

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, стресс, возникающий при нересте, можно рассматривать как конечное звено последовательных этапных процессов, обеспечивающих явление прогрессирующего снижения степени эврибионтности проходных рыб в процессе полового созревания, миграции и нереста (Гербильский, 1965; Гарлов, Поленов, 1996; Гарлов, 2022; Гарлов, Кузик, 2022). При осуществлении дальнейших исследований, представляющих большой интерес как в научном, так и в прикладном аспектах, возможно руководствоваться предлагаемой нами краткой рабочей гипотезой о нейроэндокринных механизмах снижения степени эврибионтности рыб при размножении (Гарлов, 2022).

НП-НГ в комплексе с половыми гормонами играют важную роль в детерминации нерестового миграционного поведения, создавая в ЦНС «половую доминанту» (Гарлов, Поленов, 1996; Garlov, 2005; Balment et al., 2006; Гарлов, 2022). Инициирование нерестового поведения под влиянием нонапептидов, преимущественно вазотоцина, связано с эмоциональным стрессом, особенно ярко выраженным у самцов (Ota et al., 1999; Maximino et al., 2013; Гарлов, 2022). В период нереста НП-НГ, главным образом изотопин (либо окситоциноподобный нейрогормон у осетровых), способствует овуляции и спермиации, стимулируя сокращения гладкомышечных элементов как самих гонад, так и их регуляторных кровеносных сосудов (помимо нейропроводниковых механизмов регуляции). При этом НП-НГ потенцируют действие половых гормонов (тормозят выброс гонадолиберина и увеличивают чувствительность к нему гонадотропцитов), участвуют в регуляции генеративной и эндокринной функций гонад, стимулируют секрецию адренкортикотропина и тиротропина, пролактиноподобного гормона (Mennigen et al., 2017, 2022; Altmieet et al., 2019).

Функция ГНС в реализации физиологического стресса — нереста особенно ярко проявляется под широким влиянием НП-НГ на комплекс висцеральных органов: выделятельную систему, гладкую мускулатуру сосудов периферических эндокринных желез и пищеварительного тракта, депо жиров и углеводов. Степень выраженности активации ГНС находится в прямой взаимозависимости от интенсивности нереста (энергетической нагрузки) и в обратной — от его кратности, снижаясь к растянутому и порционному нересту (Гарлов, Поленов, 1996; Гарлов, 2022). Таким образом, последовательные реакции ГНС параллельно с гипоталамо-гипофизарно-гонадной, гипоталамо-гипофизарно-адреналовой,

гипоталамо-гипофизарно-тироидной и гипоталамо-гипофизарно-соматомединовой системами отражают ее участие как в поэтапном снижении степени эврибионтности (энергоёмкие эффекты влияния НП-НГ на репродукционное поведение), так и в поддержании метаболического равновесия организма (висцеротропный энергосберегающий эффект НП-НГ). Вероятно, регуляция такой циклической динамики изменений степени эврибионтности организма в онтогенезе особи осуществляется, в основном, по принципу саморегуляции на фоне истощения организма в результате миграций и нереста.

Антигонадотропный эффект НП-НГ оказывается решающим для сохранения метаболического равновесия организма после нереста, поскольку он радикально влияет на характер обменных процессов путем их возможного переключения с энергоёмкого «энергетического» типа обмена на энергосберегающий «пластический». Этот механизм, по-видимому, отражает общий принцип комплексного участия НП-НГ в размножении позвоночных животных: триггерный (запускающий репродуктивное поведение) и терминальный (комбинированный: «утеротонический» эффект с метаболическим). Последний можно рассматривать как своеобразный ключевой механизм реверсии или функциональной обратимости обменных процессов, отсутствующий у моноциклических форм. Сходный принцип реверсионного механизма — «триады равновесной системы» — в котором альтернативные процессы аккумуляции и расходования материально-энергетических ресурсов находятся под управлением центра саморегуляции, лежит в основе структурно-функциональной организации ключевых звеньев биологических интеграционных систем, что установлено благодаря применению метода формализованного сопоставительного анализа (cross-analysis) (Garlov, 2005, Гарлов, 2022).

