дообладнати біогазової установкою. Таке дообладнання дозволить забезпечити часткову енергетичну автономність установок замкнутого водопостачання для виробництва аквакультури за рахунок тепла і електроенергії, отриманих при когенерації біогазу. Метою дослідження було встановлення виходу та властивостей осаду при виробництві продукції аквакультури.

Встановлено, що питомий вихід сухої маси осаду в установках замкнутого водопостачання становить від 0,027 при вирощуванні російського осетра до 0,044 г осаду/кг риби при вирощуванні бестера. Перерахунок питомого виходу осаду на вологість оптимальну для біогазового зброджування показав, що питомий вихід осаду при цьому збільшується в 10 разів. Слід зазначити, що питомий вихід осаду залежить не тільки від виду вирощуваної риби, а й від інтенсивності годівлі риби. Отримані дані будуть корисними для розрахунку об’ємів біогазового реактора для зброджування осаду з метою отримання тепла і електроенергії для внутрішніх потреб установок замкнутого водопостачання.

Ключові слова: басейн, суха маса, концентрація, добовий вихід сухої маси, питомий вихід.

Постановка проблеми

Наявність на ринку України риби і морепродуктів визначається імпортними поставками цієї продукції. На території України поверхневі води не завжди відповідають нормам за показниками якості, яких потрібно дотримуватися при розведенні риби. Це обумовлено їх забрудненістю каналізаційними стічними водами міст та тваринницьких комплексів. У такій ситуації доцільним є використання установок замкнутого водопостачання (УЗВ) для виробництва продукції аквакультури. Як окремий технологічний процес виробництва продукції, виробництво рибної продукції в УЗВ набуває останнім часом поширення також і в фермерських та присадибних господарствах.

Таке виробництво набуває все більшого поширення, а обсяги вирощування за допомогою УЗВ прісноводних риб (найчастіше вугра і сома) становлять в Європі тисячі тон. У азійських країнах використання прісноводної аквакультури також зростає. Виробництво рибної продукції в УЗВ – одна із найбільш перспективних світових тенденцій. В УЗВ за допомогою автоматизованих пристроїв підтримуються всі параметри технологічного процесу. При цьому вплив на хід технологічного процесу природних факторів мінімальний. Завдяки наявності складних систем технологічного забезпечення, УЗВ потребують постійно удосконалення.

Аналіз останніх досліджень

Ефективне використання енергії та природних ресурсів стає особливо актуальним у сучасних умовах кліматичних змін. Це у повній стосується кормової бази, ефективність використання якої характеризується коефіцієнтом конверсії, як відношенням кількості витраченого корму до одиниці отриманого приросту маси тварин або птиці. За даними огляду наукових досліджень, значення коефіцієнта конверсії корму приведено в табл. 1.

У результаті виробництва продукції тваринництва людство має також серйозне значення викидів парникових газів. Так, викиди метану (CH_4) за рахунок внутрішньої ферментації та під час збору і зберігання гною та викиди оксиду азоту (N_2O) під час збору і зберігання гною становлять відповідно 60 і 0,62 кг/рік на одну голову при відгодівлі ВРХ, 4,64 і 0,33 кг/рік на одну голову при відгодівлі свиней та по

0,02 кг/рік під час збору і зберігання посліду на одну голову при відгодівлі бройлерів [5].

У той же час, на думку спеціалістів ФАО аквакультура практично не здійснює викидів парникових газів у порівнянні з виробництвом м'яса у тваринництві. Таким чином розведення та споживання рибного білка буде сприяти пом'якшенню наслідків зміни клімату, а тому на даний час в установках аквакультури виробляється більше половини рибної продукції.

Системи УЗВ незважаючи на суттєвий недолік – високі капітальні та експлуатаційні витрати, забезпечують низький рівень впливу на навколишнє середовище, а також зменшують потреби у воді та енергії при постійному і передбачуваному виробництві риби. У таких системах вода після механічної та біологічної очистки використовується повторно.

У системах УЗВ використовують зазвичай близько 0,2 м^3 свіжої води на кілограм виробленої риби, у той же час, традиційна проточна система для вирощування форелі використовує близько 30 м^3 свіжої води на кілограм [6].

