

УДК 51.2: 504.455+502.33+504.4.062.2  
DOI: 10.23885/2500-0640-2017-13-3-58-70

## ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭКОСИСТЕМОЙ И ВОДОСБОРНОЙ ТЕРРИТОРИЕЙ ОЗЕРА СЕВАН: МОДЕЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ

© 2017 г. В.В. Селютин<sup>1</sup>, К.Э. Месропян<sup>2</sup>, Р.М. Арутюнян<sup>3</sup>, Б.К. Габриэлян<sup>4</sup>

**Аннотация.** Статья подготовлена в рамках исследования, направленного на решение научно-практической проблемы формирования основ интегрированного, в том числе антикризисного, управления крупными природно-хозяйственными системами озерного типа. Прикладным аспектом данной проблематики выступает разработка методологических основ управления водопользованием в бассейне озера Севан. Дана оценка экономико-экологических факторов развития природно-хозяйственных комплексов в бассейне озера Севан. Сформулированы принципы разработки организационных основ интегрированного природопользования и природоохранной деятельности в регионе. Предложены механизмы управления в регионе бассейна озера Севан в обобщенной модельной форме в рамках концепции «движущие силы, давление, состояние, воздействие, последствия, восстановление». Разработана модель «медленного» круговорота, ориентированная на масштабы времени, характерные для процесса формирования биогенного баланса Севана. Проведены ретроспективные и прогностические эксперименты с моделью, согласно которым величина первичной продукции после прохождения максимума имеет тенденцию к снижению, а установившийся уровень первичной продукции примерно в 2,6 раза превышает ее величину в 1931 г. при условии сохранения существующей биогенной нагрузки. Поднятие уровня воды снижает риск гипоксии и ускоряет темпы уменьшения первичной продукции.

**Ключевые слова:** озеро Севан, гидроэкосистема, водосбор, антропогенное воздействие, интегрированное управление, математическая модель.

### PROBLEMS OF INTEGRATED MANAGEMENT OF THE ECOSYSTEM AND CATCHMENT AREA OF LAKE SEVAN: MODEL APPROACHES

V.V. Selyutin<sup>1</sup>, K.E. Mesropyan<sup>2</sup>, R.M. Arutyunyan<sup>3</sup>, B.K. Gabrielyan<sup>4</sup>

**Abstract.** The article is prepared at the framework of study aimed for solving the scientific and practical problem of forming the foundations of integrated management of lake type large natural-economic systems. An applied aspect of this problem is the development of methodological bases for water management in the basin of Lake Sevan. The assessment of economic and ecological factors of development of natural-economic complexes in the basin of Lake Sevan is given. The development principles of organizational bases of integrated nature management and nature protection activity in the region are formulated. Control mechanisms in the region of Lake Sevan basin are proposed in a generalized model form within the framework of the concept “driving forces, pressure, state, impact, responses, recovery”. A “slow” cycle model oriented to the time scales which are characteristic for the process of forming the biogenic balance of Lake Sevan was developed. Retrospective and predictive experiments were provided with the model according to which the value of primary production after

<sup>1</sup> Южный федеральный университет (Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 105/42, e-mail: selyutin@sfedu.ru

<sup>2</sup> Южный научный центр Российской академии наук (Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41

<sup>3</sup> Ереванский государственный университет (Yerevan State University, Republic of Armenia), Республика Армения, 0025, г. Ереван, ул. А. Манукяна, 1

<sup>4</sup> Институт гидроэкологии и ихтиологии Научного центра зоологии и гидроэкологии НАН Республики Армения (Institute of Hydroecology and Ichthyology of the Scientific Center of Zoology and Hydroecology of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, Republic of Armenia), Республика Армения, 0044, г. Ереван, ул. Маршала Баграмяна, 24Д

the passage of the maximum tends to decrease, and the established level of primary production is approximately 2.6 times greater than its value in 1931 providing that the existing biogenic load did not change. Rising of water level reduces the risk of hypoxia and accelerates the rate of decrease in primary production.