На представленной схеме (см. рис. 1) участия ГНС в размножении рыб показаны функциональная роль (а) и основной принцип нейроэндокринной интеграции размножения рыб, где ГНС выполняет ключевую роль (б). На ее основе разработана система управления биотехникой воспроизводства популяций ценных видов рыб путем комплексного воздействия на центры интеграции важнейших биологических процессов (эколого-физиологическими факторами с целью изменения уровня секреции — «дозирования»), либо моделирования их эффектов, конкретных биотехнологических решений, защищенных 12 свидетельствами об изобретениях (Гарлов, 2022).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарлов П. Е. 2022. Нейроэндокринная регуляция миграций и нереста рыб и система управления их воспроизводством. Санкт-Петербург: СПбГАУ, 382 с. (Garlov P. E. 2022. Neuroendocrine regulation of fish migrations and spawning and the system for managing their reproduction. Ministry of Agriculture of the Russian Federation, St. Petersburg State Agrarian University. St. Petersburg, 2022. 382 p.).
2. Гарлов П. Е., Поленов А. Л. 1996. Функциональная цитоморфология гипоталамо-гипофизарной нейросекреторной системы рыб. Цитология. Т. 38. № 3. С. 275—299. (Garlov P. E., Polenov A. L. 1996. Functional cytology of fish preoptico-hypophysial neurosecretory system. Tsitologiya. V. 38. P. 275—299).
3. Гарлов П. Е., Поленов А. Л., Хутинаев А. С. 1995. Иммунологический и ультраструктурный анализ каплевидного нейросекреторного материала в нейросекреторных клетках преоптического ядра горбуши

- и леща. Цитология. Т. 37. № 3. С. 193—201. (*Garlov P. E., Polenov A. L., Khutinaev A. S.* 1995. Immunological and ultrastructural analysis of teardrop-shaped neurosecretory material in neurosecretory cells of the preoptic nucleus of pink salmon and bream. *Tsitologiya*. 1995. V. 37. P. 193—201).
4. *Гарлов П. Е., Мосягина М. В.* 1998. Структура и функция миоидно-секреторных (стероидсекретирующих) клеток теки фолликулов яичника осетровых рыб в период нереста. Цитология. Т. 40. № 6. С. 502—513. (Structure and function of myoid-secretory (steroid-secreting) theca cells of sturgeon ovarian follicles during spawning. *Tsitologiya* V. 40. P. 502—513.)
 5. *Гарлов П. Е., Кузик В. В.* 2008. Нейроэндокринная регуляция размножения рыб. Санкт-Петербург: Аграф. 292 с. (*Garlov P. E., Kuzik V. V.* 2008. Neuroendocrine regulation of fish reproduction. St. Petersburg: Agraf. 292 p.)
 6. *Гарлов П. Е., Кузик В. В.* 2022. Функциональная роль нонапептидергической гипоталамо-гипофизарной нейросекреторной системы рыб в нерестовых миграциях. Ж. эвол. биохим. физиол. Т. 58. № 3. С. 240—254. (*Garlov P. E., Kuzik V. V.* 2022. Functional role of fish nonapeptidergic preoptical-pituitary neurosecretory system in spawning migrations. *J. Evol. Biochem. Physiol.* V. 58. № 3. P. 240—254.)
<https://doi.org/10.31857/S0044452922030081>
 7. *Гербильский Н. Л.* 1956. Специфика и задачи экологической гистофизиологии как одного из направлений гистологических исследований. Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. Т. 13. № 12. С. 14. (*Gerbilsky N. L.* 1956. Specifics and tasks of ecological histophysiology as one of the directions of histological research. *Archive Anat. Histol. Embryol.* V. 13. P. 14.)
 8. *Гербильский Н. Л.* 1965. Биологическое значение и функциональная детерминация миграционного поведения рыб. В кн.: Биологическое значение и функциональная детерминация миграционного поведения животных. АН СССР: Наука. С. 23. (*Gerbilsky N. L.* 1965. Biological significance and functional determination of migratory behavior of fish. In: *Biological significance and functional determination of fish migratory behavior*. AS USSR: Nauka. P. 23.)
