

**Н. В. Старко**, старш. науч. сотр.  
(УКРНИИЭП, г. Харьков)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ДЛЯ САДКОВОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА**

*Недостаточное внимание к определению экологически допустимого объема производства рыбы в садках обусловило в ряде случаев экологическую деградацию водных объектов. В сообщении рассмотрены основные подходы к определению масштабов садкового рыбоводства для сохранения экологического состояния водных объектов. Даны результаты расчетов экологически допустимого объема выращивания рыбы в садках на водоемах-охладителях Змиевской ТЭС и Курской АЭС I-II очереди по содержанию минерального азота.*

**Ключевые слова:** садковые рыбные хозяйства, водные объекты, экологическое состояние, водоемы-охладители.

## **Старко М. В. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЄМКОСТІ ВОДОЙМИ-ОХОЛОДЖУВАЧА ДЛЯ САДКОВОГО РИБНОГО ГОСПОДАРСТВА**

*Садкова форма індустріального вирощування риби отримала великий розвиток у всьому світі. Головною особливістю садкового вирощування риби є надходження відходів безпосередньо у водойму, що робить принципово важливим питання прогнозу змін її стану.*

*У повідомленні наведені розрахунки екологічної ємності для садкового рибництва водойм-охолоджувачів Зміївської ТЕС - станом до 2008 р і Курської АЕС I-II черги - в 1983-1987гг.*

*Стихійно сформовані водогосподарські комплекси на базі водойм-охолоджувачів, які розглядаються як господарські одиниці, не мають юридичного статусу, в зв'язку з чим дії водокористувачів не скоординовані. У той же час, кожного учасника водогосподарського хвилює якість забирається їм з ВО води, але зовсім не турбує вплив на якість води його самого.*

*Проведені дослідження свідчать про можливість визначення екологічної ємності водойм-охолоджувачів для вирощування товарної риби в садкових рибних господарствах. Її величини складають для водойм-охолоджувачів: Зміївської ТЕС - 281,7т / рік, Курської АЕС I-II черги - 625,5т / рік.*

*Подальший розвиток запропонованого методу має йти як по лінії більш ретельного відпрацювання окремих положень, так і підготовки відповідного нормативного документа, що буде регламентувати вирощування риби в садках на теплих водах. Подібний документ дозволить, по-перше, не допускати погіршення екологічного стану окремих водойми-охолоджувачів (або їх ділянок). А по-друге, запобігати локальній загибелі риби, що міститься в садках. Це поліпшить економічні показники самих рибгоспів.*

***Ключові слова:** садкові рибні господарства, водні об'єкти, екологічний стан, водойми-охолоджувачі.*

### **Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами**

Садковая форма индустриального выращивания рыбы получила большое развитие во всем мире. Основной особенностью садкового выращивания рыбы является, с экологических позиций, поступление отходов непосредственно в водоем, что делает принципиально важным вопрос прогноза изменений состояния водоёма на первом этапе и регламентации такой хозяйственной деятельности в дальнейшем. Еще опыт организации первых садковых рыбных хозяйств (СРХ) показал, что они могут оказывать неблагоприятное воздействие на экологическое состояние водоемов [1].

В то же время, хотя вопросам организации и функционирования СРХ посвящено большое количество публикаций и проектных разработок, вопросы определения допустимых сбросов загрязняющих веществ и ограничения развития этих предприятий получили еще недостаточное развитие. До сих пор отсутствуют нормативные акты, регламентирующие с экологических позиций определение возможности создания и установления допустимых норм развития рыбных хозяйств на теплых водах. Отсутствие такой правовой базы сказывалось на экологическом состоянии ряда водных объектов (их участков).

В Украине с начала 1990-х гг наблюдалось снижение мощности СРХ на базе водоемов-охладителей (ВО). В последние же годы происходит увеличение производства рыбы в таких хозяйствах, чему способствует принятие как национального, так и межгосударственного Законов об аквакультуре. Поэтому работы по оценке воздействия СРХ на формирование экологического состояния ВО и разработке методов расчета максимально возможных с экологических позиций объемов производства имеют не только общетеоретическое, но и большое практическое значение.

### **Анализ последних достижений и публикаций по проблеме**

Исследование многочисленной литературы показывает, что в настоящее время существует несколько основных подходов к определению экологически безопасной мощности СРХ:

1. По соотношению площадей садков и водоема.
2. По удельной рыбопродукции садков (т/га водоема за год).
3. По количеству поступающих от садков загрязнений.

Подход к расчету экологически безопасной мощности СРХ по количеству поступающих от садков загрязнений является, по нашему мнению, наиболее прогрессивным, так как учитывает местные особенности каждого водоема (его участка).