**Keywords:** Lake Sevan, hydroecosystem, catchment, anthropogenic impact, integrated management, mathematical model.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петросян Р.А. 2013. Вопросы экономического развития, экологической экспертизы и эколого-экономического учета в Армении. В кн.: *Новые подходы в экономике и управлении: материалы III международной научно-практической конференции 15–16 сентября 2013 года*. Прага, Vědecko vydavatelské centrum „Sociosféra-CZ“: 222–227.
2. Антипов А.Н., Семенов Ю.М., Элизбарашвили Н.К., Саядян О.Я., Мамедов Р.М. 2009. Ландшафтное планирование в Закавказье. *География и природные ресурсы*. 3: 135–143.

3. Feld C.K., Birk S., Bradley D.C., Hering D., Kail J., Marzin A., Melcher A., Nemitz D., Pedersen M.L., Pletterbauer F., Pont D., Verdonshot P.F.M., Friberg N. 2011. From Natural to Degraded Rivers and Back Again: A Test of Restoration Ecology Theory and Practice. *Advances in Ecological Research*. 44: 119–209. doi: 10.1016/B978-0-12-374794-5.00003-1
4. Матишов Г.Г., Селютин В.В., Месропян К.Э., Булышева Н.И., Шевердяев И.В., Арутюнян Р.М., Габриелян Б.К. 2016. Современное состояние и проблемы изучения озера Севан. *Наука Юга России*. 12(2): 43–52.
5. Интегральная оценка экологического состояния озера Севан (GEO-Lake Sevan). 2011. Ереван: Лусакн: 100 с.
6. Экология озера Севан в период повышения его уровня. Результаты исследований Российско-Армянской биологической экспедиции по гидроэкологическому обследованию озера Севан (Армения) (2005–2009 гг.). 2010. Махачкала: Наука ДНЦ: 348 с.
7. White J.D., Prochnow S.J., Filstrup C.T., Scott J.T., Byars B.W., Zygo-Flynn L. 2010. A combined watershed-water quality modeling analysis of the Lake Waco reservoir: I. Calibration and confirmation of predicted water quality. *Lake and Reservoir Management*. 26(2): 147–158. doi: 10.1080/07438141.2010.495315
8. White J.D., Prochnow S.J., Filstrup C.T., Byars B.W. 2010. A combined watershed-water quality modeling analysis of the Lake Waco reservoir: II. Watershed and reservoir management options and outcomes. *Lake and Reservoir Management*. 26(2): 159–167. doi: 10.1080/07438141.2010.495317
9. Shannon E.E., Brezonik P.L. 1972. Eutrophication analysis: A multivariate approach. *Journal of Sanitary Engineering Division. Proceedings ASCE*. 98: 37–58.
10. Carlson R.E. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*. 22(2): 361–369.
11. Reckhow K. 1978. Lake quality discriminant analysis. *Journal of the American Water Resources Association*. 14(4): 856–876.
12. Yeasted J.R., Morel F.M.M. 1978. Empirical insights into response to nutrient loadings, with application to models of phosphorus in lakes. *Environmental Science and Technology*. 12(2): 195–201.
13. Ciecka J., Fabian R., Merilatt D. 1979. A statistical model for small lake water quality management. *Journal of the American Water Resources Association*. 15(5): 1318–1330.
14. Walker W.W., Jr. 1979. Use of hypolimnetic oxygen depletion rate as a trophic state index for lake. *Journal of the American Water Resources Association*. 15(6): 1463–1470.
15. Porcella D.B., Peterson S.A., Larsen D.P. 1980. Index to evaluate lake restoration. *Journal of Sanitary Engineering Division. Proceedings ASCE*. 106(6): 1151–1169.
16. Brown T., Simpson J. 2001. Determining the trophic state of your lake. *Watershed Protection Techniques*. 3(4): 771–781.
17. Cooke G.D., Welch E.B., Peterson S.A., Nichols S.A. 2005. *Restoration and Management of Lakes and Reservoirs*. Boca Raton-London – New York – Singapore, Taylor & Francis: 591 p.
18. Лятти С.Я. 1932. *Материалы по исследованию озера Севан и его бассейна. Ч. 4, вып. 2. Гидрохимический очерк озера Севан*. Закавказский Севанский Комитет: 36 с.
19. Оганесян Р.О., Парпаров А.С. 1983. Экологические аспекты севанской проблемы. *Труды Севанской гидробиологической станции*. 18: 5–13.
20. Парпаров А.С. 1983. Некоторые итоги изучения первичной продукции озера Севан. *Труды Севанской гидробиологической станции*. 18: 14–50.
21. Парпарова Р.М. 1985. *Особенности круговорота фосфора в озере Севан на фоне изменений его гидрохимического режима в связи с антропогенным воздействием: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук*. Ростов н/Д: 24 с.
22. Оганесян Р.О. 1988. *Антропогенное эвтрофирование озера Севан и пути предотвращения его отрицательных последствий: Автореф. дис. ... докт. биол. наук*. М.: 48 с.
23. Katsev S. 2017. When large lakes respond fast: A parsimonious model for phosphorus dynamics. *Journal of Great Lakes Research*. 43: 199–204. doi: 10.1016/j.jglr.2016.10.012
24. Киреев И.А. 1933. *Материалы по исследованию озера Севан и его бассейна. Ч. 5. Гидрографические работы на озере Севан*. Л., Советский печатник: 132 с.
25. *EcoLur Network*. URL: www.ecolur.org (дата обращения: 20.09.2016).