 9. *Поленов А. Л.* 1968. Гипоталамическая нейросекреция. Л.: Наука, 1968. 156 с. (*Polenov A. L.* 1968. Hypothalamic neurosecretion. Leningrad: Nauka. 156 p.)
 10. *Поленов А. Л., Гарлов П. Е.* 1989. О миоидно-секреторных (стероидогенных) клетках соединительно-тканной оболочки (теки) фолликулов яичника половозрелых осетровых рыб. Цитология. Т. 31. № 2. С. 161. (*Polenov A. L., Garlov P. E.* 1989. On myoid-secretory (steroidogenic) cells of the connective tissue membrane (theca) of ovarian follicles of sexually mature sturgeon fish. *Tsitologiya*. V. 31. P. 161.)
 11. *Abramova M., Calas A., Thibault J., Ugrumov M.* 2000. Tyrosine hydroxylase in vasopressinergic axons of the hypophysial posterior lobe of rats under salt-loading as a manifestation of neurochemical plasticity. *Neural. Plast.* V. 7. Art. ID: 179.
<https://doi.org/10.1155/NP.2000.179>
 12. *Acher R., Chauvet J., Chauvet M. T.* 1988. The proceeding of neurohypophysial hormone neurophysin precursors: a conformation-directed stepwise maturation. *Recent progress in posterior pituitary hormones*. Amsterdam: Excerpta Medic. 419 p.
 13. *Almeida O., Oliveira R. F.* 2015. Social status and arginine vasotocin neuronal phenotypes in a cichlid fish. *Brain Behav. Evol.* V. 85. P. 203.
<https://doi.org/10.1159/000381251>
 14. *Altmieme Z., Jubouri M., Touma K., Coté G., Fonseca M., Julian T., Mennigen J. A.* 2019. A reproductive role for the nonapeptides vasotocin and isotocin in male zebrafish (*Danio rerio*). *Comp. Biochem. Physiol. Biochem. Mol. Biol.* V. 238. Art. ID: 110333.
<https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2019.110333>
 15. *Alonso G.* 1984. The smooth endoplasmic reticulum. *Handb. Neurochem.* V. 2. P. 161.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4684-4586-26>
 16. *Backström T., Thörnqvist P. O., Winberg S.* 2021. Social effects on AVT and CRF systems. *Fish Physiol. Biochem.* V. 47. P. 1699.
<https://doi.org/10.1007/s10695-021-00995-w>
 17. *Balment R. J., Lu W., Weybourne E., Warne J. M.* 2006. Arginine vasotocin a key hormone in fish physiology and behaviour: a review with insights from mammalian models. *Gen. Compar. Endocr.* V. 147. P. 9.
<https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2005.12.022>
 18. *Blanco A. M.* 2020. Hypothalamic- and hypophysial-derived growth and reproductive hormones and the control of energy balance in fish. *Gen. Comp. Endocrinol.* V. 287. Art. ID: 113322.
<https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2019.113322>
 19. *Bolis C. L., Piccolella M., Dalla Valle A. Z., Rankin J. C.* 2001. Fish as model in pharmacological and biological research. *Pharmacol. Res.* V. 44. P. 265.
<https://doi.org/10.1006/phrs.2001.0845>
 20. *Butler J. M., Anselmo C. M., Maruska K. P. J.* 2021. Female reproductive state is associated with changes in distinct arginine vasotocin cell types in the preoptic area of *Astatotilapia burtoni*. *Comp. Neurol.* V. 529. P. 987.
<https://doi.org/10.1002/cne.24995>

21. *Castel M., Gainer H., Dellmann H. D.* 1984. Neuronal secretory systems. *Int. Rev. Cytol.* V. 88, P. 303—459.
[https://doi.org/10.1016/s0074-7696\(08\)62760-6](https://doi.org/10.1016/s0074-7696(08)62760-6)
22. *Chu P., Weiss L.* 2018. *Modern Immunohistochemistry.* Cambridge Univer. Press. V. 2016. P. 699.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781316167366>
23. *Foran C. M., Bass A. H.* 1999. Preoptic GnRH and AVT: axes for sexual plasticity in teleost fish. *Gen. Comp. Endocrinol.* V. 116. P. 141.