Таблиця 1. Значення коефіцієнта конверсії корму за даними аналізу досліджень і публікацій.
Table 1. The value of the coefficient of feed conversion according to the analysis of researches and publications.

Вид тварин	Термін відгодівлі	Кінцева маса	Витрата комбікормів	Конверсія комбікорму
Молодняк ВРХ	16 місяців	450 кг	3000 кг	межі зміни від 7 до 8 [2]
Свині	6 місяців	110 кг	321 кг	межі зміни від 2,81 до 3,03 [1]
Бройлери	37 днів	2 кг	–	1,67 [3]
Форель	–	–	–	межі зміни від 1,2 до 2 [4]

Середньорічні темпи зростання обсягів виробництва аквакультури за період із 1990 по 2005 рр. становив 8,5 %. Внесок аквакультури у забезпечення населення рибними продуктами досягнувши майже половини (47 відсотків) світового обсягу в 2008 році, у порівнянні із 8 % з 1970 роком. Згідно з прогнозами ця тенденція продовжиться, при цьому внесок аквакультури у виробництво рибних продуктів досягне до 2020 року 60 % [7].

Із-за підвищеної собівартості виробництва в УЗВ, вони найчастіше використовуються для вирощування делікатесної дорогої продукції, такої як осетрові, вугри, річкові раки та креветки, а також для вирощування посадкового матеріалу різних видів риб. Подібні господарства можуть бути розміщені поблизу великих міст або в густонаселених зонах, звідки вони легко можуть поставляти свіжу рибу споживачам.

Знизити собівартість виробництва риби в УЗВ можна за рахунок підвищення продуктивності, використовуючи технологію безперервного вирощування у порівнянні з вирощуванням партій риби [8, 9]. У цьому випадку відбувається постійне і безперервне зариблення та збір риби, а сама система постійно працює при максимальному навантаженні, частота годування риби у кожній ємності підтримується на максимальному рівні. Цей принцип успішно реалізується на прикладі вирощування форелі [10].

У ході очистки потоку циркулюючої води в УЗВ вода із резервуара з рибою надходить на відстоюється для видалення осаду, після чого надходить у біофільтр, де амоній за допомогою бактерій перетворюється на нітрат. Із потоку води видаляють також надлишок вуглекислого газу і насичують воду киснем за допомогою обладнання для оксигенації. Дезінфікують потік води за допомогою УФ-стерилізації та озонування.

Для забезпечення виробництва біогазу при метановому зброджуванні органічних складових осадів, які утворюється при функціонуванні УЗВ, систему очистки води доцільно дообладнати біогазової установкою. Таке дообладнання дозволить забезпечити часткову енергетичну автономність УЗВ для виробництва аквакультури за рахунок тепла і електроенергії, отриманих при когенерації біогазу. Зброджений осад, після подальшого компостування, може бути утилізований в якості органічних добрив. На компостування подається також вода та осад після промивання фільтрів [11].

Нами також розроблена також блок-схема УЗВ [12] у якій в ході обробки потоку циркулюючої води, яка послідовно проходить резервуари із ракоподібними, рибою та двостулковими молюсками і надходить у біофільтр, де очищається та відстоюється для видалення осаду. Із потоку води, в подальшому, за допомогою блоку для культивування водоростей, видаляють вуглекислий газу і насичують воду киснем. Надлишкова біомаса водоростей та осад, що утворюється при відстоюванні води у біофільтрах направляється у біогазову установку для забезпечення виробництва біогазу при метановому зброджуванні органічних складових осаду. Утворений біогаз направляється у когенераційну установку для виробництва тепла і електроенергії.

Однак, у науковій літературі відсутні дані про вихід та властивості осаду в установках для виробництва продукції аквакультури під час роботи в УЗВ, який потребує утилізації.