Beveridge Malcolm С. М. на основании анализа большого объема литературных источников и результатов собственных исследований отмечает, что для расчета экологически возможного производства рыбы в садках предлагаются различные показатели – уровень первичной продукции фитопланктона, биомасса водорослей, дефицит кислорода, индикаторные виды гидробионтов, рыбопродуктивность, продукция макрофитов, концентрация биогенных элементов или сочетания названных показателей. Исследователь обосновывает проведение расчетов по разнице продуктивности водного объекта до и после появления СРХ. Непосредственный расчет экологически допустимого объема выращивания рыбы в садках автор предлагает вести по содержанию в воде фосфора (большинство водных объектов) или азота, которые во многом определяют образование водорослевой биомассы. Расчет проводится по следующей схеме: вычисляется разница между допустимым для данного объекта содержанием фосфора (азота) и таковым до возникновения СРХ. Далее по удельному (на 1т рыбной продукции) выносу и содержанию в выращенной рыбе биогенных элементов определяется максимально возможное производство рыбы в садках [2].

Предложенные Beveridge Malcolm С. М. принципы расчета допустимой мощности СРХ (с отдельными модификациями) сейчас широко используются в Европе [3] и Карелии [4]. Так, С. П. Китаев с соавт. отмечает, что в настоящее время применяется 7 различных способов расчета максимальной экологически безопасной мощности СРХ. Все они базируются на количестве биогенных веществ, содержащихся в отходах рыбного хозяйства, выращенной рыбе и основных источниках их поступления в водный объект. Исследователями разными способами были проведены расчеты предельного (экологически безопасного) объема выращивания товарной форели в губе Святуха Онежского озера. Во всех случаях (кроме

вычисления по непосредственному удельному выносу веществ за 1 день) были получены близкие результаты [5]. Это свидетельствует об объективности полученных результатов.

Вопросам регламентирования работы СРХ на ВО, как показывает анализ литературы, уделяется недостаточное внимание.

**Цели и задачи.** Целью настоящей статьи являются расчеты экологической емкости для садкового рыбоводства ВО Змиевской ТЭС (ЗмТЭС) - по состоянию до 2008 г. и Курской АЭС I-II очереди (КуАЭС) - в 1983-1987гг.

Нами были выполнены расчеты экологической емкости для садкового рыбоводства водоемов-охладителей (ВО) Змиевской ТЭС (ЗмТЭС) - по состоянию до 2008 г. и Курской АЭС I-II очереди (КуАЭС) - в 1983-1987гг. Расчеты проводились по принципам Beveridge Malcolm С. М. [2]. В то же время, Beveridge Malcolm С. М. 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.

Поэтому в качестве лимитируемого показателя мы брали не фосфор, как Beveridge Malcolm С. М., а сумму неорганического азота.

Для расчета максимального экологически возможного производства рыбы в СРХ на акватории водных объектов очень важным является установление критической концентрации азота минерального.

ВО энергообъектов в большинстве случаев являются водоемами комплексного назначения. Это касается и ВО ЗмТЭС, и КуАЭС. При этом возникновение и развитие отдельных отраслей водохозяйственного комплекса на базе ВО законодательно не регламентировано и происходит стихийно, без учета возможного влияния на функционирование других отраслей или водохозяйственного комплекса в целом.

Стихийно сложившиеся на базе ВО ЗмТЭС и КуАЭС водохозяйственные комплексы, как хозяйственные единицы, не имеют юридического статуса, в связи с чем действия водопользователей не скоординированы. В то же время, каждого участника ВХК волнует качество забираемой им из ВО воды, но совсем не беспокоит воздействие на качество воды его самого.

В таких условиях важным является установление критической концентрации соединений, по которому определяют масштабы развития той или иной отрасли водохозяйственного комплекса. Для СРХ этим показателем может быть сумма неорганического азота.

Для примера нами были рассмотрено значение критической концентрации суммы азота минерального в воде ВО ЗмТЭС по требованиям, предъявляемым отдельными отраслями водохозяйственных комплексов на базе ВО электростанций.

1. Для электростанции.

Рассмотрение требований к качеству воды, используемой для охлаждения агрегатов электростанций [6] показало, что содержание в воде азота (различных соединений) в охлаждающей воде не нормируется.

2. Для рыбного хозяйства.

С учетом СОУ 05.01.-37-385.2006 (Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми) [7], сумма минерального азота не может превышать 3,85 мгN/дм<sup>3</sup>.

3. Для рекреации (требования к качеству воды, используемой в бытовой деятельности).

Согласно действующим документам [8] сумма минерального азота по хозяйственно-бытовым требованиям не должна превышать 13,173 мг/дм<sup>3</sup>.

Остальные отрасли водохозяйственного комплекса на базе ВО ЗмТЭС требований к качеству воды не устанавливают.