<https://doi.org/10.1006/gcen.1999.7357>
24. *Garlov P. E.* 2005. Plasticity of nonapeptidergic neurosecretory cells in fish hypothalamus and neurohypophysis. *Int. Rev. Cytol.* V. 245. P. 123.
[https://doi.org/10.1016/S0074-7696\(05\)45005-6](https://doi.org/10.1016/S0074-7696(05)45005-6)
25. *Gesto M., Soengas J. L., Rodríguez-Illamola A., Míguez J. M.* 2014. Arginine vasotocin treatment induces a stress response and exerts a potent anorexigenic effect in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Neuroendocrinology.* V. 26. P. 89.
<https://doi.org/10.1111/jne.12126>
26. *Godwin J., Thompson R.* 2012. Nonapeptides and social behavior in fishes. *Horm. Behav.* V. 61. P. 230.
<https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2011.12.016>
27. *González C. B., Rodríguez E. M.* 1980. Ultrastructure and immunocytochemistry of neurons in the supraoptic and paraventricular nuclei of the lizard *Liolaemus cyanogaster*. Evidence for the intracisternal location of the precursor of neurophysin. *Cell Tissue Res.* V. 207. P. 463.
<https://doi.org/10.1007/BF00224620>
28. *Goodson J. L., Bass A. H.* 2001. Social behavior functions and related anatomical characteristics of vasotocin/vasopressin systems in vertebrates. *Brain. Res. Rev.* V. 35. P. 246.
[https://doi.org/10.1016/S0165-0173\(01\)00043-1](https://doi.org/10.1016/S0165-0173(01)00043-1)
29. *Gozdowska M., Kleszczyńska A., Sokołowska E., Kulczykowska E.* 2006. Arginine vasotocin (AVT) and isotocin (IT) in fish brain: diurnal and seasonal variations. *Comp. Biochem. Physiol.* V. 143. P. 330.
<https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2005.12.004>
30. *Gozdowska M., Ślebioda M., Kulczykowska E.* 2013. Neuropeptides isotocin and arginine vasotocin in urophysis of three fish species. *Fish Physiol. Biochem.* V. 39. P. 863.
<https://doi.org/10.1007/s10695-012-9746-6>
31. *Greenwood A. K., Wark A. R., Fernald R. D., Hofmann H. A.* 2008. Expression of arginine vasotocin in distinct preoptic regions is associated with dominant and subordinate behaviour in an African cichlid fish. *Proc. Biol. Sci.* V. 275. P. 2393.
<https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0622>
32. *Guibbolini M. E., Avella M.* 2003. Neurohypophysial hormone regulation of Cl⁻ secretion: evidence for V receptors in sea bass gill respiratory cells in culture. *J. Endocrinol.* V. 176. Art. ID: 111.
<https://doi.org/10.1677/joe.0.1760111>
33. *Guibbolini M. E., Pierson P. M., Lahlou B.* 2000. Neurohypophysial hormone receptors and second messengers in trout hepatocytes. *J. Endocrinol.* V. 167. Art. ID: 137.
<https://doi.org/10.1677/joe.0.1670137>
34. *Gurvich V., Naumova M.* 2021. logical contradictions in the one-way ANOVA and Tukey–Kramer multiple comparisons tests with more than two groups of observations. *Symmetry.* V. 13. Art. ID: 1387.
<https://doi.org/10.3390/sym13081387>
35. *Habib K. E., Gold P. W., Chrousos G. P.* 2001. Neuroendocrinology of stress. *Endocrinol. Metab. Clin. North Am.* V. 30. P. 695.
