

РАСЧЕТ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ ВОДОЕМОВ-ОХЛАДИТЕЛЕЙ ДЛЯ САДКОВОГО РЫБОВОДСТВА

Н. В. Старко, nikolaj.starko@gmail.com, Научно-исследовательское учреждение «Украинский НИИ экологических проблем», г. Харьков

Цель. Установление ежегодного объема выращивания рыбы в садках, не приводящего к ухудшению экологического состояния водоемов-охладителей Змиевской ТЭС и Курской АЭС.

Методика. Необходимое для расчетов удельное (на 1 т выращенной рыбы) поступление биогенных веществ определялось по данным собственных исследований. Для этого на действующих садковых линиях проводилось определение поступления в водоемы-охладители взвешенных веществ. Расчет, основанный на данных рыбхозов, среднего прироста рыбы за период экспозиции ловушек позволил рассчитать удельное поступление взвешенных веществ от садков. Влияние на качество воды применяемых в рыбхозах искусственных кормосмесей и смеси остатков кормов и фекалий рыб, собранной под садками, оценивалось в условиях лабораторных экспериментов. Влияние на качество воды метаболитов рыб учитывалось по данным литературы.

Результаты. В специфических условиях исследованных водоемов-охладителей в качестве лимитирующего экологического фактора нами определен минеральный азот. На основании экологически допустимых концентраций минерального азота в воде рассчитано возможное повышение содержания биогенных элементов в результате поступления отходов рыбоводства. С учетом собственных данных по удельному выносу азота при интенсивном ведении садковой аквакультуры, определена экологическая емкость водоемов-охладителей, которая составила: для Змиевской ТЭС – 281,7 т, для Курской АЭС – 625,5 т.

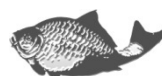
Научная новизна. Впервые рассчитана экологическая емкость водоемов-охладителей (ВО) Змиевской ТЭС и Курской АЭС I–II очереди для садкового рыбоводства.

Практическая значимость. Применение изложенных в статье результатов позволит создавать и развивать садковые рыбные хозяйства без нарушения экологического состояния водоемов-охладителей электростанций, на базе которых они создаются.

Ключевые слова: садковые рыбные хозяйства, водоемы-охладители, экологическая емкость водоема для садкового рыбоводства.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ И АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Особенностью садкового рыбоводства является поступление отходов, накапливающихся при выращивании рыб непосредственно в водном объекте, что затрудняет их удаление. Поэтому важнейшей предпосылкой успешной работы и развития садковых рыбных хозяйств (СРХ) является установление экологической емкости конкретного водоема для выращивания рыбы в садках. В то же время, анализ научной, нормативной и ведомственной информации показывает, что большинство исследований посвящено вопросам организации и отдельным элементам технологии выращивания рыбы в СРХ. Особенно остро вопросы экологического состояния водного объекта стоят при функционировании СРХ на базе водоемов-охладителей (ВО), где поступление из садков большого количества



органических веществ при повышенных температурах и создаваемой агрегатами электростанций проточности многократно ускоряют ход внутриводоемных процессов, может приводить к заморам рыбы в самих садках. Подобное отмечалось на ВО Черепетской ГРЭС и Змиевской ТЭС [1–3]. Эти обстоятельства делают вопросы сохранения качества водной среды особенно острыми.

Анализ литературы показывает, что разработка экологических нормативов размеров СРХ на базе ВО в последние годы не проводилась. До настоящего времени используется временные рыбоводно-биологические нормативы (1979 г.). В данном документе максимальную площадь СРХ предлагается рассчитывать, исходя из соотношения площадей садков и конкретного ВО как 1:1000 [4]. Названный критерий определения экологической емкости водоема для СРХ рекомендуется к применению и в настоящее время [5]. В то же время, такой подход является формальным, так как не учитывает специфические особенности каждого водоема (трофический уровень, антропогенную нагрузку, проточность и др.), хотя они во многом определяют способность водоемов к самоочищению. Кроме того, здесь не принимаются во внимание производственные показатели рыбного хозяйства, также влияющие на степень воздействия СРХ на водоем.

Оптимальным является расчет допустимой мощности СРХ по допустимому поступлению от садков загрязнений — чаще всего биогенных элементов — фосфора или азота.

Имеется опыт подобных расчетов для водных объектов с естественной температурой воды, где СРХ получили большое развитие. Из последних исследований можно отметить работы по расчету экологической емкости для СРХ оз. Кариба в Африке [6], озер Карелии [7] и Турции [8].