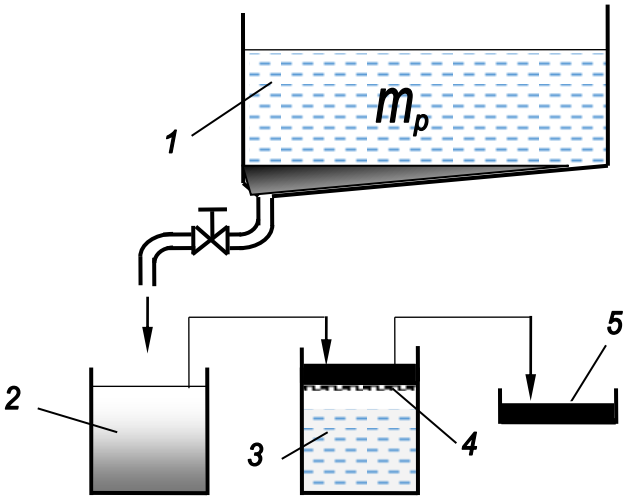
Мета досліджень

Встановити вихід та дослідити властивості осаду в УЗВ для виробництва продукції аквакультури.

Результати досліджень

Оцінка питомого виходу осаду в установці для вирощування риби проводилася на базі підприємства по вирощуванню риби у Васильківському районі Київської області. Досліди проводилися з використанням басейнів для риби діаметром 2,35 м у кожному із яких знаходилося біля 6 м^3 води. За добу

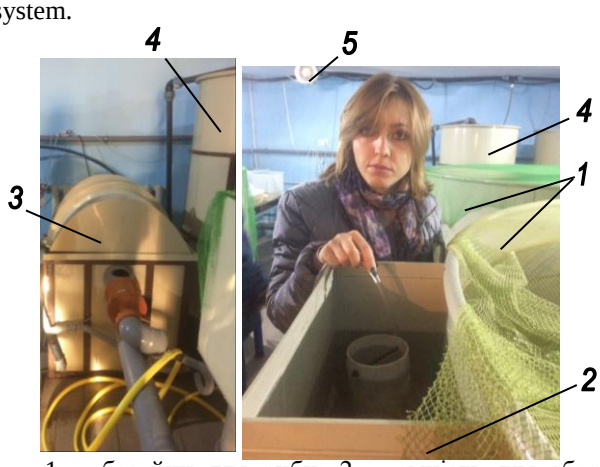
до проведення досліджень басейни для риби були ретельно очищені від бруду і осаду. Один із басейнів був зариблений російським осетром живою масою 31,5 кг (басейн №1), а інший бестером живою масою 52,5 кг (басейн №2). Годівля риби здійснювалася повнораціонним кормом для риби EFICO Sigma 811 R із розміром гранул 3 мм в кількості 800 г/добу. Для проведення досліджень використано установку, схема якої приведена на рис. 1. Загальний вигляд УЗВ, на основі якої проводилися дослідження, приведений на рис. 2.



1 – басейн для риби; 2 – ємність для збору суміші осаду і води; 3 – фільтрувальна ємність; 4 – фільтр; 5 – ємність для осаду

Рис. 1. Загальна схема проведення досліджень по визначенню питомого виходу осаду в УЗВ. Джерело. Розроблено авторами.

Fig. 1. General scheme of carrying out of research to determine the specific yield of the sediment in circulation system.



1 – басейни для риби; 2 – ємність для збору суміші осаду і води; 3 – механічний фільтр; 4 – біофільтр-відстійник; 5 – повітродувка

Рис. 2. Загальний вигляд обладнання УЗВ

Fig. 2. General view of the equipment of the RAS.

Осад, який накопичувався в басейні для риби 1 упродовж заданого часу (одна доба), змивався потоком води, а утворена суміш осаду і води надходила через запірний вентиль в ємність для збору суміші осаду і води 3. Заданий обсяг суміші осаду і води, видалений із системи УЗВ фільтрувався в ємності 3 за допомогою фільтра 4, а відфільтрований осад видалявся в ємність 5. Після завершення процесу виділення осаду визначалася його кількість та властивості.

а

б

в

а) – загальний вигляд муфельної печі; б) – температура висушування при вимірюванні вологості осаду; в) – температура висушування при вимірюванні вмісту органічної маси в осаді

Рис. 3. Загальний вигляд муфельної печі та її параметрів під час проведення висушування зразків осаду.