[https://doi.org/10.1016/s0889-8529\(05\)70208-5](https://doi.org/10.1016/s0889-8529(05)70208-5)
36. *Hasunuma I., Toyoda F., Okada R., Yamamoto K., Kadono Y., Kikuyama S.* 2013. Roles of arginine vasotocin receptors in the brain and hypophysial of submammalian vertebrate. *Int. Rev. Cell. Mol. Biol.* V. 304. P. 191.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407696-9.00004-X>
37. *Khanna A. S., Waisman D. M.* 1988. Metabolism and intracellular processing of protein hormones. In: *Cooke B.A. et al.* (Eds), *Hormones and their action. Part 1:* Elsevier, Amsterdam. P. 117.
38. *Kulczykowska E.* 2019. Arginine vasotocin and isotocin: towards their role in fish osmoregulation. *Fish Osmoregulation* (Enfield, NH: Sci Publ). P. 151.
<https://doi.org/10.1201/9780429063909-6>
39. *Luo Y., Kaur C., Ling E. A.* 2002. Neuronal and glial response in the rat hypothalamus-neurohypophysis complex with streptozotocin-induced diabetes. *Brain Res.* V. 925. P. 42.
[https://doi.org/10.1016/s0006-8993\(01\)03258-9](https://doi.org/10.1016/s0006-8993(01)03258-9)
40. *Makino K., Onuma T. A., Kitahashi T., Ando H., Ban M., Urano A.* 2007. Expression of hormone genes and osmoregulation in homing chum salmon: a minireview. *Gen. Comp. Endocr.* V. 152. P. 304.
<https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2007.01.010>

41. Marshall W.S. 2003. Rapid regulation of NaCl secretion by estuarine teleost fish: coping strategies for short-duration fresh water exposures. *Biochim. Biophys. Acta. Biomembranes*. V. 1618. P. 95.
<https://doi.org/10.1016/j.bbamem.2003.10.015>
42. Maximino C., Lima M. G., Oliveira K. R., Batista E. de J., Herculano A. M. 2013. “Limbic associative” and “autonomic” amygdala in teleosts: a review of the evidence. *J. Chem. Neuroanat.* V. 48—49. P. 1.
<https://doi.org/10.1016/j.jchemneu.2012.10.001>
43. McCrohan C. R., Lu W., Brierley M. J., Dow L., Balment R. J. 2007. Fish caudal neurosecretory system: a model for the study of neuroendocrine secretion. *Gen. Comp. Endocrinol.* V. 153. P. 243.
<https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2006.12.027>
44. Mennigen J. A., Ramachandran D., Shaw K., Chaube R., Joy K. P., Trudeau V. L. 2022. Reproductive roles of the vasopressin/oxytocin neuropeptide family in teleost fishes. *Front Endocrinol.* V. 13. Art. ID: 1005863.
<https://doi.org/10.3389/fendo.2022.1005863>
45. Mennigen J. A., Volkoff H., John P., Chang J. P., Trudeau V. L. 2017. The nonapeptide isotocin in goldfish: Evidence for serotonergic regulation and functional roles in the control of food intake and pituitary hormone release. *Gen. Comp. Endocrinol.* V. 254. P. 38.
<https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2017.09.008>
46. Moitra S. K., Sarkar S. K. 1976. The morpho-histology of the pituitary glands in two freshwater major carps of India, *Labeo rohita* (Ham.) and *Cirrhinus mrigala* (Ham.). *Anat. Anz.* V. 139. P. 421.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/984440/>
47. Munakata A., Kobayashi M. 2010. Endocrine control of sexual behavior in teleost fish. *Gen. Comp. Endocrinol.* V. 165. P. 456. PMID:19393660.
<https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.04.011>
48. O’Connell L. A., Hofmann H. A. 2012. Evolution of a vertebrate social decision-making network. *Science.* V. 336 P. 1154.
<https://doi.org/www.science.10.1126/science.1218889>
49. Olson K. R. 2002. Gill circulation: regulation of perfusion distribution and metabolism of regulatory molecules. *J. Exp. Zool.* V. 293. P. 320.
<https://doi.org/10.1002/jez.10126>
50. Ota Y., Ando H., Ueda H., Urano A. 1999. Seasonal changes in expression of neurohypophysial hormone genes in the preoptic nucleus of immature female masu salmon. *Gen. Comp. Endocrinol.* V. 116. P. 31.