ВЫДЕЛЕНИЕ НЕРЕШЕННЫХ РАНЕЕ ЧАСТЕЙ ОБЩЕЙ ПРОБЛЕМЫ. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Данные литературы и опыт работы на многих ТЭС и АЭС показывают, что при введении в эксплуатацию энергообъекта на базе его ВО стихийно возникает водохозяйственный комплекс (ВХК), включающий ряд отраслей. При этом работа всего комплекса зависит от качества воды в ВО. Особенностью СРХ является попадание отходов рыбоводства сразу в ВО. Поэтому функционирование СРХ часто влечет возникновение противоречий между рыбоводами и энергетиками. Это неоднократно наблюдалось на Змиевской ТЭС и Курской АЭС. Подобные факты приводятся и для Кармановской ГРЭС [9] и ГРЭС в Свердловской области [10]. Поэтому необходима регламентация создания и развития СРХ, для чего нужен расчет экологической емкости водоемов-охладителей для таких хозяйств.

Целью настоящей работы является установление максимального ежегодного объема выращивания рыбы в садках, не приводящего к ухудшению экологического состояния ВО на Змиевской ТЭС и Курской АЭС I–II очереди.

Целью работы было решение следующих задач:

1. Определить удельное (на 1 т выращенной в садках рыбы) поступление в ВО загрязняющих веществ. Для этого на ВО Змиевской ТЭС и Курской АЭС I–II очереди проводились натурные и лабораторные исследования.
2. Собрать информацию (результаты натурных исследований, анализ научной литературы и ведомственных данных) по величине выбранного для расчетов



гидрохимического показателя в разные годы функционирования ВО.

3. Провести непосредственные расчеты.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Оценку влияния на качество водной среды рыбных комбикормов и собранной под садками смеси остатков кормов и фекалий рыб проводили по принципам, применяемым в исследованиях А. Ф. Антипчук [11].

Определение поступления из рыбоводных садков взвешенных веществ проводилось путем установки ловушек оригинальной конструкции. Полученные данные использовались для расчетов поступления отходов на 1 т прироста рыбы (с учетом веществ, выносимых с биомассой выращенной рыбы).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Экологическая емкость ВО Змиевской ТЭС и Курской АЭС I–II очереди определялась по принципам Beveridge Malcolm С. М. [12]. В то же время, автор проводил исследования на водных объектах, где основным соединением, лимитирующим элементом, был неорганический (фосфатный) фосфор.

В отличие от этих водоемов, в рассматриваемых ВО основным элементом, лимитирующим развитие водной экосистемы, является азот. Об этом свидетельствует регулярное отсутствие в воде рассматриваемых водоемов-охладителей в летний период соединений минерального азота и постоянно высокое содержание фосфора. Поэтому в качестве лимитирующего показателя мы было взято не фосфор, а сумму неорганического азота.

Расчет проводился по формуле: $W = (N_{\text{возм}} - N_{\text{до р/х}}) / N_{\text{р/х}}$, где

W — экологическая емкость ВО для СРХ, т/год;

$N_{\text{возм}}$ — допустимая среднегодовая концентрация минерального азота в воде ВО, мг/дм³ — принималась по предлагаемым М. Оуэнсом [13] критическим величинам с учетом морфометрических характеристик ВО;

$N_{\text{до р/х}}$ — среднегодовая концентрация минерального азота в воде ВО до появления на его акватории СРХ, мг/дм³;

$N_{\text{р/х}}$ — поступление в воду минерального азота при выращивании в садках 1 тонны рыбы.

На акватории ВО Змиевской ТЭС выращивание рыбы в садках проводится с 1969 года. Однако, ввиду отсутствия данных по содержанию в воде ВО ЗмТЭС минерального азота в досадковый период, были использованы данные Змиевской ТЭС в первые годы выращивания рыбы в садках (1971–1972 гг.), когда производство было незначительным (41,5–42,8 т). Среднегодовая сумма азота минерального составляла тогда 0,460 мгN/дм³.

Экологически допустимая концентрация азота в воде ВО Змиевской ТЭС составляет, с учетом его морфометрических характеристик, по данным М. Оуэнса, [13], 1,000 мгN/дм³. Отсюда экологически допустимый прирост концентрации азота составляет:

$$1,000 - 0,460 = 0,540 \text{ мгN/дм}^3.$$



При среднем объеме ВО ЗмТЭС в 2000–2008 гг. 40,5 млн м³ (данные Змиевской ТЭС) среднее общее количество азота минерального, которое можно внести с отходами садкового рыбоводства, равно $40,5 \cdot 0,540 = 21,87$ т. По нашим данным при выращивании в садках 1 т рыбы в ВО попадает 91,3 кг минерального азота [14]. Таким образом, экологическая емкость ВО Змиевской ТЭС для СРХ составляет $21,87/0,0913 + 42,2$ (выращено в садках в 1971–1972 гг.) = 281,7 т.