Fig. 3. General view of the muffle furnace and of its parameters during drying of sediment samples.

Добовий вихід сухої маси осаду визначався за наступним виразом:

$$B = OV_{СД} = \frac{m_O}{V_C} V_{СД}, \quad (2)$$

де B – добовий вихід сухої маси осаду, г; $V_{СД}$ – добовий вихід суміші осаду і води в УЗВ, л.

Добовий питомий вихід сухої маси осаду із розрахунку на масу риби в басейні визначався за наступним виразом:

$$O_П = \frac{B}{m_P} = \frac{m_O V_{СД}}{V_C m_P}, \quad (3)$$

де $O_П$ – питомий вихід сухої маси осаду, г осаду/кг риби; m_P – загальна маса риби в басейні УЗВ, кг.

Перерахунок питомого виходу осаду заданої вологості із розрахунку на масу риби в басейні визначався за наступним виразом:

$$O_{ПW} = O_П \left(1 + \frac{W_O}{100 - W_O}\right) = \frac{m_O V_{СД}}{V_C m_P} \left(1 + \frac{W_O}{100 - W_O}\right), \quad (4)$$

де $O_{ПW}$ – питомий вихід осаду заданої вологості, г осаду/кг риби; W_O – задана вологість осаду, %.

Видалення осаду із басейнів з рибою в УЗВ проводилося за рахунок гідростатичного тиску води (шляхом зливу води із басейнів). Враховуючи такий спосіб видалення осаду, були визначені основні показники умов проведення досліду та властивості осаду УЗВ. Ці дані наведені в табл. 2.

На основі отриманих значень розраховувалися показники виходу осаду та робився перерахунок виходу осаду на вологість оптимальну для біогазового зброджування. Ці дані приведені в табл. 3.

Таблиця 2. Основні показники умов досліду та властивості осаду в УЗВ.
Table 2. Main indicators of conditions of experience and properties of sediment in circulation system.

Назва риби	Кількість злитої води, л	Рівень зливу води, мм	Кількість води у пробі, л	Сира маса осаду, г	Вологість осаду, %	Суха маса осаду, г
Російський осетер (басейн №1)	26,02	6	10	6,005	94,55	0,33
Бестер (басейн №2)	30,36	7	15	29,2887	96,14	1,13

Таблиця 3. Основні показники виходу осаду в УЗВ.
Table 3. Main indicators of the output of the sludge in the RAS.

Назва риби	Суха речовина осаду			Перерахунок на W=90 %		
	концен-трація, г/л	кількість, г/добу	на 1 кг риби, г/кг	концентрація, г/л	кількість, г/добу	на 1 кг риби, г/кг
Російський осетер (басейн №1)	0,033	0,852	0,027	0,3272	8,52	0,27
Бестер (басейн №2)	0,075	2,290	0,044	0,7544	22,90	0,44

Із використанням залежності (4), для ілюстрації зміни питомого виходу осаду в залежності від вологості побудовано графічні залежності (рис. 4).