Вышеизложенное показывает, что наиболее жесткие требования к содержанию в воде суммы минерального азота предъявляет рыбное хозяйство - 3,85 мгN/дм<sup>3</sup>.

В то же время, при таком содержании минерального азота в условиях отсутствия лимитации фосфором, будет наблюдаться интенсивное цветение ВО.

Ввиду этого представляется целесообразным установить при расчете экологически безопасной мощности СРХ критическую концентрацию суммы азота минерального в воде ВО в размере 1,000 мг/дм<sup>3</sup>.

Расчеты максимального экологически возможного производства рыбы в СРХ на акватории ВО ЗмТЭС и КуАЭС проводились, с учетом принципов Beveridge Malcolm С. М. [2], по формуле:

$$E_{СРГ} = W_{ВО} \cdot \{1,000 - [C]\Sigma_{N_{min}}\} / R_{СРГ}; \text{ где}$$

$E_{СРГ}$  - максимальное экологически возможное производство рыбы в СРХ на акватории ВО, т/год.

$W_{ВО}$  - среднесуточный объем воды в ВО, млн. м<sup>3</sup>.

$[C]\Sigma_{N_{min}}$  - среднесуточная суммарная концентрация минерального азота (аммонийного, нитритного и нитратного), мг/дм<sup>3</sup>.

$R_{СРГ}$  – удельное поступление минерального азота при выращивании 1 т рыбы в СРХ, кг/т.

## 1. ВО ЗмТЭС.

Выращивание рыбы в садках на акватории ВО ЗмТЭС проводится с 1969 года. Однако, ввиду отсутствия данных по содержанию в воде ВО ЗмТЭС минерального азота в досадковый период, нами использовались данные ЗмТЭС в первые годы выращивания рыбы в садках (1971-1972гг), когда производство было незначительным (41,5-42,8т). Среднегодовая сумма азота минерального составляла тогда 0,460 мгN/дм<sup>3</sup>.

Экологически допустимая концентрация азота в воде ВО Змиевской ТЭС составляет с учетом его комплексного использования, 1,000 мгN/дм<sup>3</sup>. Отсюда экологически допустимый прирост концентрации азота составляет:

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

При среднем объеме ВО ЗмТЭС в 2000-2008гг 40,5 млн.м<sup>3</sup> (данные ЗмТЭС) среднее общее количество азота минерального, которое можно внести с отходами садкового рыбоводства равно  $40,5 \cdot 0,540 = 21,87\text{т}$ . По нашим данным, при выращивании в садках 1т рыбы в ВО попадает 91,3кг минерального азота [12]. Таким образом, экологическая емкость ВО Змиевской ТЭС для СРХ составляет  $21,87/0,0913 + 42,2$  (выращено в садках в 1971-1972гг) = 281,7т/год.

## 2. ВО КуАЭС

Расчеты для ВО КуАЭС (на период 1983-1987гг) проводим аналогично. Допустимый объем производства рыбы СРХ, с учетом содержания  $N_{\text{мин}}$  в первичный период работы СРХ 0,406 мгN/дм<sup>3</sup>, объема ВО 90млн м<sup>3</sup> и выращенной в 1983-1984гг в садках рыбы составляет 625,5т/год.

### **Выводы и перспективы дальнейшего развития**

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о возможности определения экологической емкости ВО для выращивания товарной рыбы в СРХ. Проведенные в качестве примеров расчеты показывают, что ее величина составляет для ВО ЗмТЭС 281,7т/год, для ВО КуАЭС - 625,5т/год. Полученные объемы относятся 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 растительоядных рыб, по сведениям рыбоводов и нашим наблюдениям, ВО не загрязняют, так как потребляются выращиваемым с ними карпом.

Дальнейшее развитие предлагаемого метода должно идти, по нашему мнению, 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, во-первых, не допускать ухудшение экологического состояния отдельных ВО (или их участков). А во-вторых, предотвращать наблюдающуюся на отдельных ВО локальную гибель содержащейся в садках рыбы, что улучшит экономические показатели самих рыбхозов.

### **Литература**

1. Михеев В. П. Садковое выращивание товарной рыбы. - Москва: Лёгкая и пищевая промышленность, 1982. – 216с.
2. Beveridge Malcolm C. M. Cage and pen farming. Carrying capacity models and environmental impact. «FAO. Fish. Techn. Rep.», 1984, №255. - 131 pp.
3. Perssons J. Environmental impact by nutrient emissions from salmonid culture. Ed. Balvay W.J. Eutrophication and lake rectoration. Water quality and biological impacts. – Thonon– les– Bains, 1988.
4. Смирнов Ю. А. Экологические проблемы форелеводства и способы их решения. В кн.: Водная среда: комплексный подход к изучению, охране и использованию. - Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. – С. 54-60.
5. Китаев С. П., Стерлигова О. П., Ильмаст Н. В., Савосин Е. С. Расчеты биогенной нагрузки от форелевой фермы на губу Святуха Онежского озера. Мат. Всерос. конф. с межд. участием «Водные и наземные экосистемы: проблемы и перспективы исследований». – Вологда, 2008. – С. 113-116.
6. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности. - Изд. 2-е, перераб. – Москва: Стройиздат, 1982. – С. 43-44.
7. Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми. СОУ 05.01.-37-385.2006. – Київ: Міністерство аграрної політики України, 2006. – 15с.
8. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения СанПиН 4630-88. Приложение 2. Санитарные нормы предельно допустимого содержания вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

