

ВЕРТИКАЛЕН ПРОФИЛ НА ТЕМПЕРАТУРАТА И РАЗТВОРЕНИЯ КИСЛОРОД В ЯЗОВИР КЪРДЖАЛИ, БЪЛГАРИЯ

Ангелина Иванова

Институт по рибарство и аквакултури – Пловдив, България

E-mail: astoeva@abv.bg

РЕЗЮМЕ

Проучен е вертикалният профил и динамиката на разпределението на температурата на водата и разтворения кислород в яз. Кърджали през периода юли–октомври 2015 г. Средната температура на повърхността на водата в язовира през изследвания период варира от 19,2 °C до 29,0 °C. Резултатите показват, че термичната стратификация оказва влияние върху разпределението на разтворения кислород и неговата степен на насищане. По време на лятната стратификация в язовира се наблюдава наличие на металимнионен кислороден минимум. Данните показват, че металимнионният кислороден минимум се наблюдава през средата на юли, в дълбочина от 15 m до 20 m, като през септември той се разширява и достига дълбочина от 15 m до 25 m. Установява се, че дълбочината на металимнионния кислороден минимум следва и се определя от температурния градиент и зоната на термоклина. Зоната на кислороден минимум се обособява и е по-ясно изразена в посока от опашката към стената на язовира.

Ключови думи: температура на водата, разтворен кислород, стратификация, термоклин, металимнионен кислороден минимум, язовир Кърджали

VERTICAL TEMPERATURE PROFILE AND DISSOLVED OXYGEN IN KARDZHALI DAM, BULGARIA

Angelina Ivanova

Institute of Fisheries and Aquaculture – Plovdiv

E-mail: astoeva@abv.bg

ABSTRACT

The vertical temperature profile and temperature distribution patterns of water and dissolved oxygen in the Kardzhali dam were studied between July and October 2015. The average surface water temperature in the dam varied between 19.2 °C and 29.0 °C within the studied period. According to results, the thermal stratification had an effect on dissolved oxygen distribution and saturation level. At the time of the summer stratification, metalimnetic oxygen minimum was observed. The data demonstrated that the metalimnetic oxygen minimum was present in mid-July at a depth of 15 m to 20 m, and it September it became broader attaining depths from 15 m to 25 m. It was established that the depth of the metalimnetic oxygen minimum followed and was associated to the temperature gradient and the thermocline zone. The oxygen minimum zone was differentiated, being more obvious from the tail towards the wall of the dam.

Key words: monitoring, water temperature, amount of dissolved oxygen, stratification, thermocline depth, Kardzhali reservoir

Температурата на водата и количеството на разтворения в нея кислород са едни от най-важните физикохимични фактори, оказващи важна роля върху развитието на рибата, като имат пряко или косвено значение и върху други параметри на средата – фито- и зоопланктон.

Температурата на водата е универсален екологичен фактор-условие, който въздейства върху всички процеси във водната среда и определя цялостната жизнена дейност на хидробионтите, тяхното разпространение и разпределение в хидросферата. Тя оказва най-съществено влияние върху скоростта на биохимичните процеси, скоростта на фотосинтезата и нивото на хлорофил *a* и фитопланктон.

За подрастващия шаран оптималната температура на отглеждане е 25–30 °C (Horváth et al., 2002; Flajšhans and Hulata, 2007), а за рибата на по-голяма възраст – 22–28 °C. Размножаването на шарана в естествени условия започва при температура на водата 17–20 °C, а оптималните условия за хранене, нарастване и размножаване са в температурния интервал 18–30 °C (Хаджиниколова, 2013).

Температурата на водата оказва влияние и върху темпа на нарастване и оползотворяване на хранителните вещества на изхранваните фуражи. Установено е, че шаранът приема, смила и усвоява храната най-добре при температура на водата 22–28 °C. При понижаването ѝ до 14–15 °C интензивността на хранене намалява, а хранителният коефициент става почти двоен. Ефектът от храненето намалява и при повишаване на температурата над 30 °C. Horváth et al. (2002) и Flajšhans and Hulata (2007) съобщават, че оптималната температура на нарастване на шарана е между 23–30 °C.