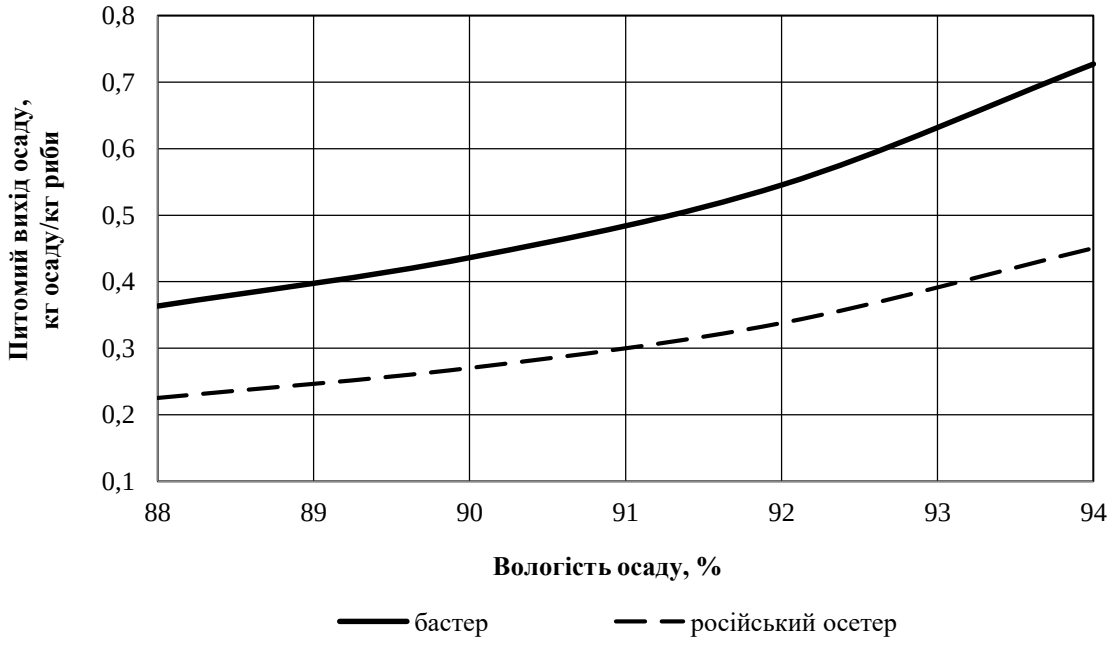


Рис. 4. Залежність питомого виходу осаду від його вологості.
Fig. 4. The dependence of specific yield of sediment from the humidity.

Графік демонструє різку зміну питомого виходу осаду в залежності від його вологості.

Висновки

За результатами досліджень встановлено, що питомий вихід сухої маси осаду в УЗВ становить від 0,027 при вирощуванні російського осетра до 0,044 г осаду/кг риби при вирощуванні бестера. Перерахунок питомого виходу осаду на вологість оптимальну для біогазового зброджування показав, що в такому випадку питомий вихід осаду в УЗВ збільшується в 10 разів і становить від 0,27 при вирощуванні російського осетра до 0,44 г осаду/кг риби при вирощуванні бестера. Слід зазначити, що питомий вихід осаду в УЗВ залежить не тільки від виду вирощуваної риби, а й від інтенсивності годівлі риби. Отримані дані будуть корисними для розрахунку об'ємів біогазового реактора для зброджування осаду УЗВ з метою отримання тепла і електроенергії для внутрішніх потреб УЗВ.

Список літератури

1. *В. С. Топіха, В. Я. Лихач, С. І. Луговий, А. В. Лихач, С. С. Крамаренко* Основи нормованої годівлі свиней: виробничо-практичні рекомендації. МНАУ, 2016. 51 с.
2. *О. Т. Бусенко, В. Д. Столюк, О. Й. Могильний* Технологія виробництва продукції тваринництва: підручник. та ін.; За ред. О.Т. Бусенка. Київ. Вища освіта, 2005. 496 с.
3. *Єгоров Б. В., Ворона Н. В.* Сучасні проблеми на шляху виробництва високоякісних комбікормів для молодняка сільськогосподарської птиці. Зернові продукти і комбікорми, № 1 (49). 2013. С. 42-44.
4. http://jak.magey.com.ua/articles/goduvannja-foreli-1.html.
5. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. Том 4: Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования. Глава 10: Выбросы от скота и в результате уборки, хранения и использования навоза, МГЭИК, 2006. 98 с.
6. *Брайнбалле Я.* Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы. Копенгаген, AKVA group Denmark, 2010. 70 с.
7. *Вашингтон С. Абабуш Л.* Частные стандарты и сертификации в рыболовстве и аквакультуре. Современная практика и возникающие проблемы. – Анкара, 2013. 211 с.
8. *Watten B. J.* Modeling the effects of sequential rearing on the potential production of controlled environment fish-culture systems. Aquac. Eng. 11, 1992. P. 33-46.
9. *Summerfelt S. T., Hankins J. A., Summerfelt S. R., Heinen J. M.* Modeling continuous culture with periodic stocking and selective harvesting to measure the effect on productivity and biomass capacity of fish culture systems. Techniques for Modern Aquaculture (Proc.), 21-23 June 1993, Spokane, WA. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph. P. 581-593.
10. *Heinen J.M., Hankins J.A., Weber A.L., Watten B.J.* A semiclosed recirculating-water system for high-density culture of rainbow trout. Prog. Fish-Cult. 58, 1996. P. 11-22.
11. *Голуб Г.А., Завадська О.А., Кузьменко М.С., Кухарець С.М., Щербак С.Д., Маєвська А.Г.* Установка замкнутого водопостачання для виробництва продукції аквакультури: Патент на корисну модель 116270. Україна. МПК A01K 61/10, A01K 63/00. Заявка № a 2016 12663; Заявлено 12.12.2016; Опубліковано 10.05.2017, Бюл. № 9. 2 с.
12. *Голуб Г.А., Маєвська А.Г., Завадська О.А., Щербак С.Д.* Установка замкнутого водопостачання для виробництва продукції аквакультури: Патент на корисну модель 125463. Україна. МПК A01K 61/00. Заявка № u 2017 12145; Заявлено 11.12.2017; Опубліковано 10.05.2018, Бюл. № 9. 2 с.