Аналогично проведены расчеты для ВО Курской АЭС I–II очереди (за период 1983–1987 гг.). Допустимый объем производства рыбы СРХ, с учетом содержания $N_{\text{мин}}$ в начальный период работы СРХ 0,406 мгN/дм³, объема ВО 90 млн м³, составляет, с учетом выращенной в 1983–1984 гг. в садках рыбы, 625,5 т.

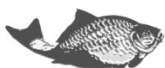
Следует отметить, что полученная цифра относится только к продукции рыбы, выращенной с использованием искусственных кормосмесей. Общее количество рыбы, выращенной в садках, может быть гораздо большим за счет толстолобиков, питающихся естественной пищей из ВО. При этом фекалии растительноядных рыб, по сведениям рыбоводов и нашим наблюдениям, ВО не загрязняют, так как потребляются выращиваемым с ними карпом.

ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о возможности определения экологической емкости ВО. Дальнейшее развитие предлагаемого метода должно идти как по линии более тщательной отработки отдельных положений, так и подготовки соответствующего нормативного документа, регламентирующего выращивание рыбы в садках на теплых водах. Подобный документ позволит не допускать ухудшения экологического состояния отдельных ВО (или их участков), а также, предотвращать наблюдающуюся на отдельных ВО локальную гибель содержащейся в садках рыбы, что улучшит экономические показатели самих рыбхозов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авинский В. А. Выделение и оценка факторов определяющих кислородный режим садковых рыбоводных хозяйств (на примере Черепетского рыбхоза) / В. А. Авинский // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. — 1990. — Вып. 309. — С. 92—104.
2. Старко Н. В. Формирование кислородного режима водоемов-охладителей в районах размещения садковых рыбных хозяйств / Н. В. Старко // Всес. конф. мол. уч. : матер. — К. : Институт гидробиологии АН УССР, 1990. — С. 150—151.
3. Старко Н. В. Влияние садкового рыбоводства на экологическое состояние водоемов-охладителей / Н. В. Старко // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення : IV Міжнар. наук.-практ. конф. : зб. наук. статей. — Т. 1. — Харків, 2008. — С. 368—373.
4. Временные рыбоводно-биологические нормативы для корректировки генеральной схемы рыбохозяйственного использования сбросных теплых вод атомных электростанций и ГРЭС — М. : ВНИИПРХ, 1979. — 42 с.
5. Григорьев С. С. Индустриальное рыбоводство : [в 2 ч.] Ч. 1 / С. С. Григорьев, Н. А. Седова. — Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2008. — 186 с.



6. Mhlanga Lindah. The application of a phosphorus mass balance model for estimating the carrying capacity of Lake Kariba / Lindah Mhlanga, Wilson Mhlanga, Paul Mwera // *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. — 2013. — № 37. — P. 316—319.
7. Стерлигова О. П. Состояние некоторых водоемов Северной Карелии и их использование для товарного выращивания радужной форели / О. П. Стерлигова, С. П. Китаев, Н. В. Ильмаст // *Прикладная экология Севера: труды Кольского научного центра РАН*. — 2012. — 3/2012 (10), вып. 2. — С. 40—46.
8. Ordal Beril. Using of the computer software for the sustainable rainbow trout cage culture: A case study in Gokcekaya Dam Lake (Ankara, Turkey) / Beril Ordal, Serap Pulatsu // *Ege J Fish Aqua Sci*. — 2012. — № 29(1). — P. 49—54.
9. Постановление от 2 июля 2007 г. по делу № А07-88/2007 [Электронный ресурс]. — Режим доступа : sudact.ru/arbitral/doc/kbhKpmyoFfWJ.
10. Литвиненко А. И. Фермерское рыбоводство на Урале и в Сибири. Современное состояние и проблемы развития / А. И. Литвиненко, В. Р. Крохалевский // *Аквакультура центральной и восточной Европы: настоящее и будущее : II съезд NACEE (Сети Центров по аквакультуре в Центральной и Восточной Европе) и семинар о роли аквакультуры в развитии села, Кишинев, 17-19 окт. 2011 г. : матер.* — Кишинев : Pontos, 2011. — С. 145—147.
11. Антипчук А. Ф. Микробиология рыбоводных прудов / Адель Федоровна Антипчук. — М. : Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 145 с.
12. Beveridge Malcolm C. M. Cage and pen farming. Carrying capacity models and environmental impact / C. M. Beveridge Malcolm // *FAO. Fish. Techn. Rap.* — 1984. — № 255. — 131 p.
13. Оуэнс М. Биогенные элементы, их источники и роль в речных системах / М. Оуэнс // *Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям.* — Л. : Гидрометеиздат, 1977. — С. 54—64.
14. Старко Н. В. Удельные величины загрязнения водоемов-охладителей при выращивании рыбы в садках / Н. В. Старко // *Биоразнообразие и роль животных в экосистемах : VII Междунар. науч. конф. : матер.* — Днепропетровск : Адверта, 2013. — С. 111—113.