Разтвореният във водата кислород влияе върху нормалното развитие на рибата, интензивността на хранене, усвояването на храната и устойчивостта ѝ към неблагоприятните условия на външната среда (т.напр. замърсявания на водата), както и към възбудители на болести. Съдържанието му във водата се определя от редица фактори, като температура, налягане на въздуха, фотосинтеза, биохимични ре-

акции, протичащи във водата, свързани с потреблението на кислород и др. (Jawecki et al., 2008). Шаранът е по-малко чувствителен към нивото на кислорода, в сравнение с пъстървата, и може да се отглежда при концентрации от 3–4 mg.l⁻¹, оцелява при ниски концентрации 0,3–0,5 mg.l⁻¹ (Flajšhans and Hulata, 2007). За оптимален растеж на шарана е необходимо между 70–75% степен на насищане на водата с кислород (Jirásek et al., 2005). Нормалната жизнена дейност на шарана протича при ниво на кислорода не по-малко от 4 mg.l⁻¹ (Хаджиниколова, 2013). Той се храни добре при съдържание на кислород 4,0–6,0 mg.l⁻¹. При ниво 2,0–3,5 mg.l⁻¹ той лошо усвоява храната, като хранителният коефициент се увеличава два пъти.

Влияние върху качеството на водата в язовирите имат фактори като морфометрията и хидрологичната характеристика на водоема, времето на водообмен и наличието на стратификация. При стратифицираните водоеми се наблюдават два отделни слоя, епилимнион (повърхностен) и хиполимнион (придънен слой). Те са разделени от термоклина или металимниона. Той е тънък слой със силно изразен температурен градиент, възпрепятстващ процесите на разпространение на кислорода в дълбочина. През периода на стратификация в язовирите често се наблюдава понижаване на нивото на разтворения кислород и силно развитие на фитопланктон, което може да доведе до негативни последици върху качеството на водата от екологична и рибовъдна гледна точка.

Комплексното изследване на вертикалната и хоризонталната динамика на основните физикохимични параметри, като количество на разтворения кислород и температура на водата, имат важно значение не само за оценка на състоянието на водоема, но и за определяне на потенциала на садковата аквакултура във водоема (Зайков, 2006).

Язовир Кърджали е предназначен за производство на електроенергия, аквакултури и туризъм. Повече от 35 години яз. Кърджали е обект на стопанско използване за отглеждане на риба в садки. В миналото, основно той се е използвал за производство на шаран, а в

момента за отглеждане на есетрови риби. В язовира се намира най-голямата популация от есетрови риби както в България, така и в Европа. Към момента действащо разрешително за ползването на воден обект яз. Кърджали имат седем рибовъдни стопанства. Във водоема се отглеждат в садки над 2100 t риба (по данни на Асоциацията на рибопроизводителите в яз. Кърджали) и той е най-натовареният с рибна продукция язовир в страната. Това е около 75–80% от максималното разрешено количество риба от 2750 t (по данни на МОСВ).

Комбинираното използване на яз. Кърджали през последните години поставя въпроса – съществува ли риск за устойчивостта на аквакултурната дейност в язовира, вследствие на влошаване на основни физикохимични параметри на водата, като температура на водата и количеството на разтворения във водата кислород.

Язовир Кърджали се използва основно за енергодобив и това се свързва с намаляване на нивото на водата. Това засяга стратификацията във водоема през летните месеци, което от своя страна се отразява върху качеството на водата и повлиява върху отглеждането на риба в садковите установки, разположени в него. Изследването на топлинната стратификация дава възможност за определяне на селективни схеми за източване на язовирите, за правилно управление на тяхната експлоатация, с цел поддържане на качеството на водата от екологична и рибовъдна гледна точка. Това налага необходимостта от ранното определяне на процеса на стратификация и въвеждането на подходящи мерки за контрол. Във връзка с изложеното, целта на настоящата работа е да се изследва вертикалният профил на температурата и съдържанието на кислород, както и свързаният с тях процес на стратификация в яз. Кърджали.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Характеристика на язовира

Изследването е проведено в яз. Кърджали. Той се намира на границата между низинна,