<https://doi.org/10.1006/gcen.1999.7343>
51. Parhar I. S., Satoshi O., Tomohiro H., Yasuo S. 2003. Single-cell real-time quantitative polymerase chain reaction of immunofluorescently identified neurons of gonadotropin-releasing hormone subtypes in cichlid fish. *Endocrinology.* V. 144. P. 3297.
<https://doi.org/10.1210/en.2003-0386>
52. Piccinno M., Zupa R., Corriero A., Centoducati G., Passantino L., Rizzo A., Sciorsci R. L. 2014. In vitro effect of isotocin on ovarian tunica albuginea contractility of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) in different reproductive conditions. *Fish Physiol. Biochem.* V. 40. P. 1191.
<https://doi.org/10.1007/s10695-014-9915-x>
53. Pierantoni R., Cobellis G., Meccariello R., Fasano S. 2002. Evolutionary aspects of cellular communication in the vertebrate hypothalamo-hypophysio-gonadal axis. *Internat. Rev. Cytol.* V. 218. P. 69.
[http://dx.doi.org/10.1016/s0074-7696\(02\)18012-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0074-7696(02)18012-0)
54. Polenov A. L., Chetverukhin V. K., Onischenko L. S. 1990. The hypothalamo-hypophysial system of the frog *Rana temporaria* (L.). Light- and electron microscopic analysis of the structure of droplet-like material in neurosecretory cells of the preoptic nucleus. *Z. Mikrosk.-Anat. Forsch.* V. 104. P. 561.
55. Polenov A. L., Garlov P. E. 1971. The hypothalamo-hypophysial system in Acipenseridae. I. Ultrastructural organization of large neurosecretory terminals (Herring bodies) and axoventricular contacts. *Z. Zellforsch.* V. 116. P. 349.
<https://doi.org/link.springer.com/article/10.1007%2FBF00330633>
56. Polenov A. L., Garlov P. E. 1974. The hypothalamo-hypophysial system in Acipenseridae. IV. The functional morphology of the neurohypophysis of *Acipenser gueldenstaedti* Brandt and *Acipenser stellatus* Pallas after exposure to different salinities. *Z. Zellforsch.* V. 148. P. 259.
<https://doi.org/10.1007/BF00224587>
57. Polenov A. L., Garlov P. E., Koryakina E. D., Faleeva T. I. 1976. Hypothalamo-hypophysial system in acipenseridae. V. Ecological-histophysiological analysis of the neurohypophysis of the female sturgeon *Acipenser gueldenstaedti* Brandt during up-stream migration and after spawning. *Cell Tiss. Res.* V. 170. P. 113.
<https://doi.org/10.1007/BF00220114>
58. Polenov A. L., Kornienko G. G., Belenky M. A. 1986. The hypothalamo-hypophysial system of the wild carp, *Cyprinus carpio* L. III. Changes in the anterior and posterior neurohypophysis during spawning. *Z. Mikrosk.-Anat. Forsch.* V. 100. P. 990.

59. Reyes-Tomassini J. J., Wong T. T., Zohar Y. 2017. Seasonal expression of arginine vasotocin mRNA and its correlations to gonadal steroidogenic enzymes and sexually dimorphic coloration during sex reversal in the gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Fish Physiol. Biochem.* V. 43. P. 823.
<https://doi.org/10.1007/s10695-017-0338-3>
60. Rodriguez-Santiago M., Nguyen J., Winton L. S., Weitekamp C. A., Hofmann H. A. 2017. Arginine vasotocin preprohormone is expressed in surprising regions of the teleost forebrain. *Front. Endocrinol.* V. 14. Art. ID: 195.
<https://doi.org/10.3389/fendo.2017.00195>
61. Rose J. D., Moore F. L. 2002. Behavioral neuroendocrinology of vasotocin and vasopressin and the sensorimotor processing hypothesis. *Neuroendocrinology.* V. 23. P. 317.