REFERENCES

1. Avinskiy, V. A. (1990). Vydelenie i otsenka faktorov opredelyayushchikh kislorodnyy rezhim sadkovykh rybovodnykh khozyaystv (na primere Cherepetskogo rybkhoza). *Sb. nauch. tr. GosNIORKh*, 309, 92-104.
2. Starko, N. V. (1990). Formirovanie kislorodnogo rezhima vodoemov-okhladiteley v rayonakh razmeshcheniya sadkovykh rybnykh khozyaystv. *Vses. konf. mol. uch.* Kiev : Institut gidrobiologii AN USSR, 150-151.
3. Starko, N. V. (2008). Vliyanie sadkovogo rybovodstva na ekologicheskoe sostoyanie vodoemov-okhladiteley. *Ekologichna bezpeka: problemi i shlyakhi virishennya. IV Mizhnar. nauk.-prakt. konf : zb. nauk. st. (Vol. 1)*. Kharkov, 368-373.



- VNIIPRKh. (1979). *Vremennye rybovodno-biologicheskie normativy dlya korrektyrovki general'noy skhemy rybokhozyaystvennogo ispol'zovaniya sbrosnykh teplykh vod atomnykh elektrostantsiy i GRES*. Moskva : VNIIPRKh.
- Grigor'ev, S. S., & Sedova N. A. (2008). *Industrial'noe rybovodstvo (Part 1-2)*. Petropavlovsk-Kamchatskiy : KamchatGTU.
- Mhlanga, Lindah, Mhlanga, Wilson, & Mwera, Paul. (2013). The application of a phosphorus mass balance model for estimating the carrying capacity of Lake Kariba. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 37, 316-319.
- Sterligova, O. P., Kitaev, S. P., & Il'mast, N. V. (2012). Sostoyanie nekotorykh vodoemov Severnoy Karelii i ikh ispol'zovanie dlya tovarnogo vyrashchivaniya raduzhnoy foreli. *Prikladnaya ekologiya Severa: trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN*, 3 (10), 2, 40-46.
- Ordal, Beril, & Pulatsu, Serap. (2012). Using of the computer software for the sustainable rainbow trout cage culture: A case study in Goksekaya Dam Lake (Ankara, Turkey). *Ege J Fish Aqua Sci.*, 29(1), 49-54.
- Postanovlenie ot 2 iyulya 2007 g. po delu № A07-88/2007. *sudact.ru*. Retrieved from sudact.ru/arbitral/doc/kbhKpmyoFfWJ.
- Litvinenko, A. I., & Krokhalievskiy, V. R. (2011). Fermerskoe rybovodstvo na Urale i v Sibiri. Sovremennoe sostoyanie i problemy razvitiya. *Akvakul'tura tsentral'noy i vostochnoy Evropy: nastoyashchee i budushchee : II s'ezd NACEE (Seti Tsentrov po akvakul'ture v Tsentral'noy i Vostochnoy Evrope) i seminar o roli akvakul'tury v razvitiy sela, Kishinev, 17-19 oktyabrya 2011 g.* Kishinev : Pontos, 145-147.
- Antipchuk, A. F. (1983). *Mikrobiologiya rybovodnykh prudov*. Moskva : Legkaya i pishchevaya promyshlennost'. 145 p.
- Beveridge Malcolm C. M. (1984). Sage and pen farming. Carrying capacity models and environmental impact. *FAO. Fish. Techn. Rap.*, 255.
- Ouens, M. (1977). Biogennye elementy, ikh istochniki i rol' v rechnykh sistemakh. *Nauchnye osnovy kontrolya kachestva poverkhnostnykh vod po gidrobiologicheskim pokazatelyam*. Leningrad : Gidrometeoizdat, 54-64.
- Starko, N. V. (2013). Udel'nye velichiny zagryazneniya vodoemov-okhladiteley pri vyrashchivanii ryby v sadkakh. *Bioraznoobrazie i rol' zhivotnykh v ekosistemakh : VII Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya*. Dnepropetrovsk : Adverta, 111-113.