## REFERENCES

1. Petrosyan R.A. 2013. [On economic development, ecologic expertise, and ecological and economic accounting in Armenia]. In: *Novye podkhody v ekonomike i upravlenii: materialy III mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii 15–16 sentyabrya 2013 goda*. [New approaches in economics and management: Materials of the III International Scientific and Practical Conference (Prague, Czech Republic, 15–16 September 2013)]. Prague, Vědecko vydavatelské centrum „Sociosféra-CZ“: 222–227. (In Russian).
2. Antipov A.N., Semenov Yu.M., Elizbarashvili N.K., Sayadian O.Ya., Mamedov R.M. 2009. Landscape planning in the Transcaucasia. *Geography and Natural Resources*. 30(3): 285–293. doi: 10.1016/j.gnr.2009.09.014
3. Feld C.K., Birk S., Bradley D.C., Hering D., Kail J., Marzin A., Melcher A., Nemitz D., Pedersen M.L., Pletterbauer F., Pont D., Verdonshot P.F.M., Friberg N. 2011. From Natural to Degraded Rivers and Back Again: A Test of Restoration Ecology Theory and Practice. *Advances in Ecological Research*. 44: 119–209. doi: 10.1016/B978-0-12-374794-5.00003-1
4. Matishov G.G., Selyutin V.V., Mesropyan K.E., Bulysheva N.I., Sheverdyayev I.V., Aroutiounian R.M., Gabrielyan B.K. 2016. [Current state and problems of the study of Lake Sevan]. *Nauka Yuga Rossii*. 12(2): 43–52. (In Russian).
5. *Integral'naya otsenka ekologicheskogo sostoyaniya ozera Sevan*. [Integrated assessment of Lake Sevan environmental conditions (GEO-Lake Sevan)]. 2011. Yerevan, Lusakn: 100 p. (In Russian).
6. *Ekologiya ozera Sevan v period povysheniya ego urovnya. Rezul'taty issledovaniy Rossiysko-Armyanskoy biologicheskoy ekspeditsii po gidroekologicheskomu obsledovaniyu ozera Sevan (Armeniya) (2005–2009 gg.)*. [Ecology of the Lake Sevan in the period of its level increase. Results of research of Russian-Armenian biological expedition for hydroecological survey of Lake Sevan (Armenia)]. 2010. Makhachkala: Nauka Dagestan Scientific Center: 348 p. (In Russian).
7. White J.D., Prochnow S.J., Filstrup C.T., Scott J.T., Byars B.W., Zygo-Flynn L. 2010. A combined watershed-water quality modeling analysis of the Lake Waco reservoir: I. Calibration and confirmation of predicted water quality. *Lake and Reservoir Management*. 26(2): 147–158. doi: 10.1080/07438141.2010.495315