[https://doi.org/10.1016/S0091-3022\(02\)00004-3](https://doi.org/10.1016/S0091-3022(02)00004-3)
62. Rothman J. E., Wieland F. T. 1996. Protein sorting by transport vesicles. *Science.* V. 272. Art. ID: 227.
<https://doi.org/10.1126/science.272.5259.227>
63. Saito D., Hasegawa Y., Urano K. 2003. Gonadotropin-releasing hormone modulate electrical activity of vasotocin and isotocin neurons in the brain of rainbow trout. *Neurosci. Lett.* V. 351. P. 107.
<https://doi.org/10.1016/j.neulet.2003.08.017>
64. Saito D., Ota Y., Hiraoka S., Hyodo S., Ando H., Urano K. 2001. Effect of oceanographic environments on sexual maturation, salinity tolerance, and vasotocin gene expression in homing chum salmon. *Zool. Sci.* V. 18. Art. ID: 389.
<https://doi.org/10.2108/zsj.18.389>
65. Saksena D. N. 1979. The hypothalamo-neurohypophysial system in Indian fresh-water goby, *Glossogobius giurus* (Ham.). *Z. Mikrosk. Anat. Forsch.* V. 93. P. 1137.
66. Shahjahan M. D., Kitahashi T., Parhar I. S. 2014. Central pathways integrating metabolism and reproduction in teleosts. *Front Endocrinol.* V. 5. Art. ID: 36.
<https://doi.org/10.3389/fendo.2014.00036>
67. Scharrer B. 1990. The neuropeptide saga. *Amer. Zool.* V. 30. P. 887.
68. Sokołowska E., Gozdowska M., Kulczykowska E. 2020. Social context affects aggression and brain vasotocin and isotocin level in the round goby. *Fish Physiol. Biochem.* V. 46. P. 641.
<https://doi.org/10.1007/s10695-019-00741-3>
69. Sokołowska E., Kleszczyńska A., Kalamarz-Kubiak H., Arciszewski B., Kulczykowska E. 2013. Changes in brain arginine vasotocin, isotocin, plasma 11-ketotestosterone and cortisol in round goby, *Neogobius melanostomus*, males subjected to overcrowding stress during the breeding season. *Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.* V. 165. P. 237.
<https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2013.03.018>
70. Trifaro J. M., Rose S. D., Marcu M. G. 2000. Ca²⁺-dependent actin filament severing protein that controls cortical actin network dynamics during secretion. *Neurochem. Res.* V. 25. P. 133.
<https://doi.org/10.1023/a:1007503919265>
71. Ueda H. 2012. Physiological mechanisms of imprinting and homing migration in Pacific salmon *Oncorhynchus* spp. *J. Fish Biol.* V. 81. P. 543.
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2012.03354.x>
72. Ugrumov M. V. 2002. Magnocellular vasopressin system in ontogenesis: development and regulation. *Microsc. Res. Tech.* V. 56. P. 164.
<https://doi.org/10.1002/jemt.10021>
73. Urano A., Ando H. 2003. Quantitative analyses of the levels of hormonal mRNAs in the salmon neuroendocrine system. *Aquatic Genomics.* Springer. Tokyo. P. 225.
https://doi.org/10.1007/978-4-431-65938-9_20
74. Warne J. M., Harding K. E., Balment R. J. 2002. Neurohypophysial hormones and renal function in fish and mammals. *Comp. Biochem. Physiol. B Biochem. Mol. Biol.* V. 132. P. 231.
[https://doi.org/10.1016/s1096-4959\(01\)00527-9](https://doi.org/10.1016/s1096-4959(01)00527-9)
75. Wendelaar Bonga S. E. 1997. The stress response in fish (Review). *Physiol. Rev.* V. 77. P. 591.
<https://doi.org/10.1152/physrev.1997.77.3.591>
76. Zohar Y., Muñoz-Cueto J. A., Elizur A., Kah O. 2010. Neuroendocrinology of reproduction in teleost fish. *Gen. Comp. Endocrinol.* V. 165. P. 438.
<https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.04.017>
77. Zohar Y. 2020. Fish reproductive biology — Reflecting on five decades of fundamental and translational research. *Gen. Comp. Endocrinol.* V. 300. Art. ID: 113544.
<https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2020.113544>