хълмиста и предпланинска част на Източно Егейския басейн, с преходен към средиземноморски климат. Разположен е непосредствено над град Кърджали, с координати N 41°37' ширина и E 025°20' дължина. Язовирът е мономиктичен, със средна дълбочина от 31,09 m и максимална дълбочина от 85 m, средна надморска височина от 968 m, среден наклон на терена от 15,4°. Максималният завирен обем на язовира от 532 мил.м³ се достига на кота 324,3 m надморска височина и площ от 16,07 km³. Максималната дължина и ширина на язовира са съответно 22 km и 1950 m. Водосборната област на язовира включва 15 реки, от които р. Арда формира основния приток в язовира. Средното количество на валежите във водосбора е 881 mm, които формират среден отточен модул от 16,43 l.s⁻¹.km⁻² и среден отток на река Арда от 30,92 m³.s⁻¹.

Изследвани станции в язовира

Вертикалният профил на температурата на водата и разтворения кислород са определени в четири станции във водоема. Местоположението им в язовира е определено с помощта на GPS приемник (Garmin 76CSx) и разположението им е както следва: станция 1 (N 41°38,367'; E 025°19,166'), разположена до садково рибовъдно стопанство „Есетра комерс 2” ЕООД; станция 2 (N 41°38,481'; E 025°18,713'), разположена до садково рибовъдно стопанство „Есетра комерс 1” ЕООД; станция 3 (N 41°38,949'; E 025°17,400'), в свободната от рибовъдни садки зона и станция 4 (N 41°39,643'; E 025°16,394'), в преходната зона, опашката на язовира – местност Халач дере.

Използвани методи

Пробонабирането е осъществено три пъти през месеците юли, септември и октомври 2015 г., в три експедиции. Вертикалните профили на температурата (T, °C) и кислорода (O₂, mg.l⁻¹) са измервани на терен *in situ* с комбиниран дълбочинен оксиметър, тип WTW Oxi1970i. Температурата на водата е определена по термометричен метод БДС 17.1.4.01-77, а разтвореният кислород и степента на

насищане на водата с кислород, по стандарт БДС EN 25814-2002. Направени са измервания в профил от повърхностния воден слой (0,5 m) и в дълбочина (през един метър) до дъното на язовира на посочените станции.

Изследването е извършено с катамаран „Викинг”, закупен със средства по проект „Провеждане на програма за проучвателен мониторинг за оценка на натиска и въздействието на рибовъдството върху повърхностните водни тела и актуализация на програмата от мерки в плана за управление на реч-

ните басейни в Източнороманския район (FISHFARMING)“.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

През изследвания период, юли-октомври, температурата на водата в повърхностния воден слой варира от 19,2 °C до 29,0 °C (табл. 1). Придънните водни слоеве се характеризират със стойности на този показател в интервал от 9,2 °C до 13,9 °C. Максимални

Таблица 1. Стойности на температурата на водата (°C) и разтворения кислород (mg.l⁻¹) в яз. Кърджали, през периода юли–октомври 2015 г.

Table 1. Values of the water temperature (°C) and dissolved oxygen (mg.l⁻¹) in Kardzhali reservoir for the period July–October 2015