References

1. Osnovy normovanoi hodivli svynei: vyrobnycho-praktychni rekomendatsii. V.S. Topikha, V.Ia. Lykhach, S.I. Luhovyi, A.V. Lykhach, S.S. Kramarenko. MNAU, 2016. – 51 s.
2. Tekhnolohiia vyrobnytstva produktsii tvarynnytstva. O.T. Busenko, V.D. Stoliuk, O.I. Mohylnyi ta in.; Za red. O.T. Busenka. K.: Vyshcha osvita, 2005. — 496 s.: il.
3. Iehorov B.V., Vorona N.V. Suchasni problemy na shliakhu vyrobnytstva vysokoiakisnykh kombikormiv dlia molodniaka silskohospodarskoi ptytsi. Zernovi produkty i kombikormy, № 1 (49). – 2013. – S. 42-44.
4. http://jak.magey.com.ua/articles/goduvannja-foreli-1.html.
5. Rukovodiashchye pryntsypy natsyonalnykh ynventaryzatsyi parnykovykh hazov. Tom 4: Selskoe khoziaistvo, lesnoe khoziaistvo y druhye vydy zemlepolzovanyia. Hlava 10: Vыbrosы ot skota y v rezultate uborky, khranenyia y yspolzovanyia navoza, MHЭYK, 2006. 98.
6. Brainballe Ya. Rukovodstvo po akvakulture v ustanovkakh zamknutoho vodosnabzhenyia. Vvedenye v novыe ekolohycheskye y vysokoproduktyvnye zamknutыe rybovodnye systemy. Kopenhahen, AKVA group Denmark, 2010. 70.
7. Vashynhton S. Ababush L. Chastnye standarty y sertyfykatsyy v rybolovstve y akvakulture. Sovremennaia praktyka y voznykaiushchye problemы. Ankara, 2013. 211.
8. Watten B.J. Modeling the effects of sequential rearing on the potential production of controlled environment fish-culture systems. Aquac. Eng. 11, 1992. 33-46.
9. Summerfelt S.T., Hankins J.A., Summerfelt S.R., Heinen J.M. Modeling continuous culture with periodic stocking and selective harvesting to measure the effect on productivity and biomass capacity of fish culture systems. – Techniques for Modern Aquaculture (Proc.), 21-23 June 1993, Spokane, WA. American Society of Agricultural

Engineers, St. Joseph. – R. 581-593.

10. Heinen J.M., Hankins J.A., Weber A.L., Watten B.J. A semiclosed recirculating-water system for high-density culture of rainbow trout. Prog. Fish-Cult. 58, 1996. 11-22.

11. Golub G.A., Zavads'ka O.A., Kuz'menko M.S., Kukharets' S.M., Shcherbak S.D., Maєvs'ka A.G. Ustanovka zamknutogo vodopostachannya dlya virobnitstva produktsiї akvakul'turi: Patent na korisnu model' 116270. Ukraïna. MPK A01K 61/10, A01K 63/00. – Zayavka № a 2016 12663; Zayavleno 12.12.2016; Opublikovano 10.05.2017, Byul. № 9. 2.