РОЗРАХУНОК ЕКОЛОГІЧНОЇ МІСТКОСТІ ВОДОЙМ-ОХОЛОДЖУВАЧІВ ДЛЯ САДКОВОГО РИБНИЦТВА

Н. В. Старко, nikolaj.starko@gmail.com, Науково-дослідна установа «Український НДІ екологічних проблем», м. Харків

Мета. Встановлення щорічного обсягу вирощування риби в садках, що не призводить до погіршення екологічного стану водойм-охолоджувачів Зміївської ТЕС та Курської АЕС.

Методика. Необхідний для розрахунків питомий (на 1 т вирощеної риби) обсяг внесення біогенних речовин визначався за даними власних досліджень. Для цього на діючих лініях садків проводилося визначення внесення у водойми-охолоджувачі завислих речовин. Розрахунок, проведений за даними рибгоспів, середнього приросту риби за період експозиції пасток дозволив розрахувати питоме надходження завислих речовин від садків. Вплив на якість води штучних кормосумішей які використовуються у рибгоспах, і суміші залишків кормів і фекалій риб, зібраної під садками, оцінювався в умовах лабораторних експериментів. Вплив на якість води метаболітів риб визначався за даними літератури.



Результати. В специфічних умовах досліджених водойм-охолоджувачів у якості лімітуючого екологічного чинника нами визначено мінеральний азот. На підставі екологічно допустимих концентрацій мінерального азоту у воді розраховано можливе зростання вмісту біогенних елементів внаслідок надходження відходів рибництва. З урахуванням власних даних щодо питомого виносу азоту при інтенсивному веденні садкової аквакультури визначена екологічна місткість водойм-охолоджувачів, яка склала: для Зміївської ТЕС — 281,7 т, для Курської АЕС — 625,5 т.

Наукова новизна. Уперше розрахована екологічна місткість водойм-охолоджувачів Зміївської ТЕС та Курської АЕС I–II черги для садкового рибництва.

Практична значимість. Застосування викладених у статті результатів дозволить створювати і розвивати садкові рибні господарства без порушення екологічного стану водойм-охолоджувачів електростанцій, на базі яких вони створюються.

Ключові слова: садкові рибні господарства, водойми-охолоджувачі, екологічна місткість водойми для садкового рибництва.

CALCULATION OF THE ENVIRONMENTAL CAPACITY OF COOLING PONDS FOR CAGE FISH FARMING

N. Starco, nikolaj.starko@gmail.com, Research institution “Ukrainian scientific research institute of ecological problems”, Kharkov

Purpose. The determination of a maximum annual amount of fish reared in cages which does not result in the deterioration of the ecological state of water cooling ponds of the Zmiev Thermal Power Plant and Kursk Nuclear Power Plant series I and II.

Methodology. The specific (per 1 ton of farmed fish) nutrient intake necessary for calculations was determined according to the data of own studies. For this purpose, we performed the determination of the input of suspended solids into cooling ponds from cage lines. The calculation of mean fish weight increase during the period of trap exposition based on fish farm data allowed calculating the specific input of suspended solids from cages. The effect of artificial feeds and a mixture of feed residues and fish of fishes collected under cages on water quality were evaluated in the conditions of laboratory experiments. The effect of fish metabolites on water quality was taken into account according to literature data.

Findings. In the specific conditions of the investigated cooling ponds, the environmentally allowable concentrations of biogenic elements are established based on the mineral nitrogen content. With the mean volume of the Zmiev Thermal Power Plant of 40.5 million m³, the total amount of mineral nitrogen, which can be introduced with cage aquaculture residues, is 21.87 tons. When rearing one ton of fish in cages, 91.3 kg of mineral nitrogen get into the cooling pond. Thus, the environmental capacity of the Zmiev Thermal Power Plant cooling pond for cage fish farming is 281.7 tons. Accordingly, the allowable amounts of the production of cage fish farming for the Kursk NPP taking into account N content of 0.406 mgN/dm³ and volume of the cooling pond is 625.5 tons.

Originality. For the first time, we calculated the ecological capacity of cooling ponds of the Zmiev TPP and Kursk NPP, series I–II.

Practical value. Application of the results presented in the paper will allow creating and developing cage fish farms without disturbing the ecological state of cooling ponds of power plant, on the base of which they are created.

Keywords: cages fish farms, water cooling ponds, environmental capacity of water body for fish farming.