| Дата Data | Дълбочина, m Water depth, m | Станции на пробовземане Sampling station | | | | | | | |
|--------------|--------------------------------|---------------------------------------------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|
| | | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
| | | T | O ₂ | T | O ₂ | T | O ₂ | T | O ₂ |
| 30.07.15 | | 29,1 | 8,51 | 29,3 | 8,00 | - | - | 28,6 | 7,03 |
| 24.09.15 | 0,5 | 23 | 6,59 | 23,7 | 6,77 | 20,6 | 7,20 | 23,3 | 6,84 |
| 20.10.15 | | 19,4 | 3,92 | 19,5 | 4,20 | 19,4 | 5,40 | 19,5 | 5,57 |
| 30.07.15 | | 26,3 | 8,71 | 26,4 | 7,88 | - | - | 26 | 7,86 |
| 24.09.15 | 5 | 23,0 | 6,59 | 23,6 | 6,10 | 23,6 | 6,80 | 22,6 | 6,48 |
| 20.10.15 | | 19,2 | 3,78 | 19,2 | 4,15 | 19,1 | 5,10 | 19,2 | 5,37 |
| 30.07.15 | | 23,3 | 4,00 | 23,3 | 3,22 | - | - | 23,7 | 0,20 |
| 24.09.15 | 10 | 23,0 | 5,84 | 23,5 | 4,98 | 23,5 | 5,85 | 22,6 | 6,55 |
| 20.10.15 | | 19,1 | 4,10 | 19,1 | 4,10 | 19,1 | 5,10 | 19,1 | 5,46 |
| 30.07.15 | | 19,5 | 0,29 | 19,9 | 0,50 | - | - | 19,6 | 0,12 |
| 24.09.15 | 15 | 22,1 | 0,00 | 22,3 | 0,00 | 22,9 | 1,70 | 22,4 | 3,63 |
| 20.10.15 | | 19,1 | 4,44 | 19,1 | 4,30 | 19,1 | 5,20 | 19,0 | 5,23 |
| 30.07.15 | | 16,8 | 0,77 | 16,3 | 1,34 | - | - | 16,6 | 0,13 |
| 24.09.15 | 20 | 18,9 | 0,00 | 18,7 | 0,00 | 19,0 | 0,00 | 18,3 | 0,08 |
| 20.10.15 | | 19,0 | 3,47 | 18,7 | 0,00 | 18,8 | 4,50 | 18,5 | 4,80 |
| 30.07.15 | | 11,3 | 6,26 | 11,2 | 6,50 | - | - | - | - |
| 24.09.15 | 30 | 13,1 | 1,55 | 13,1 | 0,70 | 13,4 | 0,90 | - | - |
| 20.10.15 | | 16,9 | 0,15 | 17,3 | 1,52 | 17,0 | 1,37 | - | - |
| 30.07.15 | | 9,0 | 5,29 | 8,9 | 5,90 | - | - | - | - |
| 24.09.15 | 40 | - | - | 10,6 | 1,05 | 10,7 | 1,09 | - | - |
| 20.10.15 | | - | - | 10,6 | 2,95 | 12,7 | 0,00 | - | - |
| 30.07.15 | | - | - | 7,7 | 6,80 | - | - | - | - |
| 24.09.15 | 50 | - | - | 9,4 | 0,00 | - | - | - | - |

абсолютни стойности на този параметър в повърхностния слой са отчетени през месец юли, с вариране в диапазон 28,6–29,3 °C, със средна стойност 29,0 °C. През месец юли температурата на водата в придънните слоеве за изследваните станции е в интервал 7,5–11,2 °C, със средна стойност 9,2 °C. Разликата в температурата между повърхността и дъното на водоема е 19,8 °C. Това е характерно за станциите 1, 2 и 3, които се характеризират с по-голяма дълбочина. За станцията, разположена до опашката на язовира, тази разлика е по-малка, от порядъка на 15 °C.

Резултатите от вертикалния профил на температурата показват, че температурата на водата намалява плавно, с по-малко от 1 °C, до достигане на термоклина. Тя рязко намалява в зоната на металимниона. Зоната на металимниона (зоната на температурния скок) през месец юли е между 5 и 15 m. През месец октомври температурата на водата намалява до 19,2 °C, като се наблюдава потъване на термоклина в дълбочина.

В рамките на периода на изследване са установени значителни вариации в количествата на кислорода (табл. 1). Най-високи средни стойности на този параметър в повърхностните води са отчетени през юли, в граници 7,03–8,51 mg.l⁻¹, със средна стойност 7,85 mg.l⁻¹, съответно през септември, те са в интервал 6,59–7,2 mg.l⁻¹, а през октомври 3,85–5,48 mg.l⁻¹. През периода на ясно обособена лятна стратификация се наблюдава рязък спад на нивото на кислорода в зоната на металимниона до стойности около 1 mg.l⁻¹. През месец юли тези минимални нива се отчитат между 15 и 20 m. С потъването на металимниона, през септември, границата на зоната с минимален кислород се измества в дълбочина и достига дълбочина в интервал 15–25 m. Температурата на водата в хиполимниона при станция 4 (местност Халач дере) се характеризира с по-високи стойности, в резултат на по-малката дълбочина.