8. White J.D., Prochnow S.J., Filstrup C.T., Byars B.W. 2010. A combined watershed-water quality modeling analysis of the Lake Waco reservoir: II. Watershed and reservoir management options and outcomes. *Lake and Reservoir Management*. 26(2): 159–167. doi: 10.1080/07438141.2010.495317
9. Shannon E.E., Brezonik P.L. 1972. Eutrophication analysis: A multivariate approach. *Journal of Sanitary Engineering Division. Proceedings ASCE*. 98(1): 37–58.
10. Carlson R.E. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*. 22(2): 361–369.
11. Reckhow K. Lake quality discriminant analysis. 1978. *Journal of the American Water Resources Association*. 14(4): 856–876.
12. Yeasted J.R., Morel F.M.M. 1978. Empirical insights into lake response to nutrient loadings, with application to models of phosphorus in lakes. *Environmental Science and Technology*. 12(2): 195–201.
13. Ciecka J., Fabian R., Merilatt D. 1979. A statistical model for small lake water quality management. *Journal of the American Water Resources Association*. 15(5): 1318–1330.
14. Walker W.W., Jr. 1979. Use of hypolimnetic oxygen depletion rate as a trophic state index for lake. *Journal of the American Water Resources Association*. 15(6): 1463–1470.
15. Porcella D.B., Peterson S.A., Larsen D.P. 1980. Index to evaluate lake restoration. *Journal of Sanitary Engineering Division. Proceedings ASCE*. 1980. 106(6): 1151–1169.
16. Brown T., Simpson J. Determining the trophic state of your lake. 2001. *Watershed Protection Techniques*. 3(4): 771–781.
17. Cooke G.D., Welch E.B., Peterson S.A., Nichols S.A. 2005. *Restoration and Management of Lakes and Reservoirs*. Boca Raton-London – New York – Singapore, Taylor & Francis: 591p.
18. Lyatti S.Ya. 1932. *Materialy po issledovaniyu ozera Sevan i ego basseyna. Ch. IV, vyp. 2. Gidrokhimicheskiy ocherk ozera Sevan. [Materials on investigation of the Lake Sevan and its basin. Part 4, Iss. 2. Hydrochemical essay of the Lake Sevan]*. Transcaucasian Sevan Committee: 36 p. (In Russian).
19. Oganesyan R.O., Parparov A.S. 1983. [Ecological aspects of Sevan problem]. *Trudy Sevanskoj gidrobiologicheskoy stantsii*. 18: 5–13. (In Russian).
20. Parparov A.S. 1983. [The summaries of research of primary production of Lake Sevan]. *Trudy Sevanskoj gidrobiologicheskoy stantsii*. 18: 14–50. (In Russian).
21. Parparova R.M. 1985. *Osobennosti krugovorota fosfora v ozere Sevan na fone izmeneniy ego gidrokhimicheskogo rezhima v svyazi s antropogennym vozdeystviem. [Features of cycle of phosphorus in Lake Sevan on the background of its hydrochemical regime changes under anthropogenic impact. PhD Abstract]*. Rostov-on-Don: 24 p. (In Russian).
22. Oganesyan R.O. 1988. *Antropogennoe evtrofirovanie ozera Sevan i puti predotvrashcheniya ego otritsatel'nykh posledstviy. [Anthropogenic eutrophication of Lake Sevan and ways of prevention of its negative effects. SciD Abstract]*. Moscow: 48 p. (In Russian).
23. Katsev S. 2017. When large lakes respond fast: A parsimonious model for phosphorus dynamics. *Journal of Great Lakes Research*. 43: 199–204. doi: 10.1016/j.jglr.2016.10.012
24. Kireev I.A. 1933. *Materialy po issledovaniyu ozera Sevan i ego basseyna. Ch. 5. Gidrograficheskie raboty na ozere Sevan. [Materials on the investigation of the Lake Sevan and its basin. Part 5. Hydrographical research on the Lake Sevan]*. Leningrad, Sovetskiy pechatnik: 132 p. (In Russian).
25. *EcoLur Network*. Available at: [www.ecolur.org](http://www.ecolur.org) (accessed 20 September 2016).

Поступила 28.09.2016