UDC 504.455:639.3

N. V. Starko, senior researcher

*USRIEP, Kharkov*

## DETERMINATION OF ECOLOGICAL CAPACITY OF WATER-COOLER FOR CAGE FISH-FARMING

The cage-shaped form of industrial fish farming has received great development all over the world. The main feature of cage culture of fish is the receipt of waste directly into the body of water, which makes it important to predict changes in the state of the reservoir for cage fish farming of Zmiev TES and Kursk AES I and II series for cage fish farming.

The report provides calculations of the ecological capacity for cagefish fisheries of the cooling reservoirs of Zmiev TES - up to 2008 and Kursk AES I and II series - in 1983-1987.

The water management complexes, which have spontaneously developed on the basis of the water-cooled chillers under consideration, as economic units, do not have a legal status, and therefore the actions of water users are not coordinated. At the same time, each water management participant is concerned about the quality of water taken from the water, but does not bother with the impact of it.

The conducted researches testify to the possibility of determining the ecological capacity of cooling reservoirs for growing commercial fish in cage fish farms. The ecological capacity coolers ponds of Zmiev TES and Kursk AES I and II series for cage fish farming 281,7 and 625,5 tons/year.

Further development of the proposed method should go both in the direction of a more thorough refinement of certain provisions, and the preparation of an appropriate regulatory document regulating the cultivation of fish in cages in warm waters. Such a document will, firstly, prevent the deterioration of the ecological state of individual cooling ponds (or their sections). And secondly, to prevent the local loss of the fish contained in the cages, which will be observed in individual reservoirs-coolers, which will improve the economic performance of the fish farms.

**Key words:** Cages fish farms, water bodies, ecological condition, water reservoirs-coolers.

### References

1. Miheev V. P. *Sadkovoe vyrashchivanie tovarnoj ryby*. - Moskva: Lyogkaya i pishchevaya promyshlennost', 1982. – 216c.
2. Beveridge Malcolm C. M. *Sage and pen farming. Carrying capacity models and environmental impact*. «FAO. Fish. Techn. Rap.», 1984, №255. - 131 pp.

3. *Perssons J. Environmental impact by nutrient emissions from salmonid culture. Ed. Balvay W.J. Eutrophication and lake rectoration. Water quality and biological impacts. - Thonon– les– Bains, 1988.*
4. *Smirnov YU. A. EHkologicheskie problemy forelevodstva i sposoby ih resheniya. V kn.: Vodnaya sreda: kompleksnyj podhod k izucheniyu, ohrane i ispol'zovaniyu. - Petrozavodsk: Karel'skij nauchnyj centr RAN, 2008. - S. 54-60.*
5. *Kitaev S. P., Sterligova O. P., Il'mast N. V., Savosin E. S. Raschety biogennoj nagruzki ot forelevoj fermy na gubu Svyatuha Onezhskogo ozera. Mat. Vseros. konf. s mezhd. uchastiem «Vodnye i nazemnye ehkosistemy: problemy i perspektivy issledovanij». – Vologda, 2008. – s. 113-116.*
6. *Ukrupnennyye normy vodopotrebleniya i vodootvedeniya dlya razlichnyh otraslej promyshlennosti. - Izd. 2-e, pererab. - Moskva: Strojizdat, 1982. – S. 43-44.*
7. *Voda ribogospodars'kih pidpriemstv. Zagal'ni vimogi ta normi. SOU 05.01.-37-385.2006. – Kiiv: Ministerstvo agrarnoï politiki Ukraïni, 2006. – 15s.*
8. *Sanitarnyye pravila i normy ohrany poverhnostnyh vod ot zagryazneniya SanPiN 4630-88. Prilozhenie 2. Sanitarnyye norm predel'no dopustimogo sodержaniya vrednyh veshchestv v vode vodnyh ob"ektov hozyajstvenno-pit'evogo i kul'turno-bytovogo vodopol'zovaniya.*

© Старко М. В, 2018

phone: +380577021606, e-mail: [nikolaj.starko@gmail.com](mailto:nikolaj.starko@gmail.com)