В резултат на акумулираната топлина от повърхностния воден слой на язовира през пролетта, през месец юли се установява ясно изразен температурен градиент и добре оч-

ертан процес на лятна стратификация. Този процес се наблюдава за трите станции – 1, 2 и 3, които се характеризират със средна дълбочина от 47 m. Докато при станция 4, опашката на язовира, той не е добре изразен, поради влиянието на речния отток, промени в нивото и по-малката дълбочина (28 m) спрямо другите изследвани станции.

През изследвания период се разграничават два слоя епилимнион и хиполимнион, разделени от металимниона, образуван при дълбочина от 5 до 10 m и процес на пълна стратификация. Според Boehrer & Schultze (2008) тя се е образувала в резултат на промяна в температурата на водата и нейната плътност. В своите изследвания върху температурния режим на яз. Кърджали Трайков (2005) и Илиев (2015) определят язовира като мономиктичен, със свободна циркулация на водните маси през есенно-зимния период и дълга стратификация (8 месеца).

Проведеният анализ установява, че през целия период на стратификация вертикалният температурен градиент е сравнително непрекъснато изразен. В епилимниона, зоната на добре огретите и топли води, се отчитат високи средни стойности на разтворения кислород, от порядъка на 7,85 mg.l⁻¹, със степен на насищане 106,5%. По-високите стойности на кислородно насищане през този период показват, че кислородът се явява вторичен продукт от фотосинтезата на фитопланктона (Smith & Bella, 1973).

Температурата на водата намалява с по-малко от 1 °C до достигане на термоклина. В зоната на металимниона тя рязко намалява. Като цяло температурата намалява в дълбочина. Максимални стойности се отчитат в повърхностния слой, а минимални в дъното на водоема.

През месец юли зоната на металимниона (зоната на температурния скок) се образува между 5 m и 15 m. Сходен характер на стратификацията за яз. Кърджали е установена от Трайков (2005) и Илиев (2015). През този период се отчитат стойности на кислорода в металимниона, близки до нулата, в сравнение с хиполимниона.

За яз. Кърджали анализите на резултатите от изследването на кислородния профил показват, че при станция 1 и станция 2 се наблюдава т. нар. металимнионен кислороден минимум, между 15 и 20 m, където стойностите на кислорода са в интервал $0-0,9 \text{ mg.l}^{-1}$ и са по-ниски, в сравнение с дълбочинния профил. Според Boehrer & Schultze (2008) той се проявява в еутрофни водоеми, високопродуктивни и богати на биогенни вещества. В такива водоеми нивото на кислорода се контролира до голяма степен от биологичните процеси, а не от физичните закони. Влияние оказват фактори като морфометрията на водоема (площ и дълбочина) и утаяването на органична материя. Постъпвайки в по-плътните металимнионни води, органиката се утаява по-бавно и се задържа продължително време в тази зона. Това води до необходимостта от по-голямо количество кислород за нейното разлагане и значително понижаване на неговото ниво. Друга причина за изчерпването на кислорода в горната граница на металимниона е процесът на микробно и зоопланктонно дишане. Според Şebnem Elçi (2008) през летните месеци, при наличие на стратификация, понижаването на кислорода под 5 m в термоклина води до аноксия и се определя от повишената мътност в зоната на термоклина и ниската турбулентност, която води до стабилизиране на суспендираните вещества във вертикалната колона. Установеният металимнионен кислороден минимум е описан и от Пиев & Наджиниколова (2013) при изследване на сезонната и вертикална динамика на кислорода и температурата на водата на язовир Кърджали през май 2009 – април 2010 г.

Резултатите показват, че температурната стратификация е съпроводена и със стратификация на кислорода във водоема. В сезонен аспект се отчита понижаване на концентрацията на разтворения кислород в повърхностния воден слой.

През месец септември за двете станции, с разположени садкови установки, този металимнионен кислороден минимум се измества в дълбочина между 15 и 25 m, като кислород-

ният градиент става много по-ясно изразен и с по-широки граници. През октомври намаляването на градиентите на температурата и кислорода в дълбочина най-вероятно се дължи на силното хиполимнионно източване на вода и намаляване на времето на водопрестой в язовира. Това води до нарушаване на стабилността на стратификацията във водоема. Според Трайков (2005) антропогенният фактор водно ниво, свързан с източването на язовира, е от определящо значение за процеса на стратификация. В настоящото проучване това се доказва с намаляване на градиентите на проследените параметри – температура и разтворен кислород в дълбочина.