12. Golub G.A., Maєvs'ka A.G., Zavads'ka O.A., Shcherbak S.D. Ustanovka zamknutogo vodopostachannya dlya virobnitstva produktsiy akvakul'turi: Patent na korisnu model' 125463. Ukraïna. MPK A01K 61/00. Zayavka № u 2017 12145; Zayavleno 11.12.2017; Opublikovano 10.05.2018, Byul. № 9. 2.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДА И СВОЙСТВ ОСАДКОВ В УСТАНОВКАХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ АКВАКУЛЬТУРЫ

Г. А. Голуб, О. А. Завадская, С. Д. Щербак

Аннотация. На территории Украины поверхностные воды не всегда соответствуют нормам по показателям качества, которым нужно следовать при разведении рыбы. Это обусловлено их загрязненностью канализационными сточными водами городов и животноводческих комплексов. В такой ситуации целесообразно использование установок замкнутого водоснабжения для производства продукции аквакультуры. Для обеспечения производства биогаза при метановом сбраживании органических составляющих осадков, образующейся при функционировании установок замкнутого водоснабжения, систему очистки воды целесообразно дооборудовать биогазовой установкой. Такое дооборудование позволит обеспечить частичную энергетическую автономность установок замкнутого водоснабжения для производства аквакультуры за счет тепла и электроэнергии, полученных при когенерации биогаза. Целью исследования было установление выхода и свойств осадка при производстве продукции аквакультуры.

Установлено, что удельный выход сухой массы осадка в установках замкнутого водоснабжения составляет от 0,027 при выращивании русского осетра в 0,044 г осадка / кг рыбы при выращивании бестера. Пересчет удельного выхода осадка на влажность оптимальную для биогазового сбраживания показал, что удельный выход осадка при этом увеличивается в 10 раз. Следует отметить, что удельный выход осадка зависит не только от вида выращиваемой рыбы, но и от интенсивности кормления рыбы. Полученные данные будут полезны для расчета объемов биогазового реактора для сбраживания осадка с целью получения тепла и электроэнергии для внутренних потребностей установок замкнутого водоснабжения.

Ключевые слова: бассейн, сухая масса, концентрация, суточный выход сухой массы, удельный выход.

INVESTIGATION OF OUTPUT AND PROPERTIES OF SEDIMENT IN INSTALLATIONS FOR PRODUCTION OF AQUACULTURE PRODUCTS

G. A. Golub, O. A. Zavadska, S. D. Scherbak

Abstract. On the territory of Ukraine, surface waters do not always meet the norms for quality indicators that must be observed when breeding fish. This is due to their contamination by sewage effluent of cities and livestock complexes. In such a situation it is expedient to use closed water supply plants for the production of aquaculture products. In order to ensure the production of biogas at methane fermentation of organic constituents of sediments, which is formed when functioning of closed water supply plants, it is expedient to equip the water purification system with a biogas plant. Such refinement will allow providing partial energy autonomy of closed water supply plants for the production of aquaculture at the expense of heat and electricity generated by the biogas cogeneration. The purpose of the study was to determine the yield and properties of sediment in the production of aquaculture products.

It has been established that the specific yield of dry mass of sediment in closed water supply plants is from 0.027 when n sturgeon is grown to 0.044 g sediment / kg of fish during growing of a bester. The conversion of the specific yield of sediment to the humidity optimal for biogas fermentation has shown that the specific yield of sediment thus increases 10 times. It should be noted that the specific yield of sediment depends not only on the type of fish grown, but also on the intensity of feeding fish. The obtained data will be useful for calculation of volumes of biogas reactor for sediment digestion for the purpose of obtaining heat and electricity for internal needs of closed water supply plants.

Key words: pool, dry weight, concentration, daily dry mass output, specific yield.

Г. А. Голуб ORCID 0000-0002-2388-0405.
О. А. Завадська ORCID 0000-0003-2369-4925.
С. Д. Щербак ORCID 0000-0002-3969-2062.