Като цяло концентрацията на кислорода при всички изследвани станции намалява с увеличаване на дълбочината. Максимални стойности се отчитат в повърхностния слой, а минимални в дъното на водоема. Наличието на лятна топлинна стратификация в язовира блокира обмена на кислород между епилимниона и хиполимниона. Хиполимнионът остава изолиран от възможността да се обогати от атмосферния кислород до следващия сезон. В резултат на процесите на биологично производство и разграждане на органичната материя, водният придънен слой се характеризира с намалено ниво на кислорода.

В сезонен аспект се отчита понижаване на разтворения кислород в зоната на хиполимниона, като през октомври се отчита липса на кислород. Това предполага, че разграждането на органичната материя се замества от анаеробните бактерии, които разграждат органичната материя много по-бавно. В резултат на това скоростта на утаяване е по-голяма от скоростта на разграждане и води до натрупване на утайки на дъното на язовира. Разграждането на органичната материя в хиполимниона предизвиква анаеробни условия и освобождаване на фосфор от дънните седименти (Robarts et. al., 1982).

Резултатите от изследването през септември показват понижаване на температурата на водата и потъване на термоклина в дълбочина. Този процес се засилва и от падането на нивото на водата в язовира с почти 20 m

през този период на изследване, което води до повишаване на мътността на водата и депозирание на органична материя от дъното към повърхността и обема на язовира. Това се потвърждава и в изследванията на Straskraba (1998), като стабилността и степента на стратификацията се определят от средната дълбочина, времето на водопрестой и силата на водните течения.

През октомври се отчита понижаване на температурата в повърхностните слоеве 19,2–19,4 °C, липса на ясно изразена стратификация и ясно обособени граници на металимниона. В резултат се нарушава стратификацията на водоема, като същевременно дълбочината на горния продуктивен слой вода намалява значително. На дълбочина от 6–7 m през летните месеци се отчитат критични за рибите стойности за разтворения кислород. С понижаването на нивото на водата в язовира хиполимнионното му източване създава условия за турболентно движение на водата, което води до понижаване на кислорода в повърхностния слой и създава условия за замор при рибите в садките.

Това оказва косвени последици върху екологията на язовира. Според Charman (1992) и Bartram & Balance (1996) един от най-важните фактори, оказващи влияние върху качеството на водоема е стратификацията. Силната екстракция на вода (експлоатационния режим) от язовира и пониженото ниво на водата в него водят до по-бързото потъване на термоклина в дълбочина. Ma et al. (2008) и Md. Saidul Azam Chowdhury et al. (2014) установяват, че водоеми с хиполимнионно източване са склонни към улеснен трансфер на топлина във водния стълб, което спомага за смесване на водата в епилимниона.

Анализът на резултатите от изследването на стратификацията в яз. Кърджали показват, че дълбочината на металимнионния кислороден минимум следва и се определя от температурния градиент и от зоната на термоклина. Отчита се, че зоната на кислороден минимум се обособява и е по-ясно изразена в посока от опашката към стената на язовира.

ИЗВОДИ

Установена е температурна и кислородна стратификация в яз. Кърджали, през изследвания период, с ясно обособени два слоя епилимнион и хиполимнион, разделени от металимниона.

Установено е наличие на металимнионен кислороден минимум, характерен за високопродуктивни и богати на биогенни вещества водоеми.

Дълбочината на металимнионния кислороден минимум следва и се определя от температурния градиент, и от зоната на термоклина.

Отчита се, че зоната на кислороден минимум се обособява и е по-ясно изразена в посока от опашката към стената на язовира.

Стабилността и степента на стратификацията в язовира се определят от фактори като средната дълбочина, времето на водопрестой, силата на водните течения и експлоатационния режим.

Екстракцията на водата и нивото ѝ в язовира е от определящо значение за процеса на стратификация. Установено е, че падането на нивото на водата в язовира с повече от 20 m води до нарушаване на стратификацията на водоема и от своя страна до значително намаляване на горния продуктивен слой вода. Отчетени са критични стойности на кислорода за отглежданите видове риби в язовира.

БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящото изследване е финансирано по програма BG02 „Интегрирано управление на морските и вътрешните води”, по-кана BG02.01 „Интегрирано управление на морските и вътрешните водни ресурси”, съфинансирана от Финансовия механизъм на Европейското икономическо пространство 2009–2014, и е проведено в рамките на проект „Провеждане на програма за проучвателен мониторинг за оценка на натиска и въздействието на рибовъдството върху повърхностните водни тела и актуализация на про-

грамата от мерки в плана за управление на речните басейни в Източнoбеломорския район (FISHFARMING)“ – договор DO 02-307.

ЛИТЕРАТУРА

- Зайков, А.** (2006). Аквакултура – принципи и технологии. Изд. „Пловдивски Университет“, Пловдив.
- Илиев, И.** (2015). Микробиологичен и хидробиологичен статус в зоната на садковата аквакултура в язовир „Кърджали“, България“. Дисертация, Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“, Биологически факултет, 214 стр.
- Трайков, И.** (2005). Фактори, влияещи върху трофичното състояние на язовир „Кърджали“. Дисертация, Софийски университет „Климент Охридски“, Биологически факултет, 188 стр.
- Хаджиниколова, Л.** (2013). Хидрохимия и качество на водата в сладководната аквакултура, Университетско издателство «Паисий Хилендарски», Пловдив, стр. 165.
- Bohrer, B. & M. Schultze.** (2008). Stratification of lakes, *Reviews of Geophysics*, 46 (1): 1-27.
- Flajšhans, M. & G. Hulata.** (2007). Genetic effects of domestication, culture and breeding of fish and shellfish, and their impacts on wild populations. Common carp – *Cyprinus carpio*. In: Svåsand, T., Crosetti, D., García-Vázquez, E., Verspoor, E. (Eds), Genetic impact of aquaculture activities on native populations. Genimpact final scientific report (EU contract n. RICA-CT-2005-022802). <http://genimpact.imr.no/>, pp. 32-39.
- Horváth, L., G. Tamas & C. Seagrave.** (2002). Carp and Pond Fish Culture. *Fishing News Books*, Blackwell Science, England, UK, 170 pp.
- Iliev, I. & L. Hadjinikolova.** (2013). Seasonal and vertical dynamics of the water temperature and oxygen content in Kardzhali reservoir, Bulgaria, *Agricultural science and technology*, 5 (2): 212-215.
- Jawecki, B., T. Kowalczyk & B. Malczewska.** (2008). Wpływ temperatury powietrza na natlenienie strefy eufotycznej stawu karpiego [An influence of air temperature on oxygen conditions of the euphotic zone of carp pond]. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*. 9: 195-206.
- Jirásek, J., J. Mareš & L. Zeman.** (2005). Nutrition requirements and tables of fish feed nutritive value. *Final report, MZLU, Brno, CZ*, 68 pp. (in Czech).
- Ma, S., S. Kassinos, D. F. Kassinos & E. Akylas.** (2008). Thermal stratification in Kouris Dam Effects of selective water withdrawal schemes on thermal stratification in Kouris Dam in Cyprus, *Lakes & Reservoirs Research & Management*, 13 (1): 51-61.
- Md. Saidul Azam Chowdhury, Khairul Hasan & Kaosar Alam.** (2014). The Use of an Aeration System to Prevent Thermal Stratification of Water Bodies: Pond, Lake and Water Supply Reservoir Applied Ecology and Environmental Sciences, 2 (1): 1-7.
- Mortimer, C. H.** (1941). The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes. *Journal of Ecology*, 29: 280-329.
- Robarts, R. D., P. J. Ashton, J. A. Thornton, H. J. Taussig & L. M. Sephton.** (1982). Overturn in a hypertrophic, warm, monomictic impoundment (Hartbeespoort Dam, South Africa). *Hydrobiologia*, 97 (3): 209-224.
- Şebnem, Elçi.** (2008). Effects of thermal stratification and mixing on reservoir water quality, *Limnology*, 9 (2): 135-142.
- Straskraba, M.** (1998). Limnological differences between deep valley reservoirs and deep lakes. *International review of Hydrobiology*, 83: 1-13.
- Wetzel, R. G.** (1983). *Limnology*. Saunders.
- Wetzel, R. G.** (2001). *Limnology: Lake and River Ecosystems*. Academic Press, London, UK.